



COMMISSION EUROPÉENNE



Document de référence sur les meilleures techniques
disponibles

Industries agro-alimentaires et laitières

Août 2006

Ce document est la traduction de la version anglaise publiée par la Commission européenne
qui seule fait foi.

Traduction V 0

Le présent document fait partie d'une série de documents énumérés ci-après (au moment de le rédiger, ces documents restent encore à élaborer) :

Document de référence sur les meilleures techniques disponibles (MTD) . . .	Code
Grandes installations de combustion	LCP
Raffineries de pétrole et de gaz	REF
Production de fer et d'acier	I&S
Industrie transformatrice des métaux ferreux	FMP
Industries des métaux non ferreux	NFM
Forges et fonderies	SF
Traitement superficiel des métaux et plastiques	STM
Industries manufacturières de ciment et de chaux	CL
Industrie manufacturière du verre	GLS
Industrie manufacturière de la céramique	CER
Industrie de la chimie organique à grande échelle	LVOC
Fabrication de produits chimiques organiques de haute qualité	OFC
Production de polymères	POL
Industrie du chlore et des alcalis	CAK
Industries productrices à grande échelle de produits chimiques inorganiques, d'ammoniaque, d'acides et d'engrais	LVIC-AAF
Industries productrices à grande échelle de produits chimiques inorganiques, de matières solides et diverses	LVIC-S
Production de produits chimiques inorganiques spécialisés	SIC
Traitement conjoint des eaux usées et des gaz usés / Systèmes de management dans le secteur de la chimie	CWW
Industries de traitement des déchets	WT
Incinération des déchets	WI
Management des queues de production et des morts terrains dans les activités minières	MTWR
Industrie de la pulpe et du papier	PP
Industrie des textiles	TXT
Tannage des peaux et cuirs	TAN
Abattoirs et industries des sous-produits d'origine animale	SA
Industries alimentaires, des boissons et laitières	FDM
Élevage intensif de la volaille et des porcs	ILF
Traitement superficiel à l'aide de solvants organiques	STS
Systèmes de refroidissement industriel	CV
Émissions à partir du stockage	ESB
Document de référence ...	
Principes généraux de surveillance	MON
Économie et interaction entre les milieux	ECM
Techniques amélioratrices de l'efficacité énergétique	ENE

RÉSUMÉ

Introduction

Le document de référence sur les meilleures techniques disponibles (BREF) dans les industries agro-alimentaires et laitières rend compte de l'échange d'informations mené en application de l'article 16, paragraphe 2, de la directive 96/61/CE du Conseil. Le présent résumé, qu'il convient de lire à la lumière de la préface du BREF qui en explique les objectifs, l'utilisation et les termes juridiques, décrit les principales constatations faites, les principales conclusions relatives aux MTD (meilleures techniques disponibles) ainsi que les niveaux d'émission et de consommation associés. Il se suffit à lui-même mais, en tant que résumé, il ne rend pas compte de toutes les complexités du texte complet du BREF. Il n'a donc pas vocation à se substituer au BREF intégral en tant qu'outil pour la prise de décisions sur les meilleures techniques disponibles.

Champ d'application

Le document rend compte d'un échange d'informations sur les activités énumérées à l'annexe 1, partie 6.4, points b) et c), de la directive 96/61/CE du Conseil, du 24 septembre 1996, relative à la prévention et à la réduction intégrées de la pollution (directive IPPC), à savoir

6.4. *b) Traitement et transformation destinés à la fabrication de produits alimentaires à partir de:*

- *matière première animale (autre que le lait) d'une capacité de production de produits finis supérieure à 75 tonnes par jour,*
- *matière première végétale d'une capacité de production de produits finis supérieure à 300 tonnes par jour (valeur moyenne sur une base trimestrielle).*

c) Traitement et transformation du lait, la quantité de lait reçu étant supérieure à 200 tonnes par jour (valeur moyenne sur une base annuelle).

Le champ d'application couvre toute la gamme des activités de fabrication de produits destinés à l'alimentation humaine et animale qui peuvent avoir lieu dans des installations européennes d'une capacité supérieure aux valeurs susmentionnées.

Le document ne concerne pas les activités à petite échelle, comme les activités de restauration ou les activités ne nécessitant pas de matières premières animales ou végétales. Les activités en amont comme l'agriculture, la chasse, l'abattage des animaux ainsi que la fabrication de produits non alimentaires tels que savons, bougies, produits cosmétiques et pharmaceutiques, et la fabrication de gélatine et de colle à partir de peaux et d'os sont également exclues. Le conditionnement est exclu sauf s'il s'agit de l'emballage des produits agro-alimentaires et laitiers sur leur lieu de production.

Informations générales (chapitre 1)

Le secteur agro-alimentaire et laitier (AAL)

Le secteur AAL fabrique des produits finis destinés à la consommation et des produits intermédiaires destinés à une transformation ultérieure. Comparé à de nombreux autres secteurs industriels, il se caractérise par sa diversité qui se reflète dans la taille et le type des entreprises, la gamme étendue de matières premières, produits et procédés utilisés et les nombreuses combinaisons qu'ils permettent, et la fabrication de produits standard à l'échelle mondiale comme d'une multitude de produits spécialisés ou traditionnels à l'échelle nationale voire régionale. Une grande partie des entreprises du secteur sont des PME dont la plupart emploient tout de même plus de 20 personnes.

Elles sont soumises à des conditions économiques, sociales et environnementales localement très diverses et à des législations nationales différentes. Ce secteur d'activité couvre l'ensemble de l'Europe, des régions industrialisées aux zones rurales, et constitue un exportateur net pour l'UE.

En dépit de l'uniformisation accrue des habitudes de consommation et d'achat récemment constatée pour un nombre croissant de produits, les produits AAL conservent une part de spécificité culturelle. C'est pourquoi, même si les consommateurs souhaitent pouvoir acquérir les mêmes articles et la même qualité de produits dans l'ensemble de l'UE-15, ils veulent également avoir la possibilité ou le choix d'acheter des produits différents en rapport avec leur tradition ou culture propre.

L'importance de la sécurité alimentaire dans la chaîne AAL

Pour déterminer les MTD dans le secteur AAL, il convient de prendre en considération, outre les aspects environnementaux, d'autres obligations et interdictions légales. Toutes les unités de production AAL doivent ainsi respecter les normes et la législation requises en matière de sécurité alimentaire. Or, ces exigences peuvent avoir une incidence sur le plan environnemental. Par exemple, il est obligatoire de procéder à un nettoyage fréquent, ce qui demande eau chaude et détergents. Il a été fait en sorte que rien dans ce document n'entre en conflit avec la législation relative à la sécurité alimentaire et l'hygiène.

Le secteur AAL et l'environnement

Les problèmes environnementaux les plus importants en ce qui concerne les installations AAL sont la consommation d'eau et la pollution de l'eau, la consommation d'énergie et la limitation des déchets.

La majeure partie de l'eau n'entrant pas dans la composition des produits finit dans le flux des eaux résiduaires. Dans les effluents AAL non traités, la DCO et la DBO sont habituellement élevées, les niveaux pouvant être de 10 à 100 fois supérieurs à ceux des eaux usées domestiques. La concentration de SS varie de négligeable à élevée (120 000 mg/l) et les effluents non traités provenant de certains secteurs de production de viande, de poisson, de produits laitiers et d'huile végétale ont des teneurs élevées en huiles et graisses. Des niveaux élevés de phosphore peuvent également être relevés, notamment lorsque de grandes quantités d'acide phosphorique sont utilisées dans tel ou tel procédé, par exemple le dégommeage des huiles végétales, ou dans le nettoyage.

Le secteur AAL a besoin d'énergie pour les opérations de transformation ainsi que pour assurer la fraîcheur et la sécurité alimentaire.

Les principales sources de rejets non gazeux sont les déversements, fuites, débordements, les produits défectueux/retournés, les pertes inhérentes, les matières conservées ne pouvant être écoulées à la phase suivante du processus et les dépôts dus à la chaleur.

Les principaux polluants atmosphériques résultant des procédés AAL sont les poussières et les odeurs. Les odeurs constituent un problème local lié à la transformation ou au stockage des matières premières, sous-produits ou déchets.

Les facteurs d'amélioration des performances environnementales ne sont plus les mêmes. Par exemple, optimiser l'utilisation des matières a eu pour conséquence de réduire la quantité de déchets. Aujourd'hui, on commence à adopter une approche plus directement associée à la protection de l'environnement même si cela implique de mettre le secteur au défi, par exemple, de réduire la consommation d'eau et d'énergie et la quantité d'emballage tout en respectant les normes d'hygiène.

Procédés et techniques appliqués (chapitre 2)

Ce document ne peut décrire en détail tous les procédés utilisés dans le secteur, mais il couvre une très large gamme de procédés représentatifs de l'ensemble du secteur. Le chapitre 2 se divise en deux parties. Les parties 2.1 – 2.1.9.6.3 décrivent les procédés au niveau de l'opération. Nombre d'entre eux sont appliqués dans plusieurs secteurs AAL particuliers. Les procédés les plus couramment utilisés dans le secteur AAL sont décrits dans neuf catégories: réception et préparation des matières; broyage, mélange et formage; techniques de séparation; technologie de transformation du produit; traitement thermique; concentration thermique;

refroidissement; opérations de post-transformation; et procédés utilitaires. Dans chacune de ces catégories, sont décrites de quatre à quatorze opérations.

Les parties 2.2 – 2.2.20 décrivent la réalisation des opérations dans quelques-uns des principaux secteurs AAL.

Niveaux actuels de consommation et d'émission (chapitre 3)

Le chapitre 3 suit la structure du chapitre 2. Ce chapitre du document contient, outre des données en matière de consommation et d'émission, des informations complémentaires sur les productions qui ne constituent pas le produit final principal ni ne sont éliminées comme des déchets, c'est-à-dire les sous-produits.

Les parties 3.1 – 3.1.4 fournissent certaines données globales de consommation et d'émission concernant l'ensemble du secteur AAL, et donnent un aperçu des principales raisons expliquant ses caractéristiques de consommation et d'émission. Le secteur AAL est un gros consommateur d'eau comme ingrédient, agent nettoyant, moyen de transport et alimentation des systèmes utilitaires. Environ 66% de la quantité totale d'eau douce utilisée a une qualité d'eau potable. Dans certains secteurs, comme celui des produits laitiers et des boissons, ce pourcentage atteint 98%. Les procédés de chauffage consomment approximativement 29% de l'énergie totale utilisée dans le secteur AAL et le refroidissement et la réfrigération environ 16%.

Les parties 3.2 – 3.2.56.3 fournissent certains niveaux de consommation et d'émission correspondant aux opérations unitaires décrites au chapitre 2. Ces informations sont consignées sous les rubriques eau, émissions atmosphériques, rejets solides, énergie et bruit.

Les parties 3.3 – 3.3.12.3 fournissent des données de consommation et d'émission concernant certains secteurs AAL. Une telle structure permet au lecteur de faire la comparaison, au niveau de l'opération, entre les secteurs particuliers et le secteur dans son ensemble. Il s'agit en grande partie d'informations qualitatives. Les informations quantitatives manquent souvent de précision pour ce qui est des techniques d'exploitation ou procédés utilisés ou des méthodes ou conditions de collecte des données appliquées. Pour certains secteurs AAL, voire certaines opérations, il existe des données relatives aux émissions atmosphériques et à la production d'eaux résiduaires. La limitation des déchets est généralement considérée comme un objectif rentable par tous les fabricants mais il est difficile de disposer de critères de référence car le pourcentage de matières premières retrouvées dans le produit final principal est variable.

Le niveau de détail des informations varie considérablement d'un secteur à l'autre.

Techniques à prendre en considération pour la détermination des MTD (chapitre 4)

Le chapitre 4 contient les informations détaillées utilisées par le GTT pour déterminer les MTD dans le secteur AAL, mais ne permet pas de trancher la question de savoir si une technique constitue une MTD ou non. Il suit la structure générale des chapitres 2 et 3 puisqu'il commence par fournir des informations concernant la totalité ou une partie des secteurs AAL et finit par des informations spécifiques à chaque secteur AAL.

Plus de 370 techniques y sont décrites, généralement sous les rubriques standard Description, Avantages écologiques obtenus, Effets multi-milieux, Données fonctionnelles, Applicabilité, Aspects économiques, Facteurs de mise en œuvre, Installations types et Documents de référence. Cette structure normalisée permet de comparer les techniques qualitativement et quantitativement.

Ce chapitre traite des techniques intégrées au procédé comme des techniques en bout de chaîne. La plupart des techniques sont censées procurer plus d'un avantage écologique et, pour certaines, produire des effets multi-milieux. Nombre d'entre elles visent à réduire la consommation d'eau et la pollution de l'eau, la consommation d'énergie et à optimiser l'utilisation des matières premières avec la limitation de la production de déchets qui s'ensuit. Pour de nombreuses techniques, il n'a été indiqué aucun coût financier ni fourni aucune donnée

relative aux avantages, mais leur application effective constitue une preuve de leur rentabilité économique.

Sont décrites en premier, aux parties 4.1 – 4.1.9.3, les techniques qui sont applicables dans toutes les installations AAL. Il s'agit de méthodes d'exploitation, à savoir outils de gestion; formation; conception de l'équipement et de l'installation; maintenance et méthodes de prévention et de limitation de la consommation d'eau et d'énergie et de la production de déchets. D'autres techniques relèvent davantage de la technologie et ont trait à la gestion de la production, aux techniques de contrôle du procédé et à la sélection des matières. Les techniques générales de stockage ne sont pas évoquées car elles entrent dans le champ d'application du "BREF Stockage" [95, EC, 2005]. En revanche, sont abordées les techniques spécifiques au stockage des denrées alimentaires, qui permettent de réduire la consommation d'énergie aux fins de réfrigération, les déchets et les odeurs résultant de la dégradation des aliments.

Sont ensuite décrites, aux parties 4.2 – 4.2.17.4, les techniques appliquées dans un certain nombre de secteurs AAL. Elles traitent de la façon dont sont réalisées certaines opérations spécifiques décrites au chapitre 2.

Le nettoyage de l'équipement et des installations est décrit aux parties 4.3 – 4.3.11. Le choix et l'utilisation des agents nettoyants et désinfectants doivent permettre d'assurer une hygiène satisfaisante mais en tenant dûment compte des incidences environnementales.

Les techniques de limitation des émissions atmosphériques et de traitement des effluents en bout de chaîne sont décrites aux parties 4.4 – 4.4.3.13.2 et 4.5 – 4.5.7.9 respectivement. Dans l'introduction à ces parties, on souligne combien il est important d'accorder la priorité aux techniques intégrées au procédé pour prévenir et réduire, autant que possible, les émissions atmosphériques et les eaux résiduaires. Lorsque des techniques en bout de chaîne sont nécessaires, elles sont conçues pour réduire à la fois les concentrations et les flux de polluants résultant d'une opération ou d'un procédé. La description des techniques de limitation des émissions atmosphériques contient peu d'informations concernant leur applicabilité ou application dans chacun des secteurs AAL. En revanche, la description des techniques de traitement des effluents fournit davantage d'informations sur leur applicabilité ou application dans chaque secteur AAL et couvre le traitement des rejets provenant généralement d'installations AAL et à niveau élevé de DBO, DCO, d'huiles et de graisses, d'azote et de phosphore.

Les parties 4.6 – 4.6.6 portent sur la prévention des accidents dans les installations AAL. Y est décrite une méthode pour éviter les accidents et limiter leur impact sur l'environnement.

Les techniques qui sont seulement applicables dans des secteurs AAL particuliers sont décrites aux parties 4.7 – 4.7.9.8.2. La plupart d'entre elles concernent des opérations spécifiques aux secteurs AAL en question.

Meilleures techniques disponibles (chapitre 5)

La façon dont les conclusions sur les MTD sont présentées au chapitre 5 est illustrée par la figure ci-après. Les conclusions sur les MTD sont présentées sur deux niveaux. Le premier niveau indique les parties répertoriant les MTD applicables à toutes les installations AAL et le second niveau indique les parties contenant des MTD supplémentaires pour certains secteurs particuliers. Le chapitre 5 suit la même structure que le chapitre 4. Nombre des MTD ont trait à l'exploitation et exigent donc un très faible investissement en équipement nouveau. Leur application peut toutefois impliquer certains investissements afin d'assurer, par exemple, la formation, la maintenance ou le suivi et la révision des performances.

Les conclusions décrivent ce qui, pour le GTT, correspond aux MTD au sens large pour le secteur AAL sur la base des informations du chapitre 4 et compte tenu de la définition des "meilleures techniques disponibles" figurant à l'article 2, paragraphe 11, et des considérations exposées à l'annexe IV de la directive. Dans ce chapitre, il n'est fixé aucune valeur limite de consommation ou d'émission mais sont fournies des indications à destination des entreprises,

des États membres et du public sur les niveaux de consommation et d'émission pouvant être atteints lorsque les techniques spécifiées sont appliquées.

Les paragraphes suivants résument les principales conclusions sur les MTD en ce qui concerne les problèmes environnementaux les plus importants. Les MTD procurent rarement un seul avantage écologique, aussi ne sont-elles pas répertoriées en fonction des problèmes environnementaux. Les MTD consistent à suivre diverses approches pour protéger l'environnement dans son ensemble. Il peut s'agir de techniques de gestion et d'exploitation générales, qui sont applicables à toutes les installations AAL, ou de l'utilisation de technologies très spécifiques à des secteurs AAL particuliers.

Au cours de l'examen par le GTT des informations échangées, de nombreux problèmes ont été soulevés et discutés. Le présent résumé ne reprend que quelques-uns de ces problèmes et il n'est donc pas destiné à remplacer le chapitre "Meilleures techniques disponibles" du BREF, chapitre qu'il convient de consulter sans faire abstraction du reste du document.

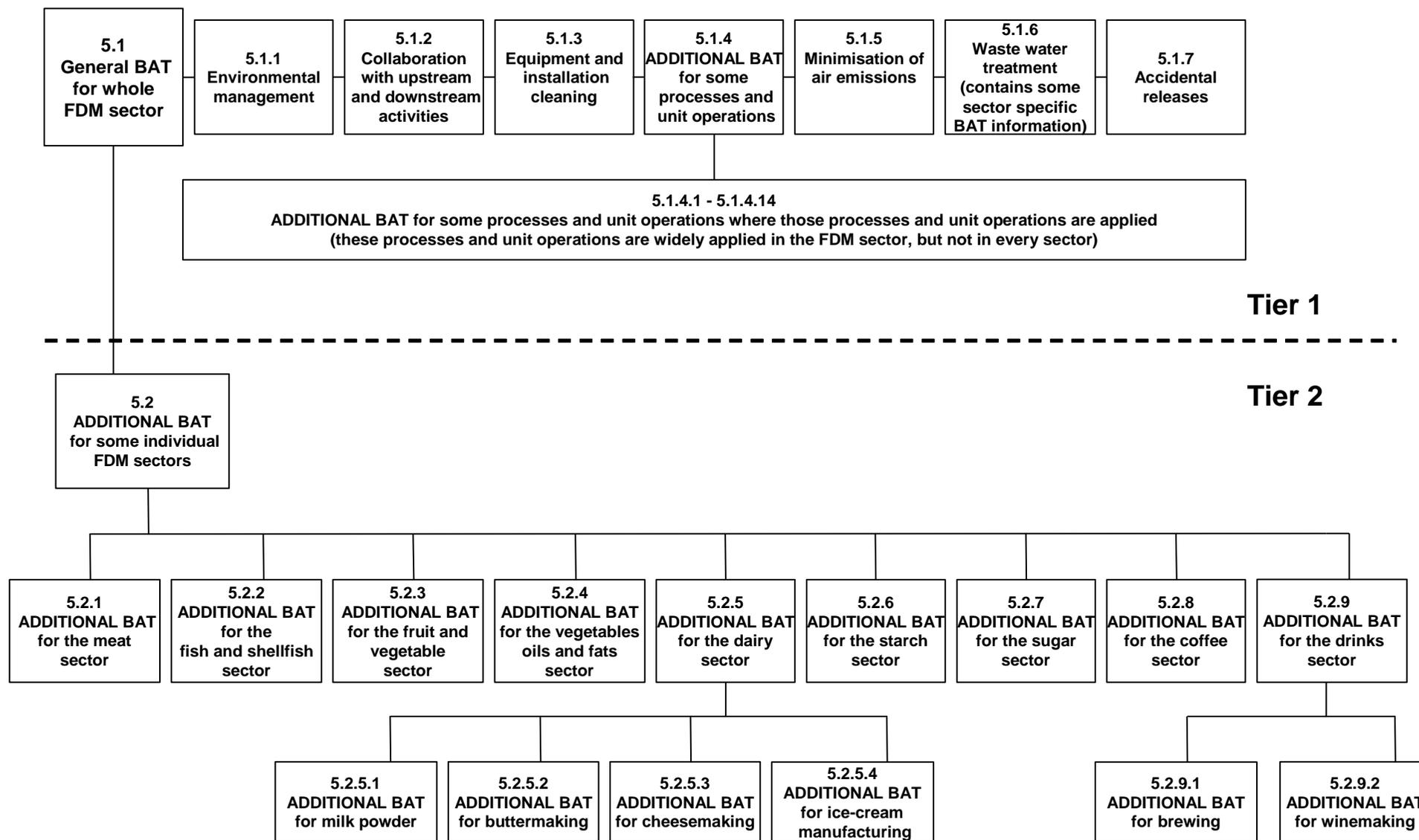


Schéma de présentation des conclusions sur les MTD pour les installations AAL

MTD générales pour l'ensemble du secteur AAL

En dépit de la diversité du secteur AAL, les secteurs particuliers qui le composent sont confrontés à des problèmes communs, notamment de grands problèmes environnementaux, et les mêmes MTD peuvent donc être appliquées pour prévenir et contrôler la consommation et les émissions, par exemple le nettoyage à sec pour limiter, entre autres, la consommation d'eau. De même, certaines MTD peuvent s'appliquer à plusieurs problèmes environnementaux, par exemple l'entretien de l'équipement de réfrigération pour éviter les fuites d'ammoniac ou des machines à dépecer le poisson pour limiter la quantité de chair inutilement arrachée lors du dépeçage.

Gestion générale

Les MTD de gestion générale contribuent à la limitation globale des niveaux de consommation et d'émission en offrant des modes de fonctionnement qui encouragent les bonnes pratiques et y sensibilisent. Les MTD sont axées sur des tâches telles que recourir à un système de gestion de l'environnement; dispenser de la formation; utiliser un programme d'entretien planifié; appliquer une méthode de prévention et de limitation de la consommation d'eau et d'énergie et de la production de déchets et mettre en œuvre un système de contrôle et de révision des niveaux d'émission à l'échelle des procédés de fabrication et du site.

Exploitation générale

D'autres MTD concernent plus directement quelques grands problèmes environnementaux comme, par exemple, le transport à sec des matières premières, produits, coproduits, sous-produits et déchets AAL solides. Cette technique permet de réduire la consommation d'eau et, par conséquent, la production d'eaux résiduelles et la pollution. Elle permet aussi d'accroître le potentiel de récupération et de recyclage des substances générées par le procédé qui, dans de nombreux cas, peuvent être vendues comme aliments pour animaux, réduisant ainsi la production de déchets.

Un autre exemple de technique applicable à l'ensemble du secteur AAL est fourni par la séparation des rejets afin d'en optimiser l'utilisation, la réutilisation, la récupération, le recyclage et l'élimination et de limiter la pollution des eaux résiduelles. Il y a aussi de nombreux cas, dans le secteur AAL, où des matières premières, denrées partiellement transformées et produits finals initialement destinés à l'alimentation humaine ou dont la partie destinée à l'alimentation humaine a été retirée peuvent être utilisés comme aliments pour animaux. De telles situations procurent donc des avantages écologiques et économiques.

Application générale de technologies

Certaines MTD de nature plus technologique supposent d'appliquer et d'utiliser des méthodes de contrôle du procédé, par exemple en recourant à des techniques analytiques de mesure et de contrôle pour limiter le gaspillage de matières et d'eau et la production d'eaux résiduelles lors du traitement et du nettoyage. Une de ces techniques consiste à mesurer la turbidité pour contrôler la qualité des eaux de traitement et optimiser à la fois la récupération de matières/produits dans l'eau et la réutilisation de l'eau de lavage.

Collaboration avec les partenaires en amont et en aval

Les opérations effectuées par ceux qui approvisionnent les unités de transformation AAL en matières premières et autres ingrédients, notamment les exploitants agricoles et les transporteurs, peuvent avoir des conséquences écologiques sur les installations AAL. De même, les installations AAL peuvent influencer sur l'impact environnemental des installations qu'elles approvisionnent en aval, y compris d'autres installations AAL. Les MTD consistent donc à établir une collaboration avec les partenaires en amont et en aval, créer une chaîne de responsabilité environnementale, limiter la pollution et protéger l'environnement dans son ensemble, par exemple en fournissant des matières fraîches au moment voulu de façon à réduire l'énergie nécessaire à leur stockage ainsi que les déchets et odeurs résultant de leur décomposition.

Nettoyage de l'équipement et des installations

Résumé

L'application des MTD de nettoyage permet de limiter la consommation d'eau et la pollution de l'eau; la production de déchets; la consommation d'énergie ainsi que le volume et la nocivité des détergents employés.

À l'instar d'autres MTD, les MTD de nettoyage consistent à limiter le contact entre l'eau et les matières AAL, par exemple en optimisant le recours au nettoyage à sec. Les avantages écologiques en sont, entre autres, une réduction de la consommation d'eau et du volume d'eaux résiduaires; une quantité inférieure de matières entraînées dans les eaux résiduaires et, donc, des niveaux plus bas de DCO et DBO notamment. Le recours aux diverses techniques de nettoyage à sec accroît le potentiel de récupération et de recyclage des substances générées par le procédé. Il permet également de réduire la quantité d'énergie nécessaire pour chauffer l'eau de lavage et la quantité de détergents.

Parmi les autres MTD relatives au nettoyage, on peut citer le nettoyage en place des équipements fermés, le recours limité à l'EDTA et le refus d'utiliser des biocides oxydants halogénés.

MTD supplémentaires pour certains procédés et opérations utilisés dans plusieurs secteurs AAL

Le GTT est parvenu à des conclusions sur les MTD concernant certaines des opérations unitaires qui sont réalisées dans plusieurs secteurs AAL mais généralement pas tous. Les MTD sont répertoriées pour la réception/répartition des matières; la centrifugation/séparation; le fumage; la cuisson; la friture; la conservation en boîtes métalliques, bouteilles et pots; l'évaporation; la congélation et réfrigération; l'emballage; la production et consommation d'énergie; la consommation d'eau; les systèmes à air comprimé et systèmes à vapeur. L'application de plusieurs de ces MTD permet de réduire la consommation d'énergie, par exemple en utilisant des évaporateurs multiples effets, en optimisant la recompression de la vapeur liée aux sources de chaleur et d'énergie dans l'installation afin de concentrer les liquides. Nombre d'entre elles visent à réduire la consommation d'énergie en optimisant les conditions d'exploitation et certaines à limiter les émissions atmosphériques. Par exemple, en matière de fumage, une MTD consiste à atteindre un niveau d'émission atmosphérique de COT de <50 mg/Nm³.

Limitation des émissions atmosphériques et traitement des effluents

Il convient d'appliquer des MTD intégrées au procédé qui permettent de limiter les rejets dans l'air et dans l'eau par la sélection et l'utilisation de certaines substances et techniques. Il est ensuite possible, si un contrôle supplémentaire s'impose, de sélectionner des techniques de réduction des émissions atmosphériques et de traitement des effluents. Par exemple, relève des MTD le fait d'optimiser le recours au nettoyage à sec, ce qui permet de réduire le volume d'eaux résiduaires et le débit massique de matières solides qu'elles contiennent et réduit le volume d'effluents à traiter.

Les MTD consistent à adopter une stratégie de contrôle des émissions atmosphériques et, sauf indication contraire dans le chapitre MTD, lorsque les MTD intégrées au procédé qui limitent les émissions atmosphériques par la sélection et l'utilisation de certaines substances et l'application de certaines techniques ne permettent pas d'atteindre les niveaux d'émission de 5 – 20 mg/Nm³ pour les poussières sèches, de 35 – 60 mg/Nm³ pour les poussières humides/collantes et de <50 mg/Nm³ de COT, à atteindre ces niveaux en appliquant des techniques de réduction.

Il n'a pas été rendu de conclusion globale quant à savoir s'il vaut mieux traiter les eaux résiduaires provenant d'installations AAL sur site ou hors site, sauf pour certaines techniques primaires.

Sauf indication contraire dans le chapitre MTD, les niveaux d'émission figurant dans le tableau ci-après correspondent aux niveaux d'émission qui seraient atteints à l'aide des techniques généralement considérées comme des MTD. Ils ne correspondent pas forcément aux niveaux actuellement atteints dans l'industrie, mais reflètent l'avis des experts du GTT.

Paramètre	Concentration
-----------	---------------

	(mg/l)
DBO ₅	<25
DCO	<125
TSS	<50
pH	6 – 9
Huiles et graisses	<10
Azote total	<10
Phosphore total	0,4 – 5
Il est possible d'atteindre de meilleurs niveaux de DBO ₅ et de DCO. Compte tenu des conditions locales, il n'est pas toujours possible ou rentable d'atteindre les niveaux indiqués d'azote total et de phosphore total.	

Qualité habituelle des effluents AAL après traitement

Un État membre a un avis divergent et n'approuve pas la note au bas du tableau ci-dessus car il estime que les écarts par rapport aux MTD, à cause des conditions locales par exemple, ne sont admissibles que si les conditions d'autorisation sont plus rigoureuses.

Rejets accidentels

Sont répertoriées plusieurs MTD concernant le recensement des accidents potentiels, l'évaluation des risques, la réalisation de contrôles, la mise au point et l'expérimentation de plans d'urgence et les leçons tirées d'accidents et de quasi-accidents.

MTD supplémentaires pour certains secteurs AAL particuliers

Il a été déterminé des MTD supplémentaires pour certains secteurs AAL particuliers. Les MTD générales des parties 5.1 – 5.1.7 s'appliquent à ces secteurs et aux secteurs pour lesquels aucune MTD supplémentaire n'a été déterminée. L'application d'une MTD générale, comme la séparation des rejets ou l'optimisation du recours au nettoyage à sec, peut considérablement limiter l'impact global d'un procédé sur l'environnement.

Les MTD supplémentaires pour le secteur de la viande et de la volaille s'appliquent à des opérations spécifiques effectuées dans certaines parties de ce secteur, et permettent de réduire la consommation d'eau, d'énergie et la quantité d'emballage.

Les principaux avantages écologiques procurés par les MTD supplémentaires applicables au secteur des poissons, mollusques et crustacés, dont plusieurs concernent la décongélation, l'écaillage, le dépeçage, l'éviscération et le filetage du poisson, sont la réduction de la quantité de déchets et de la consommation d'eau. Par exemple, il a été déterminé des MTD de décongélation du maquereau permettant une consommation d'eau de <2 m³/t de poisson cru; de décongélation du poisson blanc permettant une consommation d'eau de 1,8 – 2,2 m³/t de poisson cru; et de décongélation des crevettes à l'aide d'une des deux techniques utilisant l'eau d'écaillage filtrée.

Dans le secteur des fruits et légumes, les MTD portent sur le stockage, la séparation à sec des matières premières refusées, la collecte de la terre, l'épluchage, le blanchiment et la réutilisation optimisée de l'eau. L'application des MTD entraîne une augmentation des rendements, permet d'utiliser à d'autres fins, souvent comme aliments pour animaux, les matières inutilisées dans le produit principal et donc de réduire la production de déchets. Parmi les avantages écologiques procurés par l'application des MTD de stockage, d'épluchage et de blanchiment, on peut citer la réduction de la consommation d'énergie.

Les avantages écologiques procurés par les MTD supplémentaires applicables au secteur des huiles et graisses végétales sont essentiellement la réduction de la consommation d'énergie et la récupération de l'hexane utilisé lors de l'extraction. Il a été déterminé un niveau d'émission associé à une MTD qui consiste à utiliser des cyclones pour limiter les émissions de poussières humides dues à l'extraction d'huile végétale, jusqu'à atteindre un niveau de <50 mg/Nm³.

Résumé

Il existe des MTD supplémentaires pour les produits laitiers et des MTD spécifiques à la production de lait commercial, de lait en poudre, de beurre, de fromages et de crèmes glacées. Les MTD s'appliquent à des phases précises des procédés et au nettoyage. Elles concernent la consommation d'eau, la consommation d'énergie et la prévention des déchets. Il s'agit de MTD à la fois fonctionnelles et technologiques. Sur la base des niveaux atteints rapportés par le GTT, il a été déterminé des niveaux de consommation et d'émission indicatifs de ceux qui peuvent être atteints par l'application de MTD intégrées au procédé. Ces fourchettes, qui figurent dans le tableau ci-après, reflètent la variété des conditions d'exploitation. Les niveaux de consommation d'énergie peuvent varier du fait des volumes de production par exemple. Un climat chaud peut exiger davantage d'énergie pour le refroidissement et inversement. Les niveaux de consommation d'eau et de production d'eaux résiduaires peuvent varier à cause de différences dans la gamme de produits, la taille des lots et les procédés de nettoyage. Le niveau de production d'eaux résiduaires peut être inférieur à celui de consommation d'eau car, dans de nombreuses laiteries, l'eau de refroidissement est mesurée à l'entrée mais rejetée sans être mesurée. Par climat chaud, l'eau peut se perdre à cause de l'évaporation.

	Consommation d'énergie	Consommation d'eau	Eaux résiduaires
Production de lait commercial à partir d'1 litre de lait reçu	0,07 – 0,2 kWh/l	0,6 – 1,8 l/l	0,8 – 1,7 l/l
Production de lait en poudre à partir d'1 litre de lait reçu	0,3 – 0,4 kWh/l	0,8 – 1,7 l/l	0,8 – 1,5 l/l
Production d'1 kg de crème glacée	0,6 – 2,8 kWh/kg	4,0 – 5,0 l/kg	2,7 – 4,0 l/kg

Niveaux de consommation et d'émission associés à certains procédés laitiers

L'application des MTD supplémentaires pour la féculerie consiste surtout à réduire la consommation d'eau et la production d'eaux résiduaires, notamment en réutilisant l'eau.

La réutilisation de l'eau fait également l'objet des MTD pour le secteur du sucre. Dans ce secteur, on parvient aussi à limiter la consommation d'énergie en évitant de déshydrater la pulpe de betterave sucrière s'il existe un débouché pour les cossettes pressées, par exemple l'alimentation animale, ou à déshydrater la pulpe à l'aide de sècheurs à vapeur ou à haute température combinés à des dispositifs de réduction des émissions atmosphériques.

Les grands problèmes environnementaux justifiant l'application des MTD supplémentaires pour le secteur du café ont trait à la consommation d'énergie et aux émissions atmosphériques ainsi qu'aux odeurs. Dans la torréfaction du café, lorsque les MTD intégrées au procédé qui limitent les émissions atmosphériques par la sélection et l'utilisation de certaines substances et l'application de certaines techniques ne permettent pas d'atteindre les niveaux d'émission de 5 – 20 mg/Nm³ pour les poussières sèches et de <50 mg/Nm³ de COT en cas de torréfaction légère (ce niveau est d'autant plus difficile à atteindre que le degré de torréfaction augmente), les MTD consistent à atteindre ces niveaux en appliquant des techniques de réduction. Les niveaux d'émission de NO_x ont été communiqués trop tard pour permettre une vérification complète par le GTT et sont consignés dans les conclusions.

Les MTD supplémentaires pour le secteur des boissons en général consistent à éviter la production directe de CO₂ à partir de combustibles fossiles, récupérer la levure, collecter les matériaux filtrants usagés et sélectionner et optimiser l'utilisation des machines à laver les bouteilles. L'application des MTD supplémentaires pour la brasserie permet de réduire à la fois la consommation d'eau et d'énergie. Pour la brasserie, relève des MTD le fait d'atteindre un niveau de consommation d'eau de 0,35 – 1 m³/hl de bière produite. Les MTD supplémentaires pour la vinification concernent la réutilisation de la solution alcaline servant au nettoyage après stabilisation à froid et la méthode d'élimination définitive de cette solution pour éviter l'arrêt de l'installation de traitement des effluents.

Techniques nouvelles (chapitre 6)

Le chapitre 6 aborde une technique qui n'a pas encore été appliquée au niveau commercial et en est encore au stade de la recherche ou du développement. Il s'agit de l'"utilisation d'UV/ozone en absorption pour la réduction des odeurs". Elle a été intégrée ici à des fins de sensibilisation en cas de révision du document.

Conclusions (chapitre 7)

Calendrier des travaux

Les travaux concernant ce document ont commencé à la première réunion plénière du GTT en janvier 2001. La dernière réunion plénière du GTT s'est tenue en février 2005.

Niveau de consensus, lignes de force et problèmes à l'issue de la dernière réunion du GTT

Les conclusions des travaux, qui ont fait l'objet d'un large consensus, ont été approuvées à la dernière réunion plénière. Néanmoins, certains problèmes y ont été soulevés et il conviendrait de les étudier plus en profondeur lorsque ce document sera révisé.

Informations fournies

De nombreux rapports des États membres et des entreprises, ainsi que des données provenant d'installations types et de visites sur place, ont servi de sources d'information pour la rédaction de ce document. La collaboration d'États membres particuliers a, dans une certaine mesure, reflété la répartition régionale des secteurs. La CIAA et ses organismes membres ont fourni la plupart des contributions des entreprises.

L'échange d'informations et la préparation de ce document ont constitué une expérience positive en matière de prévention et de contrôle de la pollution dans les secteurs concernés. Pour la première fois, certains secteurs ont eu la possibilité de se familiariser avec des techniques qui ont fait leurs preuves dans d'autres secteurs, et ce à l'échelle européenne.

Déséquilibres dans les informations et lacunes

On constate de grandes différences concernant le niveau de détail des informations fournies à propos de secteurs AAL particuliers ainsi que la couverture des grands problèmes environnementaux dans ce document. Les données fournies sur les niveaux actuels de consommation et d'émission n'étaient pas mises en relation avec la description des procédés, les conditions d'exploitation, la capacité de l'installation, les méthodes d'échantillonnage et d'analyse et des présentations statistiques. Ce document décrit des techniques permettant de réduire la consommation d'énergie mais fournit très peu d'éléments de mesure réelle des économies d'énergie dues à l'application de ces techniques, ou concernant l'intérêt d'investir dans les techniques et les économies de coûts qui en résultent. Aucun critère de référence n'est fourni pour la limitation des déchets. Par exemple, il n'y a pas d'information détaillée concernant la proportion de matières premières spécifiques qui finit par être utilisée dans les produits et sous-produits.

Recommandations pour les travaux futurs

Les lacunes indiquent dans quels domaines de futurs travaux pourraient donner des résultats susceptibles de contribuer à la détermination de MTD lorsque ce document sera révisé, et aider ainsi les exploitants et personnes délivrant les autorisations à protéger l'environnement dans son ensemble. Il est recommandé de fournir des informations sur les sujets suivants:

- description des procédés, conditions d'exploitation, méthodes d'échantillonnage et d'analyse et présentations statistiques associées aux données sur les niveaux de consommation et d'émission;
- ensemble des possibilités d'application des techniques présentées dans ce document;
- autres possibilités de valorisation des sous-produits pour limiter la production de déchets;
- coûts de l'investissement et de l'exploitation des techniques et économies qui en découlent directement et indirectement, par exemple du fait de la réduction des coûts énergétiques ou de l'élimination des déchets, ou de la réduction des pertes dues aux fuites et déversements;
- détermination de MTD relatives au nettoyage à haute, moyenne et basse pression;
- substances déjà utilisées en remplacement de l'EDTA pour le nettoyage;

- application et applicabilité des techniques de réduction des émissions atmosphériques dans le secteur AAL;
- application du traitement des odeurs par plasma non thermique dans le secteur AAL;
- techniques afin d'éviter le rejet d'alcool concentré, issu de la fabrication de bière sans alcool, vers l'installation de traitement des effluents;
- façon dont les activités saisonnières influent sur la viabilité technique et économique des technologies;
- techniques d'extraction de l'huile d'olive et, en particulier, d'extraction à deux phases;
- utilisation de l'interestérification et du dégomme enzymatiques des huiles végétales;
- informations comparatives sur le dégomme des huiles végétales à l'aide d'enzymes, d'acide phosphorique et d'acide citrique;
- techniques utilisées pour limiter les émissions de NO_x provenant des installations de torréfaction du café; et
- sélection et utilisation de fumigants.

Thèmes proposés pour de futurs projets de R&D

Sont proposés les thèmes suivants pour de futurs projets de recherche et développement:

- composition et nocivité des émissions nauséabondes provenant d'installations AAL;
- recensement des techniques permettant de faire baisser les niveaux les plus bas d'émission de NO_x relevés pour la torréfaction du café;
- recensement des solutions de remplacement à l'emploi d'EDTA comme agent nettoyant; et
- avantages écologiques et coûts de l'osmose inverse.

Dans le cadre de ses programmes de RDT, la Communauté européenne mène et subventionne une série de projets concernant les technologies propres, les nouvelles techniques de recyclage et de traitement des effluents et les stratégies de gestion en la matière. Ces projets sont susceptibles d'apporter une précieuse contribution lors des futurs réexamens du BREF. Les lecteurs sont donc invités à communiquer au Bureau européen de prévention et de réduction intégrées de la pollution (BEPRIP) tout résultat de recherche présentant de l'intérêt pour le document (voir également la préface du document).

PRÉFACE

1. Statut du présent document

Sauf mention contraire, les références à "la Directive" dans le présent document signifient la Directive du Conseil 96/61/CE sur la prévention et la réduction intégrées de la pollution. La Directive s'appliquant sans préjudice des dispositions communautaires sur la santé et la sécurité au poste de travail, le document fait de même

Le présent document fait partie d'une série de documents présentant les résultats d'un échange d'information entre les États membres de l'UE et les industries visant les meilleures techniques disponibles (MTD), la surveillance associée et les évolutions qu'ils et elles connaissent. *[Il est publié par la Commission Européenne en référence à l'article 16(2) de la Directive et doit par conséquent être pris en compte conformément à l'Annexe IV de la Directive au moment de déterminer les « meilleures techniques disponibles »].

* Remarque : les crochets seront enlevés une fois que la procédure de publication par la Commission sera achevée.

2. Obligations légales pertinentes de la Directive PRIP et la définition des MTD

Afin d'aider le lecteur à comprendre le contexte légal dans lequel ce document a été rédigé, certaines dispositions les plus pertinentes de la directive PRIP, y compris la définition du terme « meilleures techniques disponibles », sont décrites dans cette préface. Cette description est inévitablement incomplète et n'est fournie qu'à titre informatif uniquement. Elle n'a aucune valeur légale et ne modifie pas les dispositions actuelles de la Directive pas plus qu'elle ne leur préjudicie.

La Directive a pour but de parvenir à une prévention et une réduction intégrées de la pollution engendrée par les activités énumérées à l'Annexe I, pour aboutir à un plus haut niveau de protection de l'environnement dans son ensemble. La base légale de la Directive réside dans la protection de l'environnement. Son application devrait aussi tenir compte d'autres objectifs de la Communauté tels que la compétitivité de l'industrie dans la Communauté, et contribuer ainsi à la pérennité du développement.

De façon plus spécifique, elle instaure un système permissif envers certaines catégories d'installations industrielles, système requérant à la fois des exploitants et des législateurs pour examiner de façon intégrée et globale le potentiel de pollution et de consommation inhérent à l'installation. L'intention d'ensemble présidant à une telle démarche doit être d'améliorer la gestion et le pilotage des procédés industriels pour assurer un haut niveau de protection de l'environnement dans son ensemble. Le principe général énoncé à l'article 3, selon lequel les exploitants devraient prendre toutes les mesures préventives appropriées contre la pollution, notamment en appliquant les meilleures techniques disponibles permettant d'améliorer leurs performances écologiques, est capital dans cette démarche.

Les « meilleures techniques disponibles » sont définies à l'article 2(11) de la Directive comme étant « le stade le plus efficace et le plus avancé des activités et de leurs modes d'exploitation, démontrant l'aptitude pratique de techniques particulières à constituer, en principe, la base des valeurs limites d'émission visant à éviter et, lorsque cela s'avère impossible, à réduire de manière générale les émissions et l'impact sur l'environnement dans son ensemble », L'Article 2(11) poursuit en clarifiant plus avant cette définition comme suit :

« techniques », on entend aussi bien les techniques employées que la manière dont l'installation est conçue, construite, entretenue, exploitée et mise à l'arrêt ;

« disponibles », on entend les techniques mises au point sur une échelle permettant de les appliquer dans le contexte du secteur industriel concerné, dans des conditions économiquement et techniquement viables, en prenant en considération les coûts et les avantages, que ces

techniques soient utilisées ou produites ou non sur le territoire de l'État membre intéressé, pour autant que l'exploitant concerné puisse y avoir accès dans des conditions raisonnables ;

« meilleures », on entend les techniques les plus efficaces pour atteindre un niveau général élevé de protection de l'environnement dans son ensemble.

Par ailleurs, l'annexe IV de la Directive contient une liste de « considérations à prendre en compte en général ou dans un cas particulier lors de la détermination des meilleures techniques disponibles, ... compte tenu des coûts et des avantages pouvant résulter d'une action et des principes de précaution et de prévention ». Ces considérations incluent l'information publiée par la Commission conformément à l'article 16(2).

Des autorités compétentes, ayant la responsabilité de délivrer des permis, sont nécessaire pour tenir compte des principes généraux énoncés à l'article 3 au moment de déterminer les conditions du permis. Ces conditions doivent inclure des plafonds/planchers d'émissions, suppléés ou remplacés s'il y a lieu par des paramètres ou mesures techniques équivalents. Conformément à l'article 9(4) de la Directive, ces plafonds/planchers émissifs, paramètres et mesures techniques équivalents doivent, sans préjudice de conformité avec les standards de qualité environnementaux, être fondés sur les meilleures techniques disponibles, sans prescrire l'utilisation de toute technique ou technologie spécifique, mais en tenant compte des caractéristiques techniques de l'installation concernée, de sa situation géographique et de ses conditions environnementales locales. Quelles que soient les circonstances, les conditions dont le permis s'assortit doivent inclure des dispositions visant à réduire la pollution à grande distance ou transfrontalière, et doivent assurer un haut niveau de protection de l'environnement tout entier.

Conformément à l'article 11 de la Directive, les États membres ont l'obligation de s'assurer que les autorités suivent les développements intervenus au niveau des meilleures techniques disponibles, et soient informés sur ces développements.

3. Objectif du présent document

L'article 16(2) de la Directive requiert que la Commission « organise l'échange d'informations entre les États membres et les industries intéressées au sujet des meilleures techniques disponibles, des prescriptions de contrôle y afférentes et de leur évolution. La Commission publie tous les trois ans les résultats des échanges d'informations ».

Le but de l'échange d'informations est fourni dans le préambule 25 de la Directive, où il est énoncé que « les progrès et les échanges d'informations au niveau communautaire en ce qui concerne les meilleures techniques disponibles permettront de réduire les déséquilibres au plan technologique dans la Communauté, favoriseront la diffusion au plan mondial des valeurs limites et des techniques utilisées dans la Communauté et aideront les États membres dans la mise en oeuvre efficace de la présente directive »

La Commission (DG de l'Environnement) a mis sur pied un forum d'échange d'informations (IEF) pour aider dans les travaux visés par l'article 16(2), et un certain nombre de groupes de travail techniques ont été constitués sous l'ombrelle de l'IEF. Comme le stipule l'article 16(2), des représentants des États membres et de l'industrie siègent à l'IEF et dans les groupes de travail technique.

Cette série de documents vise à refléter avec précision l'échange d'informations qui a eu lieu comme le prévoit l'article 16(2), et à fournir, à l'autorité émettrice des permis, des informations de référence à prendre en compte au moment de déterminer les conditions des permis. En fournissant des informations pertinentes relatives aux meilleures techniques disponibles, ces documents devraient servir d'outils précieux, stimulateurs de performances écologiques.

4. Sources d'information

Ce document représente un résumé de l'information recueillie à un certain nombre de sources, et comprend en particulier l'expertise des groupes constitués pour assister la Commission dans ses travaux, et vérifiée par les services de la Commission. Que tous les contributeurs en soient dûment remerciés.

5. Comment comprendre et utiliser ce document

Les informations fournies dans le présent document sont destinées à servir d'intrant à la détermination des MTD adaptées à des cas spécifiques. Au moment de déterminer les MTD et de définir les conditions d'octroi de permis basées sur des MTD, il faudrait toujours tenir compte de l'objectif général, lequel est de parvenir à un haut niveau de protection de l'environnement dans son ensemble.

Le reste de cette section décrit le type d'informations fournies dans chaque chapitre du présent document..

Les chapitres 1 et 2 fournissent des informations générales sur le secteur industriel concerné et sur les procédés industriels utilisés dans ce secteur. Le chapitre 3 fournit des données et informations relatives aux niveaux actuels de consommation et d'émission, à la production et à l'utilisation de sous-produits des procédés principaux, reflétant ainsi la situation dans les installations existantes au moment de leur rédaction.

Le chapitre 4 décrit plus en détails la réduction des émissions et d'autres techniques considérées les plus aptes à déterminer les MTD ; il décrit aussi les conditions d'octroi de permis basées sur les MTD. Ces informations comprennent les niveaux de consommation et d'émission jugés accessibles en utilisant la technique, certaines idées des coûts et problématiques d'interactions entre milieux associées à la technique et l'ampleur selon laquelle la technique est applicable à la gamme d'installations requérant des permis PRIP, par exemple les nouvelles installations de grande ou petite taille. Les techniques généralement considérées comme obsolètes ne figurent pas.

Le chapitre 5 présente les techniques et les niveaux de consommation et émissions considérés comme compatibles de façon générale avec les MTD. Le but est donc de fournir des indications générales sur les niveaux de consommation et d'émission qui peuvent être considérés comme un point de référence approprié pour aider à déterminer les conditions d'octroi de permis basées sur les MTD, pour établir des règles générales contractuelles comme prévues par l'article 9(8). Il faudrait néanmoins souligner que ce document ne propose pas de plafonds/planchers d'émission. La détermination de conditions d'octroi de permis appropriées impliquera de tenir compte de facteurs locaux, spécifiques à un site tels que les caractéristiques techniques de l'installation concernée, son emplacement géographique et les conditions environnementales locales. Dans le cas des installations existantes, il faut aussi tenir compte de la viabilité économique et technique d'une remise à niveau. Même le simple objectif d'assurer un haut niveau de protection de l'environnement dans son ensemble impliquera souvent d'émettre des jugements, faisant abstraction de l'aspect commercial, entre différents types d'impacts environnementaux, et ces jugements seront souvent influencés par des considérations locales.

Bien que le document tente d'aborder certaines de ces problématiques, il n'est pas possible de les examiner dedans intégralement. Les techniques et niveaux présentés au chapitre 5 ne seront par conséquent pas forcément adaptés à toutes les installations. d'un autre côté, l'obligation d'assurer un haut niveau de protection de l'environnement, y compris de réduire la pollution sur de grandes distances ou la pollution transfrontalière, implique que les conditions d'octroi de permis ne peuvent pas être définies sur la base de considérations purement locales. Par conséquent, il est d'une importance cruciale que les informations contenues dans ce document soient entièrement prises en compte par les autorités délivrant les permis.

Préface

Étant donné que les meilleures techniques disponibles changent avec le temps, ce document sera révisé et actualisé suivant besoins. Tous les commentaires et suggestions devront être adressés au Bureau européen du PRIP, à l'Institut des Études Technologiques Prospectives domicilié comme indiqué ci-dessous:

Edificio Expo; c/Inca Garcilaso, s/n; E-41092 Séville, Espagne

Téléphone : +34 95 4488 284

Fax : +34 95 4488 426

e-mail : JRC-IPTS-EIPPCB@cec.eu.int

Internet : <http://eippcb.jrc.es>

Document de référence sur les meilleures techniques disponibles applicables aux aliments, aux boissons et au lait

RÉSUMÉ GÉNÉRAL	I
PRÉFACE	XIII
DOMAINE D'APPLICATION	LII
1 INFORMATIONS GÉNÉRALES	1
1.1 Description, chiffre d'affaires, croissance, emploi.....	1
1.2 Structure du secteur.....	3
1.3 Commerce.....	3
1.4 Forces en présence sur le marché : demande, distribution et concurrence.....	4
1.4.1 Demande.....	4
1.4.2 Distribution.....	4
1.4.3 Concurrence.....	5
1.5 L'importance de la sécurité des aliments dans la transformation	5
1.6 Cadre législatif des aliments, les boissons et produits laitiers.....	5
1.7 Le secteur FDM et l'environnement	6
1.7.1 Problématiques environnementales clés.....	7
2 PROCÉDÉS ET TECHNIQUES APPLIQUÉS	9
2.1 Techniques de transformation et modes d'exploitation.....	9
2.1.1 Réception et préparation des matières (A).....	10
2.1.1.1 Manutention et stockage des matières (A.1).....	10
2.1.1.1.1 Objectif10	
2.1.1.1.2 Champ d'application.....	10
2.1.1.1.3 Description des techniques, méthodes et équipements.....	10
2.1.1.2 Triage / criblage, calibrage, décortilage, équeutage / égrappage et parage (A.2).....	11
2.1.1.2.1 Objectif11	
2.1.1.2.2 Champ d'application.....	11
2.1.1.2.3 Description des techniques, méthodes et équipements.....	11
2.1.1.3 Pelage (A.3).....	12
2.1.1.3.1 Objectif12	
2.1.1.3.2 Champ d'application.....	12
2.1.1.3.3 Description des techniques, méthodes et équipements.....	13
2.1.1.4 Lavage (A.4).....	13
2.1.1.4.1 Objectif13	
2.1.1.4.2 Champ d'application	13
2.1.1.4.3 Description des techniques.....	13
2.1.1.5 Décongélation (A.5).....	13
2.1.1.5.1 Objectif13	
2.1.1.5.2 Champ d'application.....	13
2.1.1.5.3 Description des techniques, méthodes et équipements.....	13
2.1.2 Réduction de taille, mixtion et modelage (B).....	14
2.1.2.1 Coupe, découpage en tranches, hachage, éminçage, dépulpage et pressage (B.1).....	14
2.1.2.1.1 Objectif14	
2.1.2.1.2 Champ d'application.....	14
2.1.2.1.3 Description des techniques, méthodes et équipements.....	14
2.1.2.2 Mixtion / mélange, homogénéisation et conchage (B.2).....	15
2.1.2.2.1 Objectif15	
2.1.2.2.2 Champ d'application.....	15
2.1.2.2.3 Description des techniques, méthodes et de l'équipement.....	16
2.1.2.3 Broyer / moulin et écraser (B.3).....	16
2.1.2.3.1 Objectif16	
2.1.2.3.2 Champ d'application.....	16
2.1.2.3.3 Description des techniques, méthodes et équipements de transformations	17
2.1.2.4 Formage / Modelage et extrusion (B.4).....	17
2.1.2.4.1 Objectif17	
2.1.2.4.2 Champ d'application.....	17
2.1.2.4.3 Description des techniques, méthodes et équipements.....	17
2.1.3 Techniques de séparation (C).....	18

2.1.3.1	Extraction (C.1).....	18
2.1.3.1.1	Objectif18	
2.1.3.1.2	Champ d'application	18
2.1.3.1.3	Description des techniques, méthodes et équipement.....	18
2.1.3.2	Désionisation (C.2).....	19
2.1.3.2.1	Objectif19	
2.1.3.2.2	Champ d'application.....	19
2.1.3.2.3	Description des techniques, méthodes et équipements.....	19
2.1.3.3	Affinage (C.3).....	19
2.1.3.3.1	Objectif19	
2.1.3.3.2	Champ d'application.....	19
2.1.3.3.3	Description des techniques, méthodes et équipements.....	19
2.1.3.4	Centrifugation et décantation (C.4).....	20
2.1.3.4.1	Objectif20	
2.1.3.4.2	Champ d'application.....	20
2.1.3.4.3	Description des techniques, méthodes et équipements.....	20
2.1.3.5	Filtrage (C.5).....	21
2.1.3.5.1	Objectif21	
2.1.3.5.2	Champ d'application	22
2.1.3.5.3	Description des techniques, méthodes et équipements.....	22
2.1.3.6	Séparation par membrane (C.6).....	23
2.1.3.6.1	Objectif23	
2.1.3.6.2	Champ d'application.....	23
2.1.3.6.3	Description des techniques, méthodes et équipements.....	23
2.1.3.7	Cristallisation (C.7).....	23
2.1.3.7.1	Objectif	23
2.1.3.7.2	Champ d'application.....	24
2.1.3.7.3	Description des techniques, des méthodes et équipements.....	24
2.1.3.8	Enlèvement des acides gras libres (AGL) par neutralisation (C.8).....	24
2.1.3.8.1	Objectif24	
2.1.3.8.2	Champ d'application.....	24
2.1.3.8.3	Description des techniques, méthodes et équipements.....	24
2.1.3.9	Blanchiment (C.9).....	25
2.1.3.9.1	Objectif25	
2.1.3.9.2	Champ d'application.....	25
2.1.3.9.3	Description des techniques, des méthodes et équipements.....	25
2.1.3.10	Désodorisation par fractionnement à la vapeur (C.10).....	26
2.1.3.10.1	Objectif.....	26
2.1.3.10.2	Champ d'application.....	26
2.1.3.10.3	Description des techniques, méthodes et équipements.....	26
2.1.3.11	Décoloration (C.11).....	26
2.1.3.11.1	Objectif.....	26
2.1.3.11.2	Champ d'application.....	26
2.1.3.11.3	Description des techniques, méthodes et équipements.....	26
2.1.3.12	Distillation (C.12).....	27
2.1.3.12.1	Objectif.....	27
2.1.3.12.2	Champ d'application.....	27
2.1.3.12.3	Description des techniques, méthodes et équipements.....	27
2.1.4	Technologie de transformation des produits (D).....	28
2.1.4.1	Trempage (D.1).....	28
2.1.4.1.1	Objectif28	
2.1.4.1.2	Champ d'application	28
2.1.4.1.3	Description des techniques, méthodes et équipements.....	28
2.1.4.2	Dissolution (D.2)	29
2.1.4.2.1	Objectif29	
2.1.4.2.2	Champ d'application.....	29
2.1.4.2.3	Description des techniques, méthodes et équipements.....	29
2.1.4.3	Solubilisation / Alcalisation (D.3).....	29
2.1.4.3.1	Objectif29	
2.1.4.3.2	Champ d'application.....	29
2.1.4.3.3	Description des techniques, méthodes et équipements.....	29
2.1.4.4	Fermentation (D.4).....	30
2.1.4.4.1	Objectif30	

2.1.4.4.2	Champ d'application.....	30
2.1.4.4.3	Description des techniques, méthodes et équipements.....	30
2.1.4.5	Coagulation (D.5).....	31
2.1.4.5.1	Objectif31	
2.1.4.5.2	Champ d'application.....	31
2.1.4.5.3	Description des techniques, méthodes et équipements.....	31
2.1.4.6	Germination (D.6).....	32
2.1.4.6.1	Objectif32	
2.1.4.6.2	Champ d'application.....	32
2.1.4.6.3	Description de techniques de transformation, méthodes et équipements.....	32
2.1.4.7	Saumurage / salaison et macération (D.7).....	32
2.1.4.7.1	Objectif32	
2.1.4.7.2	Champ d'application.....	32
2.1.4.7.3	Description des techniques, méthodes et équipements.....	32
2.1.4.8	Fumage (D.8).....	33
2.1.4.8.1	Objectif33	
2.1.4.8.2	Champ d'application.....	34
2.1.4.8.3	Description des techniques, méthodes et équipements.....	34
2.1.4.9	Durcissement (D.9).....	34
2.1.4.9.1	Objectif34	
2.1.4.9.2	Champ d'application.....	34
2.1.4.9.3	Description des techniques, méthodes et équipements.....	34
2.1.4.10	Sulfitage (D.10).....	34
2.1.4.10.1	Objective.....	34
2.1.4.10.2	Champ d'application.....	34
2.1.4.10.3	Description des techniques, méthodes et équipements.....	34
2.1.4.11	Carbonatation (D.11).....	35
2.1.4.11.1	Objectifs.....	35
2.1.4.11.2	Champ d'application.....	35
2.1.4.11.3	Description des techniques, méthodes et équipements.....	35
2.1.4.12	Carbonation (D.12).....	35
2.1.4.12.1	Objectif.....	35
2.1.4.12.2	Champ d'application.....	35
2.1.4.12.3	Description des techniques, méthodes et équipements.....	36
2.1.4.13	Enduction / pulvérisation / enrobage / agglomération / encapsulation (D.13).....	36
2.1.4.13.1	Objectif.....	36
2.1.4.13.2	Champ d'application.....	36
2.1.4.13.3	Description des techniques, méthodes et équipements.....	36
2.1.4.14	Vieillessement (D.14).....	37
2.1.4.14.1	Objectif.....	37
2.1.4.14.2	Champ d'application.....	37
2.1.4.14.3	Description des techniques, méthodes et équipements.....	37
2.1.5	Traitement thermique (E).....	37
2.1.5.1	Fusion (E.1).....	37
2.1.5.1.1	Objectif37	
2.1.5.1.2	Champ d'application.....	37
2.1.5.1.3	Description des techniques, méthodes et équipements.....	37
2.1.5.2	Blanchiment (E.2).....	38
2.1.5.2.1	Objectif38	
2.1.5.2.2	Champ d'application.....	38
2.1.5.2.3	Description des techniques, méthodes et équipement.....	38
2.1.5.3	Cuisson et ébullition (E.3).....	38
2.1.5.3.1	Objectif38	
2.1.5.3.2	Champ d'application.....	38
2.1.5.3.3	Description des techniques, méthodes et équipements.....	38
2.1.5.4	Cuisson au four (E.4).....	39
2.1.5.4.1	Objectif39	
2.1.5.4.2	Champ d'application.....	39
2.1.5.4.3	Description des techniques, méthodes et équipements.....	39
2.1.5.5	Torréfaction (E.5).....	40
2.1.5.5.1	Objectif40	
2.1.5.5.2	Champ d'application.....	40
2.1.5.5.3	Description des techniques, méthodes et équipements.....	40

2.1.5.6 Friture (E.6).....	41
2.1.5.6.1 Objectif41.....	
2.1.5.6.2 Champ d'application.....	41
2.1.5.6.3 Description des techniques, méthodes et équipements.....	41
2.1.5.7 Tempérage (E.7).....	41
2.1.5.7.1 Objectif41.....	
2.1.5.7.2 Champ d'application.....	41
2.1.5.7.3 Description des techniques, méthodes et équipements.....	41
2.1.5.8 Pasteurisation, stérilisation et traitement UHT (E.8).....	42
2.1.5.8.1 Objectif42.....	
2.1.5.8.2 Champ d'application.....	42
2.1.5.8.3 Description des techniques, méthodes et équipements.....	43
2.1.6 Concentration par la chaleur (F).....	44
2.1.6.1 Évaporation (liquide vers liquide) (F.1).....	44
2.1.6.1.1 Objectif44.....	
2.1.6.1.2 Champ d'application.....	44
2.1.6.1.3 Description des techniques, méthodes et équipements.....	44
2.1.6.2 Séchage (liquide vers solide) (F.2).....	45
2.1.6.2.1 Objectif45.....	
2.1.6.2.2 Champ d'application.....	45
2.1.6.2.3 Description des techniques, méthodes et équipements.....	46
2.1.6.3 Déshydratation (solide vers solide) (F.3).....	46
2.1.6.3.1 Objectif46.....	
2.1.6.3.2 Champ d'application.....	47
2.1.6.3.3 Description des techniques, méthodes et équipement.....	47
2.1.7 Transformation par enlèvement de chaleur (G).....	48
2.1.7.1 Refroidissement, application d'un froid vif et stabilisation par le froid (G.1).....	48
2.1.7.1.1 Objectif48.....	
2.1.7.1.2 Champ d'application.....	49
2.1.7.1.3 Description des techniques, méthodes et équipements.....	49
2.1.7.2 Congélation (G.2).....	50
2.1.7.2.1 Objectif50.....	
2.1.7.2.2 Champ d'application.....	50
2.1.7.2.3 Description des techniques, méthodes et équipements.....	50
2.1.7.3 Congélation-séchage / lyophilisation (G.3).....	52
2.1.7.3.1 Objectif52.....	
2.1.7.3.2 Champ d'application.....	52
2.1.7.3.3 Description des techniques, méthodes et équipements.....	52
2.1.8 Opérations de post-traitement (H).....	52
2.1.8.1 Conditionnement et remplissage (H.1).....	52
2.1.8.1.1 Objectif52.....	
2.1.8.1.2 Champ d'application.....	53
2.1.8.1.3 Description des techniques, méthodes et équipements.....	53
2.1.8.2 Rinçage au gaz et stockage sous gaz (H.2).....	55
2.1.8.2.1 Objectif55.....	
2.1.8.2.2 Champ d'application.....	55
2.1.8.2.3 Description des techniques, méthodes et équipements.....	55
2.1.9 Procédés utilitaires (U).....	56
2.1.9.1 Nettoyage et désinfection (U.1).....	56
2.1.9.1.1 Objectif56.....	
2.1.9.1.2 Champ d'application.....	56
2.1.9.1.3 Description des techniques, méthodes et équipements.....	56
2.1.9.2 Génération et consommation d'énergie (U.2).....	57
2.1.9.2.1 Objectif57.....	
2.1.9.2.2 Champ d'application.....	57
2.1.9.2.3 Description des techniques, méthodes et équipements.....	57
2.1.9.3 Utilisation de l'eau (U.3).....	58
2.1.9.3.1 Objectif58.....	
2.1.9.3.2 Champ d'application.....	59
2.1.9.3.3 Eau processuelle.....	60
2.1.9.3.4 Eau de refroidissement.....	60
2.1.9.3.5 Eau alimentatrice de chaudière.....	61
2.1.9.4 Génération de vide (U.4).....	61

2.1.9.4.1	Objectif61	
2.1.9.4.2	Champ d'application.....	61
2.1.9.4.3	Description des techniques, méthodes et équipements.....	61
2.1.9.5	Réfrigération (U.5).....	62
2.1.9.5.1	Objectif62	
2.1.9.5.2	Champ d'application.....	62
2.1.9.5.3	Description des techniques, méthodes et équipements.....	62
2.1.9.6	Génération d'air comprimé (U.6).....	63
2.1.9.6.1	Objectif63	
2.1.9.6.2	Champ d'application	63
2.1.9.6.3	Description de techniques.....	63
2.2	Application de formes d'activités dans le secteur FDM.....	63
2.2.1	Viande et volailles.....	68
2.2.1.1	Viande en boîte (muscle de bœuf en gélatine)	69
2.2.1.1.1	Décongélation (A.5).....	70
2.2.1.1.2	Découpe (B.1).....	70
2.2.1.1.3	Mixtion / malaxage (B.2).....	70
2.2.1.1.4	Conditionnement et remplissage (H.1).....	70
2.2.1.1.5	Stérilisation (E.8).....	70
2.2.1.1.6	Emballage secondaire (H.1).....	70
2.2.1.1.7	Réfrigération (U.5).....	70
2.2.1.2	Jambon cuit	70
2.2.1.2.1	Décongélation (A.5)	71
2.2.1.2.2	Découpe (B1).....	71
2.2.1.2.3	Macération (D.7).....	72
2.2.1.2.4	Homogénéisation (B.2).....	72
2.2.1.2.5	Cuisson (E.3).....	72
2.2.1.3	Jambon salaisonné	72
2.2.1.3.1	Saumurage / salaison (D7).....	73
2.2.1.3.2	Vieillessement (D.14).....	74
2.2.1.3.3	Lavage (A.4).....	74
2.2.1.3.4	Enduction (D.13).....	74
2.2.1.3.5	Conditionnement (H.1).....	74
2.2.1.3.6	Rinçage au gaz (H.2).....	74
2.2.2	Poissons et fruits de mer	74
2.2.2.1	Poisson transformé congelé / Produits à base de poisson moulé et bâtonnets de poisson pané.....	75
2.2.2.2	Conserves à base de poisson / fruits de mer	75
2.2.2.3	Crustacés.....	76
2.2.2.4	Mollusques.....	76
2.2.3	Fruit et légumes.....	76
2.2.3.1	Plats précuisinés contenant principalement des fruits et légumes.....	77
2.2.3.2	Jus de fruits.....	78
2.2.3.3	Fruits traités à la chaleur.....	78
2.2.3.4	Fruits congelés.....	79
2.2.3.5	Confitures de fruits et assimilées.....	79
2.2.3.6	Fruits secs.....	80
2.2.3.7	Tomates.....	80
2.2.3.8	Pommes de terre.....	81
2.2.3.8.1	Frites de pommes de terre.....	81
2.2.3.8.2	Chips de pommes de terre.....	81
2.2.3.9	Jus de légumes.....	82
2.2.3.10	Légumes thermotraités et congelés.....	82
2.2.3.11	Macération des légumes.....	82
2.2.3.12	Séchage des végétaux.....	83
2.2.4	Huiles et graisses végétales.....	83
2.2.4.1	Extraction de l'huile des graines	83
2.2.4.2	Raffinage des huiles et matières grasses alimentaires.....	84
2.2.4.3	Cristallisation des huiles et graisses alimentaires.....	85
2.2.4.4	Poursuite de la transformation des huiles et graisses alimentaires – margarine.....	86
2.2.4.5	Huile d'olive.....	86
2.2.4.6	Huile de marc d'olive	87
2.2.5	Produits laitiers.....	87

2.2.5.1 Lait et crème.....	87
2.2.5.2 Lait condensé et lait en poudre.....	90
2.2.5.3 Beurre 92	
2.2.5.4 Fromage	93
2.2.5.5 Yaourt 95	
2.2.5.6 Crèmes glacées	96
2.2.5.7 Petit-lait.....	97
2.2.6 Produits à base de grains moulus.....	97
2.2.7 Pâtes sèches.....	98
2.2.8 Amidon.....	100
2.2.8.1 Amidon de maïs	100
2.2.8.2 Amidon de blé	101
2.2.8.3 Amidon de pomme de terre	102
2.2.8.4 Édulcorants.....	104
2.2.8.5 Amidon (physiquement / chimiquement) modifié.....	104
2.2.9 Alimentation animale.....	104
2.2.9.1 Aliments pour animaux d'élevage et aliments secs pour animaux de compagnie.....	104
2.2.9.2 Aliments humides pour animaux de compagnie.....	105
2.2.9.3 Aliments semi-humides pour animaux de compagnie.....	105
2.2.10 Pain 105	
2.2.11 Confiserie / Pâtisserie.....	107
2.2.11.1 Biscuits.....	107
2.2.11.2 Cakes 108	
2.2.11.3 Cacao 108	
2.2.11.4 Chocolat	109
2.2.11.5 Bonbons en sucre cuit.....	109
2.2.12 Sucre 110	
2.2.12.1 Extraction du sucre de la betterave sucrière.....	110
2.2.12.2 Canne à sucre.....	110
2.2.12.3 Raffinage du sucre.....	111
2.2.13 Café 111	
2.2.13.1 Torréfaction du café	111
2.2.13.2 Café instantané.....	112
2.2.13.3 Café décaféiné	113
2.2.14 Levure	114
2.2.15 Maltage.....	115
2.2.16 Brassage.....	116
2.2.16.1 Empâtage.....	116
2.2.16.2 Fermentation.....	117
2.2.16.3 Maturation / conditionnement.....	117
2.2.17 Distillation.....	117
2.2.17.1 Whisky écossais.....	118
2.2.17.2 Cognac	118
2.2.18 Le vin.....	118
2.2.18.1 Réception	118
2.2.18.2 Écrasement et équeutage des raisins.....	119
2.2.18.3 Pressage.....	119
2.2.18.4 Clarification.....	119
2.2.18.5 Fermentation.....	119
2.2.18.6 Vieillessement.....	119
2.2.18.7 Stabilisation par le froid.....	119
2.2.18.8 Mise en bouteille.....	119
2.2.19 Boissons non alcoolisées.....	120
2.2.20 Acide citrique	120
3 CONSOMMATION ET NIVEAUX D'ÉMISSION ACTUELS.....	123
3.1 Informations générales sur la consommation et sur les émissions.....	125
3.1.1 Eau 125	
3.1.1.1 Consommation d'eau	125
3.1.1.2 Eaux usées.....	126
3.1.1.2.1 Quantité d'eau usée	126
3.1.1.2.2 Composition des eaux usées.....	127
3.1.2 Émissions dans l'air.....	128

3.1.2.1 Odeurs	129
3.1.3 Pertes de matières.....	130
3.1.3.1 Poids excédentaire / Spécification de volume	130
3.1.3.2 Renversement accidentel.....	130
3.1.3.3 Fuites / débordement.....	130
3.1.3.4 Défauts des produits / Produits retournés	130
3.1.3.5 Pertes inhérentes.....	130
3.1.3.6 Matière retenue	131
3.1.3.7 Déchets déposés par la chaleur	131
3.1.4 Énergie.....	131
3.2 Consommation et émissions dans les différentes formes d'activités.....	131
3.2.1 Manutention et stockage des matières (A.1).....	134
3.2.1.1 Eau	134
3.2.1.2 Émissions dans l'air	135
3.2.1.3 Extrants solides.....	135
3.2.1.4 Énergie.....	135
3.2.1.5 Bruit	135
3.2.1.6 Rejet accidentel.....	135
3.2.2 Trier/cribler, calibrer, décortiquer, équeuter/égrapper et parer (A.2).....	135
3.2.2.1 Eau	135
3.2.2.2 Émissions dans l'air	135
3.2.2.3 Extrants solides	135
3.2.2.4 Énergie.....	135
3.2.3 Peler (A.3).....	136
3.2.3.1 Eau	136
3.2.3.2 Émissions dans l'air.....	136
3.2.3.3 Extrants solides.....	136
3.2.3.4 Énergie.....	136
3.2.3.5 Bruit	136
3.2.4 Laver (A.4) et décongeler (A.5).....	136
3.2.4.1 Eau	136
3.2.4.2 Extrants solides.....	137
3.2.4.3 Énergie.....	137
3.2.5 Découper, trancher, hacher, émincer, dépulper et presser (B.1).....	137
3.2.5.1 Eau	137
3.2.5.2 Extrants solides.....	137
3.2.5.3 Énergie.....	137
3.2.5.4 Bruit	137
3.2.6 Mixtion / mélange, homogénéisation et conchage (B.2).....	137
3.2.6.1 Eau	137
3.2.6.2 Émissions dans l'air.....	138
3.2.6.3 Extrants solides.....	138
3.2.6.4 Énergie.....	138
3.2.6.5 Bruit	138
3.2.7 Broyer / moudre et écraser (B.3).....	138
3.2.7.1 Eau	138
3.2.7.2 Émissions dans l'air.....	138
3.2.7.3 Extrants solides.....	138
3.2.7.4 Énergie.....	138
3.2.7.5 Bruit	138
3.2.8 Former / mouler et extruder (B.4).....	139
3.2.8.1 Eau	139
3.2.8.2 Émissions dans l'air.....	139
3.2.8.3 Extrants solides.....	139
3.2.8.4 Énergie.....	139
3.2.9 Extraction (C.1).....	139
3.2.9.1 Eau	139
3.2.9.2 Émissions dans l'air.....	139
3.2.9.3 Extrants solides.....	139
3.2.9.4 Énergie.....	140
3.2.9.5 Bruit	140
3.2.10 Désionisation (C.2).....	140
3.2.10.1 Eau	140

3.2.10.2 Extrants solides.....	140
3.2.11 Affinage (C.3).....	140
3.2.11.1 Eau 140	
3.2.11.2 Extrants solides.....	140
3.2.12 Centrifugation et décantation (C.4).....	140
3.2.12.1 Eau 140	
3.2.12.2 Extrants solides.....	141
3.2.12.3 Énergie.....	141
3.2.12.4 Bruit 141	
3.2.13 Filtrage (C.5).....	141
3.2.13.1 Eau 141	
3.2.13.2 Émissions dans l'air	141
3.2.13.3 Extrants solides.....	141
3.2.13.4 Énergie.....	141
3.2.14 Séparation membranaire (C.6).....	141
3.2.14.1 Eau 141	
3.2.14.2 Énergie.....	141
3.2.15 Cristallisation (C.7).....	142
3.2.15.1 Eau 142	
3.2.15.2 Extrants solides.....	142
3.2.15.3 Énergie.....	142
3.2.16 Enlèvement des acides gras libres (AGL) par neutralisation (C.8).....	142
3.2.16.1 Eau 142	
3.2.16.2 Émissions dans l'air.....	142
3.2.16.3 Extrants solides.....	142
3.2.16.4 Énergie.....	142
3.2.17 Blanchiment (C.9).....	142
3.2.17.1 Émissions d'air.....	142
3.2.17.2 Extrants solides.....	143
3.2.17.3 Énergie.....	143
3.2.18 Désodorisation par fractionnement à la vapeur (C.10).....	143
3.2.18.1 Eau 143	
3.2.18.2 Émissions dans l'air.....	143
3.2.18.3 Extrants solides.....	143
3.2.18.4 Énergie.....	143
3.2.18.5 Bruit 143	
3.2.19 Décoloration (C.11).....	143
3.2.19.1 Eau 143	
3.2.19.2 Extrants solides.....	144
3.2.19.3 Énergie.....	144
3.2.20 Distillation (C.12).....	144
3.2.20.1 Eau 144	
3.2.20.2 Émissions dans l'air	144
3.2.20.3 Extrants solides.....	144
3.2.20.4 Énergie.....	144
3.2.20.5 Bruit 144	
3.2.21 Trempage (D.1).....	144
3.2.21.1 Eau 144	
3.2.21.2 Extrants solides	145
3.2.22 Dissolution (D.2).....	145
3.2.22.1 Eau 145	
3.2.22.2 Émissions dans l'air.....	145
3.2.22.3 Énergie.....	145
3.2.23 Solubilisation / alcalisation (D.3).....	145
3.2.23.1 Eau 145	
3.2.23.2 Émissions dans l'air.....	145
3.2.23.3 Énergie.....	145
3.2.24 Fermentation (D.4).....	146
3.2.24.1 Eau 146	
3.2.24.2 Émissions dans l'air.....	146
3.2.24.3 Extrants solides.....	146
3.2.24.4 Énergie.....	146
3.2.25 Coagulation (D.5)	146

3.2.25.1 Eau	146
3.2.25.2 Énergie.....	146
3.2.26 Germination (D.6)	146
3.2.26.1 Eau	146
3.2.26.2 Émissions dans l'air	146
3.2.26.3 Énergie.....	146
3.2.27 Saumurage / salaison et macération (D.7).....	147
3.2.27.1 Eau	147
3.2.28 Fumage (D.8).....	147
3.2.28.1 Eau	147
3.2.28.2 Émissions dans l'air	147
3.2.28.3 Extrants solides.....	147
3.2.28.4 Énergie.....	147
3.2.29 Durcissement (D.9).....	147
3.2.29.1 Eau	147
3.2.29.2 Émissions dans l'air.....	147
3.2.29.3 Extrants solides.....	148
3.2.29.4 Énergie.....	148
3.2.29.5 Bruit	148
3.2.30 Sulfitage (D.10).....	148
3.2.30.1 Émissions dans l'air	148
3.2.31 Carbonatation (D.11).....	148
3.2.31.1 Émissions dans l'air	148
3.2.31.2 Extrants solides.....	148
3.2.31.3 Bruit	148
3.2.32 Carbonation (D.12).....	148
3.2.32.1 Émissions dans l'air	148
3.2.32.2 Énergie.....	149
3.2.33 Enduction / pulvérisation / enrobage / agglomération / encapsulation (D.13).....	149
3.2.33.1 Eau	149
3.2.33.2 Émissions dans l'air.....	149
3.2.33.3 Extrants solides.....	149
3.2.34 Vieillissement (D.14).....	149
3.2.34.1 Eau	149
3.2.34.2 Émissions dans l'air.....	149
3.2.34.3 Extrants solides.....	149
3.2.35 Fusion (E.1).....	149
3.2.35.1 Eau	149
3.2.35.2 Émissions dans l'air.....	149
3.2.35.3 Extrants solides.....	149
3.2.35.4 Énergie.....	149
3.2.36 Blanchiment (E.2).....	150
3.2.36.1 Eau	150
3.2.36.2 Émissions dans l'air.....	150
3.2.36.3 Extrants solides.....	150
3.2.36.4 Énergie.....	150
3.2.37 Cuisson et ébullition (E.3).....	150
3.2.37.1 Eau	150
3.2.37.2 Émissions dans l'air.....	150
3.2.37.3 Extrants solides.....	150
3.2.37.4 Énergie.....	150
3.2.38 Cuisson au four (E.4).....	150
3.2.38.1 Eau	150
3.2.38.2 Émissions dans l'air	151
3.2.38.3 Extrants solides.....	151
3.2.38.4 Énergie.....	151
3.2.39 Torréfaction (E.5).....	151
3.2.39.1 Eau	151
3.2.39.2 Émission	151
3.2.39.3 Extrants solides.....	151
3.2.39.4 Énergie.....	152
3.2.40 Friture (E.6).....	152
3.2.40.1 Eau	152

3.2.40.2 Émissions dans l'air.....	152
3.2.40.3 Extrants solides.....	152
3.2.40.4 Énergie.....	152
3.2.41 Tempérage (E.7).....	152
3.2.41.1 Eau 152	
3.2.41.2 Énergie.....	152
3.2.42 Pasteurisation, stérilisation et UHT (E.8).....	152
3.2.42.1 Eau 152	
3.2.42.2 Énergie.....	153
3.2.43 Évaporation (liquide vers liquide) (F.1).....	153
3.2.43.1 Eau 153	
3.2.43.2 Émissions dans l'air.....	153
3.2.43.3 Énergie.....	153
3.2.43.4 Bruit 153	
3.2.44 Séchage (liquide vers solide) (F.2).....	153
3.2.44.1 Eau 153	
3.2.44.2 Émissions dans l'air	154
3.2.44.3 Extrants solides.....	154
3.2.44.4 Énergie.....	154
3.2.44.5 Bruit 154	
3.2.45 Déshydratation (solide vers solide) (F.3).....	154
3.2.45.1 Eau 154	
3.2.45.2 Émissions d'air.....	154
3.2.45.3 Extrants solides.....	154
3.2.45.4 Énergie	155
3.2.45.5 Bruit 155	
3.2.46 Refroidissement, application d'un froid vif et stabilisation par le froid (G.1)	155
3.2.46.1 Eau 155	
3.2.46.2 Émissions dans l'air.....	155
3.2.46.3 Énergie.....	155
3.2.46.4 Bruit 155	
3.2.47 Congélation (G.2).....	155
3.2.47.1 Eau 155	
3.2.47.2 Émissions dans l'air.....	155
3.2.47.3 Énergie.....	156
3.2.47.4 Bruit 156	
3.2.48 Congélation – séchage / lyophilisation (G.3).....	156
3.2.48.1 Eau 156	
3.2.48.2 Énergie.....	156
3.2.49 Mise sous emballage et remplissage (H.1).....	157
3.2.49.1 Eau 157	
3.2.49.2 Émissions dans l'air	157
3.2.49.3 Extrants solides.....	157
3.2.49.4 Énergie.....	157
3.2.49.5 Bruit 157	
3.2.50 Rinçage au gaz et stockage sous atmosphère (H.2).....	157
3.2.50.1 Émissions dans l'air.....	157
3.2.51 Nettoyage et désinfection (U.1)	157
3.2.51.1 Eau 157	
3.2.51.2 Extrants solides.....	158
3.2.51.3 Énergie.....	158
3.2.52 Génération et consommation d'énergie (U.2).....	158
3.2.52.1 Eau 158	
3.2.52.2 Émissions d'air.....	158
3.2.52.3 Extrants solides.....	159
3.2.52.4 Bruit 159	
3.2.53 Utilisation d'eau (U.3).....	159
3.2.53.1 Eau 159	
3.2.53.2 Extrants solides.....	159
3.2.54 Génération de vide (U.4).....	159
3.2.54.1 Eau 159	
3.2.54.2 Émissions dans l'air.....	160
3.2.54.3 Énergie.....	160

3.2.54.4 Bruit	160
3.2.55 Réfrigération (U.5)	160
3.2.55.1 Eau	160
3.2.55.2 Émissions dans l'air	160
3.2.55.3 Énergie	160
3.2.55.4 Bruit	160
3.2.56 Génération d'air comprimé (U.6)	160
3.2.56.1 Émissions d'air	160
3.2.56.2 Énergie	161
3.2.56.3 Bruit	161
3.3 Niveaux de consommation et d'émission dans certains secteurs FDM individuels	161
3.3.1 Viande et volaille	164
3.3.1.1 Informations générales	164
3.3.1.1.1 Eau	164
3.3.1.1.2 Émissions dans l'air	164
3.3.1.1.3 Extrants solides	164
3.3.1.1.4 Énergie	164
3.3.1.2 Production de viande et de volaille	164
3.3.1.2.1 Informations générales	164
3.3.1.2.2 Production de salami et de saucisses	166
3.3.1.3 Conservation de la viande et de la volaille	168
3.3.1.3.1 Congélation	168
3.3.1.3.2 Salaison	168
3.3.1.3.3 Fumage	169
3.3.1.3.4 Séchage	169
3.3.1.3.5 Mise en conserve	169
3.3.2 Poissons et fruits de mer	170
3.3.2.1 Consommation d'eau	170
3.3.2.2 Eaux usées	171
3.3.2.3 Extrants solides	172
3.3.2.4 Énergie	176
3.3.3 Fruits et légumes	176
3.3.3.1 Consommation d'eau	176
3.3.3.2 Eaux usées	179
3.3.3.3 Extrants solides	183
3.3.3.4 Énergie	187
3.3.3.5 Données afférentes à certaines fruits et légumes	187
3.3.3.5.1 Emballage fraîcheur	187
3.3.3.5.2 Fruits et légumes en conserve	188
3.3.3.5.3 Légumes congelés	189
3.3.3.5.4 Jus	193
3.3.3.5.5 Autres produits	193
3.3.4 Huiles et graisses végétales	193
3.3.4.1 Consommation d'eau	193
3.3.4.1.1 Huile d'olive	194
3.3.4.2 Eaux usées	194
3.3.4.2.1 Huile d'olive	195
3.3.4.3 Émissions dans l'air	196
3.3.4.4 Extrants solides	197
3.3.4.4.1 Graines oléagineuses	199
3.3.4.4.2 Huile d'olive	199
3.3.4.5 Énergie	199
3.3.4.6 Produits chimiques utilisés	201
3.3.5 Produits laitiers	201
3.3.5.1 Eau	201
3.3.5.1.1 Consommation d'eau	201
3.3.5.1.2 Eaux usées	203
3.3.5.2 Émissions dans l'air	206
3.3.5.3 Extrants solides	206
3.3.5.4 Énergie	210
3.3.5.5 Consommation de produits chimiques	211
3.3.5.6 Bruit	212
3.3.6 Pâtes sèches	212

3.3.6.1 Eau	212
3.3.6.2 Émissions dans l'air	212
3.3.6.3 Énergie	212
3.3.7 Amidon	213
3.3.7.1 Consommation d'eau	213
3.3.7.2 Eaux usées	213
3.3.7.3 Émissions dans l'air	213
3.3.7.4 Extrants solides	213
3.3.7.5 Énergie	214
3.3.8 Sucre	214
3.3.8.1 Betterave sucrière	214
3.3.8.1.1 Consommation d'eau	214
3.3.8.1.2 Eaux usées	215
3.3.8.1.3 Extrants solides	215
3.3.8.1.4 Énergie	217
3.3.8.2 Raffinage de la canne à sucre	218
3.3.9 Café	218
3.3.10 Boissons	218
3.3.10.1 Consommation d'eau	218
3.3.10.2 Eaux usées	218
3.3.10.2.1 Vin	219
3.3.10.2.2 Cidre et poiré	219
3.3.11 Brasserie	220
3.3.11.1 Consommation d'eau	221
3.3.11.2 Eaux usées	221
3.3.11.3 Émissions dans l'air	223
3.3.11.4 Extrants solides	223
3.3.11.5 Énergie	224
3.3.11.6 Bruit	226
3.3.11.7 Extrants solides	226
3.3.12 Acide citrique	226
3.3.12.1 Consommation d'eau	226
3.3.12.2 Eaux usées	226
3.3.12.3 Extrants solides	226

4 TECHNIQUES À PRENDRE EN COMPTE LORS DE L'ÉLABORATION DES MTD..... 227

4.1 Techniques générales destinées au secteur FDM	229
4.1.1 Outils de gestion de l'environnement	229
4.1.2 Optimisation de l'exploitation par des programmes de formation	236
4.1.3 Conception des équipements	237
4.1.3.1 Concevoir les équipements en vue de réduire au maximum la consommation et les taux d'émissions	237
4.1.3.2 Sélection de ventilateurs performants et silencieux	238
4.1.3.3 Sélection de ventilateurs comportant un petit nombre de pâles	239
4.1.3.4 Conception d'un système de conduites qui limite au maximum les émissions sonores	240
4.1.3.5 Isolation acoustique des équipements	241
4.1.3.6 Positionnement des équipements pour véhiculer les bruits à l'opposé des riverains	242
4.1.4 étude de l'installation	242
4.1.4.1 Isolation acoustique des bâtiments	243
4.1.4.2 Protection des bâtiments contre les sites générant des émissions sonores	244
4.1.4.3 Installation d'un générateur de turbulences en spirales dans une cheminée pour limiter les émissions sonores	245
4.1.5 Maintenance	245
4.1.6 Méthodologie de prévention et de réduction de la consommation d'eau, d'énergie, et la production de déchets	247
4.1.6.1 étape 1 : obtenir l'implication de la Direction, organisation et planification	250
4.1.6.2 étape 2 : analyse des procédé de production	251
4.1.6.2.1 Analyse des procédé de production destinée à la prévention et limitation de la consommation d'eau	252
4.1.6.2.2 Analyse des procédé de production destinée à prévenir et limiter la consommation énergétique	254
4.1.6.2.3 Analyse des procédés de production destinée à prévenir et limiter la production de déchets	255

4.1.6.3	étape 3 : Analyse des objectifs.....	257
4.1.6.4	étape 4 : Définition des options de prévention et de réduction.....	257
4.1.6.4.1	Technologie Pinch	258
4.1.6.5	étape 5 : Réalisation d'une évaluation et d'une étude de faisabilité.....	259
4.1.6.6	étape 6 : Mise en oeuvre du programme de prévention et de réduction.....	260
4.1.6.7	étape 7: Surveillance permanente par des mesures et des inspections visuelles.....	261
4.1.7	Techniques de gestion de la production.....	262
4.1.7.1	Adoption d'un planning de production destiné à réduire à un minimum la production de déchets et la fréquence des nettoyages.....	262
4.1.7.2	Réception des matières en vrac.....	263
4.1.7.3	Réduction des durées de stockage des matières périssables.....	264
4.1.7.4	Transport à sec de matières solides.....	265
4.1.7.5	Création d'une équipe de gestion des déchets.....	266
4.1.7.6	Séparation des extrants afin d'optimiser l'utilisation, la réutilisation, la récupération, le recyclage et la décharge (et réduire à un minimum la consommation d'eau et la contamination des eaux usées).....	268
4.1.7.7	Utilisation de produits dérivés, de coproduits et de résidus dans l'alimentation animale.....	270
4.1.7.8	Séparation des flux d'eau pour optimiser leur réutilisation et leur traitement.....	272
4.1.7.9	Réduction à un minimum des temps de chauffage et de refroidissement.....	273
4.1.7.10	Optimisation des procédures de démarrage et d'arrêt, et de diverses situations d'exploitation spéciales.....	274
4.1.7.11	Entretien adéquat.....	274
4.1.7.12	Gestion des mouvements de véhicule sur le site.....	275
4.1.8	Techniques de maîtrise des procédé.....	277
4.1.8.1	Contrôle de la température en effectuant des mesures et corrections adaptées.....	277
4.1.8.2	Contrôle du flux ou du niveau en effectuant des mesures de pression adaptées.....	278
4.1.8.3	Mesure des niveaux.....	279
4.1.8.4	Mesure et contrôle des flux.....	280
4.1.8.5	Mesure analytique.....	282
4.1.8.5.1	Mesure du pH.....	282
4.1.8.5.2	Mesure de la conductivité.....	283
4.1.8.5.3	Mesure de la turbidité.....	286
4.1.8.6	Utilisation d'automatismes pour l'ouverture et la fermeture de l'eau.....	288
4.1.8.7	Utilisation d'appareils de commande.....	288
4.1.8.8	Utilisation de buses à eau.....	289
4.1.9	Sélection des matériaux.....	291
4.1.9.1	Sélection des matières premières FDM qui réduisent à un minimum les déchets solides et les émissions nuisibles à l'atmosphère et l'eau.....	291
4.1.9.2	Sélection des matières secondaires.....	292
4.1.9.3	éviter d'utiliser des substances qui attaquent l'ozone, comme les réfrigérants halogénés.....	292
4.2	Techniques applicables à plusieurs secteurs FDM (reprend la structure des chapitres 2 et 3).....	293
4.2.1	Réception, manutention et stockage des matières.....	293
4.2.1.1	Couper le moteur et l'unité frigorifique d'un véhicule garé ou pendant le chargement / déchargement de la marchandise.....	293
4.2.2	Décongélation.....	293
4.2.2.1	Décongélation par recirculation et brassage d'air.....	293
4.2.2.2	Décongélation dans des conteneurs d'eau chaude avec des bulles d'air au fond.....	294
4.2.2.3	Décongélation par aspersion.....	294
4.2.2.4	Décongélation par de l'air chauffé saturé d'eau.....	295
4.2.2.5	Décongélation à l'air.....	295
4.2.3	Centrifugation / séparation.....	296
4.2.3.1	Réduction maximale des déchets provenant des séparateurs centrifuges.....	296
4.2.4	Fermentation.....	296
4.2.4.1	Récupération et purification du dioxyde de carbone.....	296
4.2.5	Fumage.....	298
4.2.5.1	Fumées de feux de bois vifs.....	298
4.2.5.2	Fumées de feux à combustion lente.....	299
4.2.5.3	Fumées liquides.....	300
4.2.5.4	Fumées obtenues par friction.....	300
4.2.5.5	Fumées provenant de vapeur surchauffée.....	301
4.2.6	Cuisson.....	301
4.2.6.1	Four à bain d'eau – eau de cuisson.....	301
4.2.6.2	Four à bain d'eau – avec de l'eau à la place de la saumure	302

4.2.6.3 Four à aspersion.....	302
4.2.6.4 Four à vapeur.....	302
4.2.6.5 Four à air chaud.....	303
4.2.6.6 Four à micro-ondes.....	303
4.2.7 Frire 303	
4.2.7.1 Recirculation et incinération des gaz de combustion.....	303
4.2.8 Conservation en boîtes, bouteilles ou bocaux.....	304
4.2.8.1 éviter de cuire les aliments avant de les mettre en boîtes, en bouteilles ou en bocaux s'ils peuvent cuire pendant la stérilisation.....	305
4.2.8.2 Remplissage automatisé avec recyclage des aliments renversés.....	305
4.2.8.3 Récupération de l'huile flottant pendant le lavage des boîtes, bouteilles et bocaux pleins.....	305
4.2.8.4 Stérilisation par charges successives après le remplissage des boîtes, bouteilles ou bocaux.....	306
4.2.8.5 Stérilisation en continu après le remplissage des boîtes, des bouteilles et des bocaux.....	306
4.2.9 évaporation.....	307
4.2.9.1 évaporation à multiple effet.....	309
4.2.9.2 Compression / recompression des vapeurs.....	310
4.2.9.2.1 Recompression mécanique des vapeurs (CMV).....	311
4.2.9.2.2 Thermocompression (TC).....	313
4.2.10 Refroidissement.....	314
4.2.10.1 Utilisation d'un échangeur de chaleur à plaques destiné au prérefroidissement à l'ammoniaque de l'eau glacée.....	314
4.2.10.2 Utilisation d'eau froide d'une rivière ou d'un lac pour prérefroidir l'eau glacée.....	315
4.2.10.3 Refroidissement en circuit fermé.....	315
4.2.11 Congélation.....	317
4.2.11.1 Rendement énergétique de la congélation.....	317
4.2.11.2 Réduction de la pression de condensation.....	317
4.2.11.3 Réduction de la température de condensation.....	317
4.2.11.4 Hausse de la température d'évaporation.....	318
4.2.11.5 Utilisation de moteurs hautes performances pour entraîner les ventilateurs.....	319
4.2.11.6 Réduction de la puissance des ventilateurs pendant les arrêts de production courts.....	320
4.2.11.7 Exploitation sans dégivrage automatique pendant les arrêts de production courts.....	320
4.2.12 Conditionnement et remplissage.....	321
4.2.12.1 Sélection des matériaux d'emballage.....	321
4.2.12.2 Conception d'emballage optimisée - pour réduire les volumes d'emballage.....	322
4.2.12.3 Tri des matériaux d'emballage pour optimiser l'utilisation, la réutilisation, la récupération, le recyclage et la mise en décharge.....	323
4.2.12.4 Rendement de la ligne de conditionnement optimisé.....	324
4.2.12.5 Réduction des déchets en optimisant la cadence de la ligne de conditionnement.....	325
4.2.12.6 Utilisation de peseuses de contrôle en ligne pour éviter de faire déborder les emballages.....	326
4.2.13 Génération et consommation d'énergie.....	326
4.2.13.1 Cogénération de chaleur et d'électricité (CHP) – Vue d'ensemble de la situation européenne.....	326
4.2.13.1.1 Cogénération de chaleur et d'électricité (CHP).....	327
4.2.13.2 Rendement d'un générateur thermique.....	330
4.2.13.2.1 Amélioration du rendement d'un générateur thermique.....	331
4.2.13.3 Isolation de la tuyauterie, des cuves et des équipements.....	332
4.2.13.4 Pompes à chaleur destinées à la récupération thermique.....	332
4.2.13.5 Récupération de la chaleur émise par les dispositifs de refroidissement.....	333
4.2.13.6 éteindre les appareils qui ne sont pas utilisés.....	334
4.2.13.7 Réduction de la charge des moteurs.....	334
4.2.13.8 Réduction du gaspillage lié aux moteurs.....	335
4.2.13.9 Convertisseurs de fréquences de signaux installés sur les moteurs.....	335
4.2.13.10 Utilisation d'entraînements à vitesse variable pour réduire la charge des ventilateurs et des pompes.....	337
4.2.14 Utilisation de l'eau.....	337
4.2.14.1 Ne pomper que l'eau nécessaire.....	337
4.2.15 Réfrigération et climatisation.....	338
4.2.15.1 Optimisation de la climatisation et des températures des chambres froides.....	338
4.2.15.2 Réduction des pertes de transmission et de ventilation provenant des pièces climatisées, des chambres froides et des tunnels de congélation.....	338
4.2.15.3 Dégivrage périodique du système entier.....	339

4.2.15.4 Optimisation du cycle de dégivrage.....	339
4.2.15.5 Dégivrage automatique des évaporateurs de refroidissement dans les chambres froides	340
4.2.15.6 Utilisation de glace binaire comme liquide de refroidissement (réfrigérant secondaire)	340
4.2.16 Génération et utilisation d'air comprimé.....	343
4.2.16.1 Optimisation des réglages de pression.....	343
4.2.16.2 Optimisation de la température de l'air aspiré.....	343
4.2.16.3 Montage de silencieux sur les entrées et sorties d'air.....	344
4.2.17 Systèmes de vapeur.....	344
4.2.17.1 Augmenter le condensat retour.....	344
4.2.17.2 éviter les déperditions de vapeur de détente provenant du condensat retour.....	345
4.2.17.3 Isolation des conduites inutilisées / rarement utilisées.....	345
4.2.17.4 Réduction de la purge d'une chaudière.....	346
4.3 Nettoyage.....	347
4.3.1 Nettoyage à sec des équipements et des installations.....	347
4.3.1.1 Mise en place et utilisation de collecteurs de déchets sur les bouches d'évacuation de sol	348
4.3.2 Prétrempier les sols et ouvrir les appareils pour décoller les salissures avant de les nettoyer..	349
4.3.3 écouvillonnage.....	349
4.3.4 élimination à l'air comprimé des matières résiduelles dans les conduites avant le nettoyage ou le changement de produits.....	351
4.3.5 Gestion de l'eau, de l'énergie et des détergents.....	352
4.3.6 Installation de flexibles de nettoyage munis de gachette manuelle.....	353
4.3.7 Nettoyage sous pression.....	354
4.3.7.1 Alimentation d'eau par pression commandée par des buses.....	354
4.3.7.2 Nettoyage haute pression avec une canalisation circulaire centralisée.....	354
4.3.7.3 Nettoyage basse pression à la mousse.....	355
4.3.7.4 Nettoyage à l'aide de gel.....	356
4.3.8 Sélection des agents nettoyants.....	357
4.3.8.1 Sélection des désinfectants et des stérilisants.....	357
4.3.8.2 Utilisation d'agents chélateurs.....	358
4.3.8.2.1 Utilisation de l'EDTA.....	358
4.3.8.2.2 Risques connus associés à l'utilisation de l'EDTA.....	359
4.3.8.2.3 Se passer de l'EDTA.....	360
4.3.8.2.4 Réduction de l'utilisation d'EDTA en minimisant l'apparition de pierres de lait par la production planifiée.....	360
4.3.8.2.5 Exemple de stratégie visant à réduire au maximum l'utilisation d'EDTA.....	361
4.3.9 CIP (cleaning-in-place : nettoyage sur place) et son utilisation optimale.....	362
4.3.10 Nettoyage fréquent et rapide des équipements de transformation et des zones de stockage des matières.....	365
4.3.11 Nettoyage des camions à l'aide de distributeurs d'eau à compteur et / ou de pulvérisateurs haute pression faible volume (HPLV).....	366
4.4 Techniques de réduction au maximum des émissions atmosphériques.....	366
4.4.1 Stratégie de maîtrise des émissions atmosphériques.....	366
4.4.1.1 Phase 1 : Définition du problème.....	367
4.4.1.1.1 Exemple d'odeurs.....	368
4.4.1.2 Phase 2 : Inventaire des émissions du site.....	368
4.4.1.2.1 Exemple d'odeur.....	368
4.4.1.3 étape 3 : Mesure des principales émissions.....	370
4.4.1.3.1 Exemple d'odeur.....	370
4.4.1.4 étape 4 : Sélection des méthodes de contrôle des émissions atmosphériques.....	371
4.4.2 Techniques intégrées au procédé.....	371
4.4.3 Traitement de l'air « end-of-pipe »	371
4.4.3.1 Utilisation optimale des équipements d'abattement des émissions atmosphériques.....	373
4.4.3.2 Collecte des émissions atmosphériques à la source – évacuation locale.....	374
4.4.3.3 Transport des émissions canalisées vers les équipements de traitement ou d'abattement.	375
4.4.3.4 Sélection de techniques de réduction des odeurs / COV « end-of-pipe »	376
4.4.3.5 Techniques de séparation dynamique.....	379
4.4.3.5.1 Séparateurs.....	379
4.4.3.5.2 Cyclones.....	380
4.4.3.5.3 Séparation humide.....	381
4.4.3.6 Précipitateurs électrostatiques.....	384
4.4.3.7 Filtres	385

4.4.3.7.1 Filtres tubulaires.....	386
4.4.3.7.2 Filtres à poche.....	389
4.4.3.7.3 Filtres à garnissage.....	391
4.4.3.8 Absorption.....	392
4.4.3.8.1 Absorbent à garnissage poreux.....	394
4.4.3.8.2 Absorbent à plaques.....	396
4.4.3.8.3 Dépoussiéreur à pulvérisation.....	398
4.4.3.9 Adsorption à carbone.....	399
4.4.3.10 Traitement biologique.....	402
4.4.3.10.1 Biofiltre.....	402
4.4.3.10.2 Biolaveur.....	406
4.4.3.11 Traitement thermique des effluents gazeux.....	407
4.4.3.11.1 Oxydation thermique des effluents gazeux.....	407
4.4.3.11.2 Oxydation des effluents gazeux dans une chaudière existante.....	414
4.4.3.11.3 Oxydation catalytique des effluents gazeux.....	415
4.4.3.12 Traitement au plasma non thermique.....	418
4.4.3.13 Dispersion physique des odeurs / émissions de COV.....	422
4.4.3.13.1 Prolongation de la cheminée de rejets.....	423
4.4.3.13.2 Augmentation du débit nominal de la cheminée.....	424
4.5 Traitement « end-of-pipe » des eaux usées.....	425
4.5.1 Rejet des eaux usées provenant des installations.....	426
4.5.1.1 Application des techniques de traitement des eaux usées.....	427
4.5.2 Traitements primaires.....	431
4.5.2.1 Criblage (T1).....	431
4.5.2.2 Piège à graisses destiné à capter les FOG et les hydrocarbures légers (T2).....	432
4.5.2.3 égalisation flux – charge (T3).....	433
4.5.2.4 Neutralisation (T4) et auto-neutralisation.....	434
4.5.2.5 Décantation (T5).....	435
4.5.2.6 Flottation par air dissous (DAF) (T6).....	436
4.5.2.7 Bassin de détournement (d'urgence) (T7).....	438
4.5.2.8 Centrifugation (T8).....	438
4.5.2.9 Précipitation (T9).....	439
4.5.3 Traitements secondaires.....	440
4.5.3.1 Procédés aérobies.....	441
4.5.3.1.1 Boues activées (T10).....	442
4.5.3.1.2 Systèmes à l'oxygène pure (T11).....	444
4.5.3.1.3 Réacteur biologique séquentiel (RBS) (T12).....	444
4.5.3.1.4 Lagunes aérobie (T13).....	445
4.5.3.1.5 Filtres percolateurs (T14).....	446
4.5.3.1.6 Biotours (T15).....	447
4.5.3.1.7 Contacteurs biologiques rotatifs (CBR) (T16).....	448
4.5.3.1.8 Bioréacteurs noyés aérés (BAFF) et bioréacteurs submergés aérés (SBAF) (T17).....	448
4.5.3.1.9 Filtres aérobie haut rendement et ultra-haut rendement (T18).....	449
4.5.3.2 Procédés anaérobies.....	450
4.5.3.2.1 Lagunes anaérobies (T19).....	452
4.5.3.2.2 Procédés de contact anaérobies (T20).....	452
4.5.3.2.3 Filtres anaérobies (T21).....	452
4.5.3.2.4 Lit de boue ascendante anaérobies (UASB) (T22).....	453
4.5.3.2.5 Réacteurs à circulation interne (IC) (T23).....	454
4.5.3.2.6 Réacteurs USAB hybrides (T24).....	454
4.5.3.2.7 Réacteur à lit fluidifié et expansé (T25).....	454
4.5.3.2.8 Réacteurs à lit expansé de boues granulaires (EGSB) (T26).....	455
4.5.3.3 Procédés aérobie / anaérobies combinés.....	456
4.5.3.3.1 Bioréacteurs à membrane (BRM) (T27).....	456
4.5.3.3.2 Systèmes multi-stade (T28).....	457
4.5.4 Traitements tertiaires.....	458
4.5.4.1 Nitrification / dénitrification biologique (T29).....	458
4.5.4.2 Extraction de l'ammoniaque (T30).....	459
4.5.4.3 élimination du phosphore par des méthodes biologiques (T31).....	461
4.5.4.4 élimination des substances dangereuses et à risques prioritaires (T32).....	462
4.5.4.5 Filtration (T33).....	463
4.5.4.6 Filtration membranaire (T34).....	463
4.5.4.7 Filtres nitrificateurs biologiques (T35).....	465

4.5.4.8 Désinfection et stérilisation (T36).....	465
4.5.4.8.1 Biocides.....	465
4.5.4.8.2 Rayons ultraviolets	466
4.5.5 Traitements naturels.....	467
4.5.5.1 Zones humides artificielles intégrés (ICW) (T37).....	467
4.5.6 Traitement des boues.....	469
4.5.6.1 Techniques de traitement des boues contenues dans les eaux usées.....	469
4.5.6.1.1 Transformation des boues (T38).....	469
4.5.6.1.2 Stabilisation des boues (T39).....	470
4.5.6.1.3 épaissement des boues (T40).....	471
4.5.6.1.4 égouttage des boues (T41).....	472
4.5.6.1.5 Séchage des boues (T42).....	473
4.5.7 Traitement des eaux usées dans les divers secteurs.....	473
4.5.7.1 Viande et volaille.....	473
4.5.7.1.1 Traitement des eaux usées.....	473
4.5.7.2 Poisson et fruits de mer.....	474
4.5.7.2.1 Caractéristiques des eaux usées.....	474
4.5.7.2.2 Traitement des eaux usées.....	475
4.5.7.3 Fruits et légumes.....	475
4.5.7.3.1 Caractéristiques des eaux usées	475
4.5.7.3.2 Traitement des eaux usées.....	476
4.5.7.3.3 Récupération de l'eau dans une entreprise de transformation des légumes -études de cas.....	478
4.5.7.3.4 Réutilisation des eaux de lavage des légumes après traitement - étude de cas.....	480
4.5.7.3.5 Réutilisation de l'eau pendant la transformation de pois, après chloration.....	481
4.5.7.3.6 Transformation des pommes de terre.....	481
4.5.7.4 Huiles et graisses végétales.....	482
4.5.7.4.1 Traitement des eaux usées.....	482
4.5.7.4.2 Huile d'olive.....	482
4.5.7.4.3 Traitement des eaux usées multi-stades dans une raffinerie d'huiles végétales – étude de cas.....	483
4.5.7.5 Produits laitiers.....	486
4.5.7.5.1 Caractéristiques des eaux usées.....	486
4.5.7.5.2 Traitement des eaux usées.....	486
4.5.7.6 Amidon.....	487
4.5.7.6.1 Caractéristiques des eaux usées.....	487
4.5.7.6.2 Traitement des eaux usées.....	488
4.5.7.6.3 Réutilisation de l'eau de procédé dans la fabrication d'amidon de pommes de terre..	489
4.5.7.7 Sucre 491	
4.5.7.7.1 Traitement des eaux usées.....	491
4.5.7.8 Boissons.....	494
4.5.7.8.1 Caractéristiques des eaux usées.....	494
4.5.7.8.2 Traitement des eaux usées.....	494
4.5.7.8.3 Brasseries.....	496
4.5.7.8.4 Recyclage de l'eau dans une brasserie.....	496
4.5.7.8.5 Distillation.....	498
4.5.7.8.6 Vin 499	
4.5.7.9 Acide citrique.....	500
4.6 Prévention des accidents.....	501
4.6.1 Identification des incidents potentiels.....	501
4.6.2 Analyse des risques.....	504
4.6.3 Identification des incidents potentiels devant être maîtrisés.....	505
4.6.4 Identification et mise en application des mesures de contrôle nécessaires.....	505
4.6.5 Conception, mise en oeuvre et test d'un plan d'urgence.....	507
4.6.6 Mener une enquête sur tous les incidents et incidents évités de justesse.....	508
4.7 Techniques applicables individuellement à différents secteurs.....	509
4.7.1 Viande et volaille.....	509
4.7.1.1 Séparation des extraits, pour optimiser l'utilisation, la réutilisation, la récupération, le recyclage et la mise en décharge (et réduire à un minimum la consommation d'eau et la contamination des eaux usées).....	509
4.7.1.2 Séchage à sec.....	509
4.7.1.3 Réduction de la production et de la consommation de la glace en paillette.....	510
4.7.2 Poisson et fruits de mer.....	510

4.7.2.1 Séparation des extrants, pour optimiser l'utilisation, la réutilisation, la récupération, le recyclage et la mise en décharge (et réduire à un minimum la consommation d'eau et la contamination des eaux usées).....	510
4.7.2.2 Nettoyage sec.....	510
4.7.2.3 Utilisation uniquement de poisson de qualité.....	511
4.7.2.4 Transport par aspiration des peaux et des graisses à partir du tambour de pelage.....	511
4.7.2.5 élimination et transport des graisses et des viscères par aspiration.....	512
4.7.2.6 Transport sec des graisses, des viscères, de la peau et des filets, avec des convoyeurs à grille.....	512
4.7.2.7 Ne pas exécuter l'opération d'écaillage si le poisson est pelé.....	514
4.7.2.8 Utilisation des eaux usées d'écaillage filtrées et recirculées dans le rinçage préliminaire du poisson.....	514
4.7.2.9 études de cas.....	515
4.7.2.9.1 Transformation du hareng au Danemark.....	515
4.7.2.9.2 Transformation du poisson au Royaume-Uni.....	516
4.7.3 Fruits et légumes.....	517
4.7.3.1 Séparation des extrants, pour optimiser l'utilisation, la réutilisation, la récupération, le recyclage et la mise en décharge (et réduire à un minimum la consommation d'eau et la contamination des eaux usées).....	517
4.7.3.2 Nettoyage sec.....	517
4.7.3.3 Stockage extérieur protégé des fruits et légumes.....	517
4.7.3.4 Pelage des fruits et légumes.....	518
4.7.3.4.1 Pelage à la vapeur – procédé en continu.....	518
4.7.3.4.2 Pelage à la vapeur – procédé par charges successives.....	520
4.7.3.4.3 Pelage par frottement mécanique.....	521
4.7.3.4.4 Pelage au couteau.....	522
4.7.3.4.5 Pelage par solution de soude caustique.....	523
4.7.3.4.6 Pelage caustique à sec.....	525
4.7.3.4.7 Pelage à la flamme.....	526
4.7.3.5 Blanchiment des fruits et légumes.....	526
4.7.3.5.1 Blanchiment à la vapeur avec refroidissement à l'air.....	527
4.7.3.5.2 Blanchiment sur tapis avec refroidissement à l'eau.....	528
4.7.3.5.3 Blanchiment sur tapis avec refroidissement à l'air.....	529
4.7.3.5.4 Blanchiment à tambour avec refroidissement à l'eau à contre-courant.....	530
4.7.3.6 Refroidissement des fruits et légumes avant de les congeler.....	531
4.7.3.7 Réutilisation de l'eau dans la transformation des fruits et légumes.....	533
4.7.4 Huiles et graisses végétales.....	535
4.7.4.1 Extraction bi-phase de l'huile d'olive.....	535
4.7.4.2 Désolvant-toasteur à contre-courant (DT) utilisé dans l'extraction de l'huile végétale.....	538
4.7.4.3 Réutilisation des vapeurs du DT dans la distillation du miscella dans l'extraction de l'huile végétale.....	540
4.7.4.4 Réutilisation de la chaleur dans le durcissement des huiles végétales.....	541
4.7.4.5 Laveur à l'huile minérale pour récupérer l'hexane.....	542
4.7.4.6 Récupération de l'hexane à l'aide d'un rebouilleur et d'un séparateur par gravité.....	543
4.7.4.7 Raffinage des huiles végétales.....	544
4.7.4.7.1 Raffinage chimique.....	545
4.7.4.7.2 Raffinage physique.....	547
4.7.4.8 Remplacement de l'acide phosphorique par de l'acide citrique pour l'opération de dégomme.....	547
4.7.4.9 Dégomme enzymatique.....	549
4.7.4.10 Utilisation de cyclones pour réduire les émissions de poussière humide dans l'extraction de l'huile végétale.....	551
4.7.4.11 Pompes à vide à anneau d'eau créant un vide auxiliaire de 40 à 120 mbars.....	552
4.7.4.12 Désodorisation.....	552
4.7.4.12.1 Dépoussiéreur double associé à un système de refroidissement à passage unique dans la désodorisation de l'huile végétale.....	553
4.7.4.12.2 Dépoussiéreur unique associé à un système alcalin en circuit fermé dans la désodorisation de l'huile végétale.....	555
4.7.4.12.3 Dépoussiéreur unique associé à un dispositif de condensation à sec dans la désodorisation de l'huile végétale.....	557
4.7.5 Produits laitiers.....	559

4.7.5.1 Séparation des extraits, pour optimiser l'utilisation, la réutilisation, la récupération et la mise en décharge (et réduire à un minimum le besoin en eau et la contamination des eaux usées).....	559
4.7.5.2 Nettoyage par voie sèche.....	560
4.7.5.3 Homogénéisation partielle du lait de consommation.....	560
4.7.5.4 Utilisation des appareils de transfert du lait, de pasteurisation, d'homogénéisation et de lavage en place commandés par ordinateur.....	561
4.7.5.5 Utilisation de pasteurisateurs continus.....	562
4.7.5.6 échange thermique régénératif dans un procédé de pasteurisation.....	563
4.7.5.7 Nettoyage des centrifugeuses facilité en amélioration la filtration et la clarification préliminaire du lait.....	564
4.7.5.8 Séchage bi-stade dans la production de poudre de lait.....	564
4.7.5.9 Utilisation d'un système de conditionnement aseptique qui n'exige pas de chambre aseptique.....	566
4.7.5.10 Détection en ligne des points de transition entre la phase produit et la phase aqueuse... 568	568
4.7.5.11 Mise en place de cuves de stockage en ligne pour réduire au maximum la recirculation du produit dans les pasteurisateurs.....	569
4.7.5.12 Mélange juste-à-temps du « soutirage par composant »	569
4.7.5.13 Beurre.....	570
4.7.5.13.1 Réduction du gaspillage pendant la fabrication du beurre.....	570
4.7.5.14 Fromage.....	570
4.7.5.14.1 Utilisation de l'ultrafiltration (UF) pour le calibrage des protéines du lait fromager	570
4.7.5.14.2 Réduction des fines de matières grasses et de fromage dans le petit lait.....	572
4.7.5.14.3 Réduction au minimum du petit lait acide et de son rejet dans la SEEU.....	572
4.7.5.14.4 Récupération et utilisation du petit lait.....	572
4.7.5.14.5 Récupération du petit lait salé par évaporation.....	573
4.7.5.14.6 Récupération du petit lait en éliminant le sel par OI.....	573
4.7.5.14.7 Utilisation de la chaleur du petit lait chaud pour préchauffer le lait destiné à la fabrication du fromage.....	574
4.7.5.14.8 Affinage du fromage à hautes températures suivi par une humidification et ionisation de l'air de ventilation.....	575
4.7.5.15 Crème glacée.....	575
4.7.5.15.1 Récupération de chaleur de la pasteurisation dans la production de crème glacée..	575
4.7.5.16 Réutilisation et recyclage de l'eau pour nettoyer les laïteries.....	576
4.7.5.17 Réutilisation de l'eau de refroidissement chaude pour le nettoyage.....	578
4.7.5.18 Gestion environnementale intégrée au procédé dans une laiterie – étude de cas.....	579
4.7.6 Amidon.....	580
4.7.6.1 Utilisation / réutilisation de l'eau de contre-courant dans le lavage de l'amidon.....	580
4.7.7 Sucre 581	
4.7.7.1 Séchage de la pulpe de betterave sucrière.....	581
4.7.7.1.1 Déshydratation basse température de la pulpe de betterave sucrière.....	581
4.7.7.1.2 Déshydratation haute température de la pulpe de betterave sucrière.....	582
4.7.7.1.3 Déshydratation bi-phase de la pulpe de betterave sucrière.....	584
4.7.7.1.4 Déshydratation à la vapeur de la pulpe de betterave sucrière.....	585
4.7.7.1.5 Comparaison des méthodes de la déshydratation vapeur, HTD et bi-phase de la pulpe de betterave.....	586
4.7.7.2 Réduction de la tare de terre livrée avec les betteraves sucrières.....	594
4.7.7.3 Eau de betteraves sucrières / réutilisation des eaux usées.....	595
4.7.8 Café 596	
4.7.8.1 Réutilisation de la chaleur résiduelle dans la fabrication de café instantané.....	596
4.7.8.2 Abatement des émissions atmosphériques produites par l'agglutination dans la fabrication du café instantané.....	597
4.7.8.3 Biofiltre – utilisé dans la transformation du café.....	597
4.7.8.4 Torréfaction du café.....	598
4.7.8.4.1 Recirculation de l'air pendant la torréfaction du café.....	600
4.7.8.4.2 Refroidissement du café torréfié par atomisation d'eau	601
4.7.8.4.3 Torréfaction du café suivie par l'oxydation catalytique des effluents gazeux.....	602
4.7.8.4.4 Biofiltre – utilisé dans la transformation du café.....	604
4.7.9 Boissons.....	605
4.7.9.1 Séparation des extraits afin d'optimiser l'utilisation, la réutilisation, la récupération, le recyclage et la décharge (et réduire à un minimum la consommation d'eau et la contamination des eaux usées).....	605

4.7.9.2 Nettoyage par voie sèche.....	605
4.7.9.3 Récupération de la levure après fermentation.....	605
4.7.9.4 Filtration.....	606
4.7.9.4.1 Filtration du produit avec séparation membranaire.....	606
4.7.9.4.2 Filtration tangentielle.....	607
4.7.9.4.3 Récupération du matériau filtrant lorsque le produit est filtré par des adsorbants minéraux naturels.....	608
4.7.9.5 Embouteillage.....	609
4.7.9.5.1 Installation d'embouteillage intégrée.....	609
4.7.9.5.2 Système de nettoyage des bouteilles multi-stades	613
4.7.9.5.3 Réutilisation des solutions de nettoyage des bouteilles après décantation et filtration	615
4.7.9.5.4 Consommation d'eau optimisée dans le nettoyage des bouteilles.....	617
4.7.9.5.5 Réutilisation de l'eau de pasteurisation des bouteilles.....	617
4.7.9.6 Brasserie.....	618
4.7.9.6.1 Empâtage.....	621
4.7.9.6.2 Procédé d'infusion de la trempe.....	621
4.7.9.6.3 Procédé de décoction de la trempe.....	622
4.7.9.6.4 Réutilisation de l'eau chaude provenant du refroidissement du moût.....	622
4.7.9.6.5 Récupération de chaleur à partir de l'ébullition du moût.....	623
4.7.9.6.6 Optimisation des procédés dans une petite brasserie – étude de cas.....	625
4.7.9.7 Distillation.....	626
4.7.9.7.1 Récupération de la drêche de distillerie avec des solubles (DDGS).....	626
4.7.9.7.2 Concentration de la trempe issue de la distillation de mélasse.....	627
4.7.9.8 Vin 628	
4.7.9.8.1 Recyclage de la solution de nettoyage issu des cuves de stabilisation froide.....	628
4.7.9.8.2 Rejet graduel dans la SEEU de la solution de nettoyage issue des cuves de stabilisation froide.....	628

5 MEILLEURES TECHNIQUES DISPONIBLES 630

5.1 MTD générales pour l'ensemble du secteur FDM.....	634
5.1.1 Gestion environnementale	636
5.1.2 Collaboration avec les activités en amont et en aval.....	637
5.1.3 Nettoyage des équipements et installations.....	637
5.1.4 MTD additionnelles pour certains procédés et formes d'activités appliquées dans un certain nombre de secteurs FDM	638
5.1.4.1 Réception / Expédition des matières.....	638
5.1.4.2 Centrifugation / Séparation.....	638
5.1.4.3 Fumage.....	639
5.1.4.4 Friture 639	
5.1.4.5 Conservation dans des boîtes, bouteilles, pots.....	639
5.1.4.6 Évaporation.....	639
5.1.4.7 Congélation et réfrigération.....	639
5.1.4.8 Refroidissement.....	640
5.1.4.9 Conditionnement.....	640
5.1.4.10 Génération et utilisation d'énergie	640
5.1.4.11 Utilisation de l'eau	640
5.1.4.12 Systèmes à air comprimé	641
5.1.4.13 Systèmes à vapeur	641
5.1.5 Réduction des émissions dans l'air	641
5.1.6 Traitement des eaux usées	642
5.1.7 Rejets accidentels	643
5.2 MTD additionnelles pour certains secteurs FDM.....	644
5.2.1 MTD additionnelles pour le secteur de la viande et de la volaille	644
5.2.2 MTD additionnelles applicables au secteur du poisson et des fruits de mer.....	644
5.2.3 MTD additionnelles applicables au secteur des fruits et légumes	645
5.2.4 MTD additionnelles applicables au secteur des huiles végétales et des matières grasses	646
5.2.5 MTD additionnelles applicables au secteur des laiteries.....	646
5.2.5.1 MTD additionnelle applicable à la production de lait de consommation.....	647
5.2.5.2 MTD additionnelles applicables à la production de lait en poudre.....	647
5.2.5.3 MTD additionnelles applicables à la fabrication du beurre	648
5.2.5.4 MTD additionnelles applicables à la fabrication du fromage.....	648
5.2.5.5 MTD additionnelles applicables à la fabrication des crèmes glacées.....	648

5.2.6 MTD additionnelles applicables à fabrication de l'amidon	648
5.2.7 MTD additionnelles applicables au secteur du sucre	649
5.2.8 MTD additionnelles applicables au secteur du café.....	649
5.2.9 MTD additionnelles applicables à l'élaboration de boissons.....	649
5.2.9.1 MTD additionnelles applicables à la brasserie.....	650
5.2.9.2 MTD additionnelle applicable à la vinification.....	650
6 TECHNIQUES ÉMERGENTES.....	651
6.1 Utilisation des UV / de l'ozone dans l'absorption pour réduire les odeurs.....	651
7 REMARQUES DE CLÔTURE.....	652
7.1 Calendrier des travaux.....	652
7.2 Niveau de consensus, forces motrices et problématiques issues de la dernière réunion du TWG..	653
7.3 Informations fournies.....	653
7.4 Déséquilibres de l'information et lacunes.....	655
7.5 Recommandations visant les travaux futurs.....	656
7.6 Thèmes suggérés de projets de R&D futurs.....	659
8 RÉFÉRENCES.....	660
GLOSSAIRE.....	669

Liste des figures

FIGURE 2.1: SCHEMA DE CIRCULATION DANS LA NEUTRALISATION CONTINUE DES HUILES ET GRAISSES	25
FIGURE 2.2 : EXEMPLE DE PROCEDURE D'IMPREGNATION.....	28
FIGURE 2.3 : PRODUCTION DE VIANDE EN BOITE	69
FIGURE 2.4 : JAMBON CUIT ET PRODUCTION D'EPAULE.....	71
FIGURE 2.5: PRODUCTION DE JAMBON SALAISONNE.....	73
FIGURE 2.6 : LE PROCEDURE DES FRUITS SURGELES.....	79
FIGURE 2.7 : FABRICATION DE DIFFERENTS PRODUITS A BASE DE TOMATES.....	80
FIGURE 2.8: RAFFINAGE CHIMIQUE DE L'HUILE BRUTE.....	85
FIGURE 2.9 : PROCEDURE DU LAIT A COURTE DUREE DE PASTEURISATION.....	88
FIGURE 2.10: PRODUCTION DE LAIT UHT.....	89
FIGURE 2.11 : PRODUCTION DE LAIT STERILISE.....	90
FIGURE 2.12 : ORGANIGRAMME DES PROCEDÉS AFFÉRENTS AUX PRODUITS CONDENSÉS (PAR EXEMPLE LE LAIT CONDENSÉ UHT) ET AUX PRODUITS INTERMÉDIAIRES (PAR EXEMPLE LES CONCENTRÉS À BASE DE LAIT).....	91
FIGURE 2.13 : ORGANIGRAMME DE LA PRODUCTION DE LAIT EN POUVRE	92
FIGURE 2.14 : FABRICATION DE BEURRE EN CONTINU	93
FIGURE 2.15 : FABRICATION DU FROMAGE.....	94
FIGURE 2.16 : PRODUCTION DE YAOURTS.....	96
FIGURE 2.17 : RESUME DU PROCEDURE DE PRODUCTION DES PATES SECHES.....	99
FIGURE 2.18 : EXEMPLE DE PROCEDÉS DE PRODUCTION D'AMIDON A PARTIR DU MAÏS	101
FIGURE 2.19 : EXEMPLE DU PROCEDURE DE PRODUCTION DE L'AMIDON DE BLE.....	102
FIGURE 2.20 : EXEMPLE DU PROCEDURE DE PRODUCTION DE L'AMIDON DE POMME DE TERRE	103
FIGURE 2.21 : ELABORATION DU CAFE INSTANTANE.....	112
FIGURE 2.22 : PROCEDURE D'OBTENTION D'ACIDE CITRIQUE PAR FERMENTATION	122
FIGURE 3.23 : TERMINOLOGIE DU FLUX SORTANT UTILISEE DANS LE SECTEUR FDM	123
FIGURE 3.24 : CONSOMMATION D'EAU PAR L'INDUSTRIE ALLEMANDE DU SECTEUR FDM EN 1998.....	126
FIGURE 3.25 : NIVEAUX DE CONSOMMATION ET D'EMISSION ENREGISTRÉS AU COURS DES SEQUENCES PROCESSUELLES DE MISE EN BOITE DU POISSON.....	173
FIGURE 3.26 : NIVEAUX DE CONSOMMATION ET D'EMISSION ENREGISTRÉS AU COURS DES SEQUENCES PROCESSUELLES DE DECOUPAGE EN FILETS ET DE CONSERVATION DU POISSON.....	174
FIGURE 3.27 : NIVEAUX DE CONSOMMATION ET D'EMISSION ENREGISTRÉS AU COURS DES SEQUENCES DE TRANSFORMATION DES CRUSTACÉS	175
FIGURE 3.28 : NIVEAUX DE CONSOMMATION ET D'EMISSION ENREGISTRÉS PENDANT LES SEQUENCES DE DE TRANSFORMATION DES MOLLUSQUES.....	176
FIGURE 3.29 : EAUX USEES PRODUITES PENDANT LA TRANSFORMATION DES FRUITS ET LEGUMES.....	182
FIGURE 3.30 : TYPE ET QUANTITE DE DECHETS PRODUITS PENDANT LA TRANSFORMATION ET LA CONSERVATION DES FRUITS ET LEGUMES.....	184

FIGURE 3.31 : TYPE ET QUANTITÉ DE DÉCHETS PRODUITS PENDANT LA FABRICATION DES JUS DE FRUITS ET DE LÉGUMES [134, AWARENET, 2002].....	185
FIGURE 3.32 : TYPES ET QUANTITÉS DE DÉCHETS ET SOUS-PRODUITS GÉNÉRÉS PENDANT LA TRANSFORMATION DE L'HUILE VÉGÉTALE.....	198
FIGURE 3.33 : RAPPORT CONSOMMATION D'EAU / LAIT TRAITÉ EN FONCTION DE LA QUANTITÉ DE LAIT TRAITÉ.....	202
FIGURE 3.34 : PERTES TYPES DE LAIT DANS L'INDUSTRIE LAITIÈRE.....	205
FIGURE 3.35 : TYPES ET QUANTITÉS DE DÉCHETS PRODUITS PENDANT LA TRANSFORMATION DU LAIT	208
FIGURE 3.36 : TYPES ET QUANTITÉS DE DÉCHETS PRODUITS PENDANT LA TRANSFORMATION DES YAOURTS.....	209
FIGURE 3.37 : TYPES ET QUANTITÉS DE DÉCHETS PRODUITS PENDANT LA TRANSFORMATION DU FROMAGE.....	209
FIGURE 3.38 : TYPE ET QUANTITÉ D'EAUX USÉES, DE DÉCHETS ET DE SOUS-PRODUITS ISSUS DE LA TRANSFORMATION DES BETTERAVES SUCRIÈRES.....	217
FIGURE 3.39 : STATISTIQUES DES INTRANTS ET EXTRANTS DANS DE GRANDES BRASSERIES ALLEMANDES (CAPACITÉ DE PRODUCTION SUPÉRIEURE À 1 MILLION D'HECTOLITRES DE BIÈRE) PAR HECTOLITRE DE BIÈRE VENDUE.....	220
FIGURE 3.40 : QUANTITÉS DE COPRODUITS, SOUS-PRODUITS ET DÉCHETS SOLIDES EN PROVENANCE D'UNE BRASSERIE PRODUISANT 1 MILLION D'HECTOLITRES DE BIÈRE / AN	224
FIGURE 4.41 : EFFET DU NOMBRE DE PÂLES DE VENTILATEUR SUR LA DISTANCE PARCOURUE PAR LES ÉMISSIONS SONORES.....	239
FIGURE 4.42 : RÉDUCTION DES ÉMISSIONS SONORES PROVENANT D'UNE CHEMINÉE	245
FIGURE 4.43 : RÉDUCTION DE LA CONSOMMATION ÉNERGÉTIQUE.....	248
FIGURE 4.44 : EXEMPLE DE MÉTHODOLOGIE DE PRÉVENTION ET DE LIMITATION DES DÉCHETS.....	250
FIGURE 4.45 : EXEMPLE DE FICHE DE TRAVAIL QUI MONTRE LES ENTRÉES / SORTIES ET LES PROBLÈMES ENVIRONNEMENTAUX.....	252
FIGURE 4.46 : VUE D'ENSEMBLE DES ENTRÉES ET DES SORTIES D'EAU D'UN EXEMPLE D'INSTALLATION.....	253
FIGURE 4.47 : ORGANIGRAMME DE PROCÉDÉ DÉTAILLÉ D'UNE PRODUCTION DE LAIT LIQUIDE.....	256
FIGURE 4.48 : RÉDUCTION DES DÉCHETS DANS LA PRODUCTION D'ALIMENTS POUR ANIMAUX DE COMPAGNIE.....	267
FIGURE 4.49 : RÉCUPÉRATION DU PETIT LAIT EN MESURANT LA TURBIDITÉ.....	287
FIGURE 4.50 : SCHÉMA DE PRINCIPE D'UN SYSTÈME DE TRANSFORMATION DU CO2 DANS UNE GRANDE BRASSERIE.....	297
FIGURE 4.51 : RÉCUPÉRATION DE CHALEUR ET D'HUILE : ÉCHANGEURS THERMIQUES MONTÉS DANS LA HOTTE ASPIRANTE DE LA FRITEUSE.....	304
FIGURE 4.52 : PRINCIPE DE L'ÉVAPORATION PAR FLOT TOMBANT.....	308
FIGURE 4.53: ÉVAPORATION DU LAIT PAR FLOT TOMBANT.....	308
FIGURE 4.54 : PRINCIPE DE L'ÉVAPORATEUR CMV.....	311
FIGURE 4.55 : SCHÉMA DE PRINCIPE D'UN ÉVAPORATEUR DE LAIT À 4 EFFETS AVEC CMV.....	312
FIGURE 4.56 : COMPARAISON DES FRAIS D'EXPLOITATION DES ÉVAPORATEURS TC ET CMV.....	313

FIGURE 4.57 : OPTIMISATION DES TUNNELS DE CONGÉLATION DANS LA PRODUCTION DE LÉGUMES SURGELÉS.....	318
FIGURE 4.58 : COMPARAISON DES RENDEMENTS ÉNERGÉTIQUES ENTRE UN GÉNÉRATEUR À TURBINE À GAZ CLASSIQUE ET UNE INSTALLATION CHP.....	328
FIGURE 4.59 : SCHÉMA DE PRINCIPE D'UN SYSTÈME CHP INSTALLÉ DANS UNE BRASSERIE.....	329
FIGURE 4.60 : CIRCUIT DE GLACE BINAIRE AVEC UNE UNITÉ DE RÉFRIGÉRATION CLASSIQUE.....	341
FIGURE 4.61 : ORGANIGRAMME D'UN SYSTÈME DE NETTOYAGE EN PLACE.....	363
FIGURE 4.62 : ORGANIGRAMME DE SÉLECTION DES TECHNIQUES DE RÉDUCTION DES ODEURS.....	367
FIGURE 4.63 : ORGANIGRAMME DE LA SÉLECTION DES ÉQUIPEMENTS DE RÉDUCTION DES ODEURS (** VOIR LE TABLEAU 4.125).....	378
FIGURE 4.64 : SCHÉMA DE PRINCIPE DU CYCLONE.....	380
FIGURE 4.65 : CONCEPTION TYPE D'UN PRÉCIPITATEUR ÉLECTROSTATIQUE (SEULES DEUX ZONES SONT ILLUSTRÉES).....	385
FIGURE 4.66 : TYPES ET CLASSIFICATION DES FILTRES.....	386
FIGURE 4.67 : SYSTÈME DE FILTRES TUBULAIRES D'UNE GRANDE LAITERIE.....	388
FIGURE 4.68 : ILLUSTRATION D'UNE FILTRATION À POCHE INDUSTRIELLE.....	390
FIGURE 4.69 : CONCEPTION D'UN RÉACTEUR À GARNISSAGE POREUX.....	395
FIGURE 4.70 : CONCEPTION DE L'ABSORBEUR À PLAQUES.....	397
FIGURE 4.71 : CONCEPTION D'UNE ENCEINTE DE PULVÉRISATION.....	398
FIGURE 4.72 : CONCEPTION DU BIOFILTRE.....	403
FIGURE 4.73 : CONCEPTION DU BIOLAVAGE.....	406
FIGURE 4.74 : CONCEPTION D'UN INCINÉRATEUR THERMIQUE.....	409
FIGURE 4.75 : SCHÉMA DE PRINCIPE ILLUSTRANT L'ORIGINE ET LA GESTION DE PROCÉDÉ DES GAZ DE FUMÉE PRODUITS PAR LE LAVEUR D'EFFLUENTS GAZEUX INSTALLÉ DANS UN FUMOIR.....	412
FIGURE 4.76 : ÉQUILIBRE MASSIQUE D'UNE UNITÉ DE TRAITEMENT DES EFFLUENTS GAZEUX PAR OXYDATION THERMIQUE À FLAMMES DIRECTES.....	413
FIGURE 4.77 : MODÈLE D'INCINÉRATION CATALYTIQUE.....	416
FIGURE 4.78 : ÉQUIPEMENTS DE TRAITEMENT INDUSTRIEL AU PLASMA NON THERMIQUE.....	419
FIGURE 4.79 : SCHÉMA DE PRINCIPE SIMPLIFIÉ DU PROCÉDÉ BRM.....	457
FIGURE 4.80 : PROCÉDÉ D'EXTRACTION DE L'AMMONIAQUE.....	460
FIGURE 4.81 : SCHÉMA DE PRINCIPE DU TRAITEMENT DES EAUX USÉES UTILISÉ DANS LE SECTEUR DE LA TRANSFORMATION DE LA VIANDE DE DE LA VOLAILLE.....	474
FIGURE 4.82 : SCHÉMA DE PRINCIPE TYPE DU TRAITEMENT DES EAUX USÉES APPLICABLE AU SECTEUR DES FRUITS ET LÉGUMES.....	477
FIGURE 4.83 : SEEU DESTINÉE AU RECYCLAGE DE L'EAU DANS UNE ENTREPRISE DE TRANSFORMATION DE LÉGUMES.....	480
FIGURE 4.84 : RÉUTILISATION DE L'EAU DANS LA CONSERVERIE.....	481
FIGURE 4.85 : TRAITEMENT TYPIQUE DES EAUX USÉES APPLICABLE À UNE LAITERIE	487
FIGURE 4.86 : CIRCUIT HYDRAULIQUE DANS UNE INSTALLATION D'AMIDON DE POMMES DE TERRE.....	489

FIGURE 4.87 : OPTIONS CLASSIQUES D'ÉPURATION DES EAUX USÉES PROVENANT DES BETTERAVES SUCRIÈRE.....	493
FIGURE 4.88 : SYSTÈME DE TRAITEMENT DES EAUX USÉES ANAÉROBIE /AÉROBIE DANS UNE DISTILLERIE.....	499
FIGURE 4.89 : MACHINES UTILISÉES POUR RETIRER À SEC LES VISCÈRES.....	513
FIGURE 4.90 : PROCÉDÉ DE PELAGE À LA VAPEUR DANS UN EXEMPLE D'ENTREPRISE EN FINLANDE.....	519
FIGURE 4.91 : SCHÉMA DE PRINCIPE DE LA TRANSFORMATION DES POMMES DE TERRE ET DES CAROTTES DANS UNE INSTALLATION FINLANDAISE.....	523
FIGURE 4.92 : INSTALLATION D'UN REFROIDISSEUR D'EAU DANS LE BAC D'EAU GLACÉE.....	532
FIGURE 4.93 : INSTALLATION D'UNE PLAQUE D'ÉVAPORATION SOUS LE BAC D'EAU GLACÉE.....	532
FIGURE 4.94 : PROCÉDÉS D'EXTRACTION DE L'HUILE D'OLIVE BI-PHASE ET TRI-PHASE	536
FIGURE 4.95 : SCHÉMA DE PRINCIPE DU DT À CONTRE-COURANT.....	539
FIGURE 4.96 : SCHÉMA DE PRINCIPE DE L'INTÉGRAION DE LA CHALEUR DE VAPEURS DANS LE DT	540
FIGURE 4.97 : SYSTÈME À L'HUILE MINÉRALE ET STADES DE PROCÉDÉ CORRESPONDANTS.....	542
FIGURE 4.98 : SCHÉMA DE PRINCIPE DE LA RÉCUPÉRATION D'HEXANE DANS L'EAU DE PROCÉDÉ DES INSTALLATIONS D'EXTRACTION D'HUILES VÉGÉTALES NON RAFFINÉES.....	544
FIGURE 4.99 : SCHÉMA DE PRINCIPE DU RAFFINAGE CHIMIQUE DES HUILES VÉGÉTALES	545
FIGURE 4.100 : SCHÉMA DE PRINCIPE DU DÉGOMMAGE ACIDE DE L'HUILE VÉGÉTALE.....	548
FIGURE 4.101 : SCHÉMA DE PRINCIPE D'UNE SÉPARATION DES ÉMISSIONS DE POUSSIÈRE HUMIDE AVEC DES CYCLONES.....	551
FIGURE 4.102 : SCHÉMA DE PRINCIPE DE LA CONCEPTION DU DOUBLE DÉPOUSSIÉREUR DANS LE PROCÉDÉ DE DÉSODORISATION.....	554
FIGURE 4.103 : SCHÉMA DE PRINCIPE DU SYSTÈME D'EAU DE REFROIDISSEMENT ALCALIN EN CIRCUIT FERMÉ COMME COMPOSANT D'UN SYSTÈME DE DÉSODORISATION À VIDE.....	556
FIGURE 4.104 : SCHÉMA DE PRINCIPE DU DÉPOUSSIÉREUR UNIQUE ASSOCIÉ À UN SYSTÈME DC.....	558
FIGURE 4.105 : ORGANIGRAMME DU CIRCUIT DE TRANSFORMATION DANS UNE ENTREPRISE LAITIÈRE.....	561
FIGURE 4.106 : PROCÉDÉ DE SÉCHAGE BI-STADE DANS UNE GRANDE LAITIÈRE.....	565
FIGURE 4.107 : CONDITIONNEMENT ASEPTIQUE DU LAIT UHT, SANS CHAMBRE ASEPTIQUE.....	567
FIGURE 4.108 : SCHÉMA DE PRINCIPE D'UN DISPOSITIF DE TRAITEMENT MEMBRANAIRE	578
FIGURE 4.109 : SCHÉMA DU SYSTÈME DE DÉSHYDRATATION VAPEUR AVEC FBD UTILISÉ POUR LA DÉSHYDRATATION DES COSSETTES DE BETTERAVE SUCRIÈRE	587
FIGURE 4.110 : SYSTÈME CHP ET VAPEUR D'UNE USINE DE SUCRE QUI DÉSHYDRATE LES COSSETTES À LA VAPEUR.....	588
FIGURE 4.111 : HTD DE PULPE DE BETTERAVE SUCRIÈRE.....	589
FIGURE 4.112 : PROCÉDÉ DE DÉSHYDRATATION BI-PHASE DE LA PULPE.....	590

FIGURE 4.113 : RÉDUCTION DE LA TARE DE TERRE EN SUÈDE.....	595
FIGURE 4.114 : TORRÉFACTEUR À CHARGES SUCCESSIVES UTILISÉ PAR UN TORRÉFACTEUR ALLEMAND.....	599
FIGURE 4.115 : PROCÉDÉ DE TORRÉFACTION EN CONTINU UTILISÉ PAR UNE ENTREPRISE ALLEMANDE.....	600
FIGURE 4.116 : PRINCIPE DE LA FILTRATION TANGENTIELLE, COMPARÉ À LA FILTRATION FRONTALE	607
FIGURE 4.117 : SCHÉMA DE PRINCIPE DE LA TRANSFORMATION DES ALCOOLS	609
FIGURE 4.118 : SCHÉMA DE PRINCIPE DE LA LIGNE D'EMBOUTEILLAGE.....	610
FIGURE 4.119 : STADES DE NETTOYAGE ET DE RINÇAGE DES BOUTEILLES.....	613
FIGURE 4.120 : PROCÉDÉ DE NETTOYAGE DES BOUTEILLES AVEC CONTRÔLE DU PH POUR RÉDUIRE LA CONSOMMATION D'EAU.....	614
FIGURE 4.121 : UTILISATION D'UN SYSTÈME CIP DANS LE PROCÉDÉ D'EMBOUTEILLAGE D'UNE BRASSERIE.....	616
FIGURE 4.122 : RÉCUPÉRATION DE CHALEUR ÉMISE PAR UNE CHAUDIÈRE À MOÛT CHAUFFÉE À LA VAPEUR POUR PRODUIRE DE L'EAU CHAUDE.....	624
FIGURE 4.123 : RÉCUPÉRATION DE CHALEUR DE L'OPÉRATION DE CHAUFFAGE DU MOÛT POUR PRÉCHAUFFER LE MOÛT AVANT DE LE FAIRE BOUILLIR.....	625
FIGURE 5.124 : MÉTHODOLOGIE DE PRÉSENTATION DES CONCLUSIONS SUR LES MTD AFFÉRENTES AUX ENTREPRISES DU SECTEUR FDM.....	633

Liste des tableaux

TABLEAU 1.1 : STRUCTURE/PRODUCTION PAR PAYS (1998).....	1
TABLEAU 1.2: STRUCTURE/PRODUCTION PAR SECTEUR DANS L'UE-15.....	1
TABLEAU 1.3: PRODUCTION DE L'EU-15 DANS LES PRINCIPAUX SECTEURS (1999).....	2
TABLEAU 1.4: PRINCIPAUX PAYS IMPORTATEURS DES PRODUITS FDM DE L'UE-15 EN 2001 (EN MILLIARDS D'EUROS) [3, CIAA, 2001].....	4
TABLEAU 1.5 : EXPORTATIONS DE EU-15, PAR SECTEURS, EN 2000.....	4
TABLEAU 1.6 : PROBLÉMATIQUES ENVIRONNEMENTALES POUR CERTAINS SECTEURS FDM	8
TABLEAU 2.7 : TECHNIQUES DE TRANSFORMATION ET MODES D'EXPLOITATION LES PLUS COMMUNÉMENT UTILISÉS DANS LE SECTEUR FDM.....	10
TABLEAU 2.8 : EXEMPLES DE COMBINAISONS DE TRAITEMENTS THERMIQUES UTILISÉES DANS LE SECTEUR FDM.....	43
TABLEAU 2.9 : CONCENTRATIONS TYPIQUES TOTALES EN MATIÈRES SOLIDES, POUR DIFFÉRENTS TYPES D'ÉVAPORATEURS.....	45
TABLEAU 2.10 : POINTS DE CONGÉLATION TYPIQUES DE DIFFÉRENTS PRODUITS DU SECTEUR FDM.....	50
TABLEAU 2.11 : COMPOSITION TYPIQUE DU MÉLANGE GAZEUX UTILISÉ DANS LE RINÇAGE AU GAZ.....	56
TABLEAU 2.12 : FORMES D'ACTIVITÉS UTILISÉES DANS DIFFÉRENTS SECTEURS.....	66
TABLEAU 2.13 : RÉSUMÉ DES ITINÉRAIRES DE TRANSFORMATION POSSIBLES DE CERTAINS FRUITS ET LÉGUMES.....	77
TABLEAU 2.14 : PROCÉDÉ DE DÉCAFÉINATION AU SOLVANT	114
TABLEAU 2.15 : PROCÉDÉ DE DÉCAFÉINATION À L'EAU	114
TABLEAU 3.16 : PARAMÈTRES QUANTITATIFS D'ESSAI COMPARATIF APPLICABLES DANS LE SECTEUR FDM.....	124
TABLEAU 3.17 : POURCENTAGE DE MATIÈRES PREMIÈRES QUI, DANS CERTAINS PROCÉDÉS, SE RETROUVENT DANS LE PRODUIT.....	125
TABLEAU 3.18 : ÉQUIVALENT DBO5 DES CONSTITUANTS GÉNÉRALEMENT RENCONTRÉS DANS LE SECTEUR FDM, ET DE QUELQUES PRODUITS	127
TABLEAU 3.19 : IMPACTS, SUR L'ENVIRONNEMENT, DES MODES D'EXPLOITATION DU SECTEUR FDM.....	133
TABLEAU 3.20 : CODES UTILISÉS.....	134
TABLEAU 3.21 : CODES UTILISÉS POUR LES ÉMISSIONS DANS L'EAU.....	134
TABLEAU 3.22 : CODES UTILISÉS POUR LES EXTRANTS SOLIDES.....	134
TABLEAU 3.23 : DEMANDE TYPE D'ÉNERGIE PAR TONNE DE CACAO.....	145
TABLEAU 3.24 : RÉCAPITULATIF DES VOLUMES D'EAU CONSOMMÉS ET D'EAUX USÉES DANS LE SECTEUR FDM SECTOR.....	163
TABLEAU 3.25 : SOUS-PRODUITS ISSUS DE LA DÉCOUPE ET DU DÉSOSSAGE DE LA VIANDE.....	164
TABLEAU 3.26: NIVEAUX DE CONSOMMATION ET D'ÉMISSION POUR LA FABRICATION DE JAMBON CUIT EN ITALIE.....	166
TABLEAU 3.27 : CONSOMMATION SPÉCIFIQUE D'EAU ET D'ÉNERGIE, ÉMISSIONS D'EAUX USÉES PENDANT LA PRODUCTION DE SALAMI ET DE SAUCISSES.....	167

TABLEAU 3.28 : NIVEAUX DE CONSOMMATION ET D'ÉMISSION POUR LA FABRICATION, EN ITALIE, DE PRODUITS CARNÉS AYANT SUBI UN TRAITEMENT DE CONSERVATION.....	168
TABLEAU 3.29 : NIVEAUX DE CONSOMMATION ET D'ÉMISSION AFFÉRENTS À LA FABRICATION DU JAMBON SALÉ EN ITALIE.....	169
TABLEAU 3.30 : NIVEAUX DE CONSOMMATION ET D'ÉMISSION AFFÉRENTS À LA VIANDE EN CONSERVE EN ITALIE.....	170
TABLEAU 3.31 : CONSOMMATION SPÉCIFIQUE D'EAU ET CHARGE ORGANIQUE DANS LES PAYS NORDIQUES.....	171
TABLEAU 3.32 : EAUX USÉES ISSUES DU DÉCOUPAGE DU POISSON EN FILETS	172
TABLEAU 3.33 : VOLUMES TYPES DE PRODUCTION D'EAU USÉE ET CARACTÉRISTIQUES AFFÉRENTES À LA TRANSFORMATION DU POISSON EN ALLEMAGNE.....	172
TABLEAU 3.34 : NIVEAUX DE CONSOMMATION D'EAU ATTEINTS PAR LES INSTALLATIONS TRAITANT LES FRUITS ET LÉGUMES [140, WORLD BANK (IBRD), ET AL., 1998].....	177
TABLEAU 3.35 : CONSOMMATION D'EAU, PAR CERTAINS PROCÉDÉS, DANS LE SECTEUR DES FRUITS ET LÉGUMES.....	177
TABLEAU 3.36 : NIVEAUX DE CONSOMMATION ET D'ÉMISSION AFFÉRENTS À LA MISE EN BOÎTE DES TOMATES.....	178
TABLEAU 3.37 : NIVEAUX DE CONSOMMATION ET D'ÉMISSION AFFÉRENTS À LA FABRICATION DE JUS DE TOMATE, PURÉE DE TOMATE ET PÂTE DE TOMATE..	178
TABLEAU 3.38 : QUANTITÉS MOYENNES D'EAUX USÉES ET POLLUTION MOYENNE DE L'EAU ENGENDRÉES PAR LES CONSERVERIES US EN 1975.....	179
TABLEAU 3.39 : TENEURS EN DBO ET EN STS DES EAUX USÉES PROVENANT DE LA TRANSFORMATION DES FRUITS ET LÉGUMES [140, WORLD BANK (IBRD), ET AL., 1998].....	179
TABLEAU 3.40 : CARACTÉRISTIQUES DES EAUX USÉES ISSUES DE LA TRANSFORMATION DE CERTAINS FRUITS ET LÉGUMES [5, DERDEN A VERCAEMST P AND DIJKMANS R, 1999, 65, GERMANY, 2002].....	180
TABLEAU 3.41 : VOLUMES D'EAUX USÉES ET POLLUTION DE L'EAU PAR UNITÉ DE PRODUIT ENGENDRÉS AU COURS DE LA TRANSFORMATION DE CERTAINS LÉGUMES.....	181
TABLEAU 3.42 : VOLUMES D'EAUX USÉES ET POLLUTION DE L'EAU ENREGISTRÉS PAR UNITÉ DE PRODUIT PENDANT LA TRANSFORMATION DE CERTAINS FRUITS [140, WORLD BANK (IBRD), ET AL., 1998].....	181
TABLEAU 3.43 : DÉCHETS SOLIDES ISSUS DE LA TRANSFORMATION DES FRUITS ET LÉGUMES.....	183
TABLEAU 3.44 : DÉCHETS DE FRUITS ET LÉGUMES ENGENDRÉS PAR LA PRODUCTION DE JUS EN HONGRIE.....	185
TABLEAU 3.45 : VALEURS DES EAUX USÉES AFFÉRENTES À LA SAUMURE PENDANT LA PRODUCTION DE CHOUCROUTE.....	189
TABLEAU 3.46 : CONSOMMATION D'ÉLECTRICITÉ PENDANT LE TRI DES LÉGUMES	190
TABLEAU 3.47 : VECTEUR ÉNERGÉTIQUE ET CONSOMMATION AFFÉRENTS AU PELAGE CAUSTIQUE DES LÉGUMES.....	190
TABLEAU 3.48 : VECTEUR ÉNERGÉTIQUE ET CONSOMMATION AFFÉRENTS AU PELAGE DES LÉGUMES À LA VAPEUR[32, VAN BAELE J., 1998].....	191
TABLEAU 3.49 : CONSOMMATION D'ÉLECTRICITÉ AFFÉRENTE AU LAVAGE DES LÉGUMES.....	191

TABLEAU 3.50 : CONSOMMATION D'ÉLECTRICITÉ AFFÉRENTE À LA TRANSFORMATION MÉCANIQUE DES LÉGUMES AVANT LEUR CONGÉLATION.	191
TABLEAU 3.51 : SOURCE ET CONSOMMATION D'ÉNERGIE PAR LE BLANCHIMENT EN TAMBOUR AFFÉRENT À LA SURGÉLATION DES LÉGUMES [32, VAN BAEL J., 1998].....	192
TABLEAU 3.52 : SOURCE ET CONSOMMATION D'ÉNERGIE AFFÉRENTES AU REFROIDISSEMENT PAR EAU À CONTRE-COURANT AU COURS DE LA TRANSFORMATION DES LÉGUMES [32, VAN BAEL J., 1998].....	192
TABLEAU 3.53 : VECTEUR ÉNERGÉTIQUE ET CONSOMMATION AFFÉRENTE À UN BLANCHEUR À TAPIS AVEC REFROIDISSEMENT PAR EAU (TRANSFORMATION DES LÉGUMES).....	192
TABLEAU 3.54 : VECTEUR ÉNERGÉTIQUE ET INDICATEURS D'ORDRE DE GRANDEUR POUR UN BLANCHEUR À TAPIS AVEC REFROIDISSEMENT PAR AIR DANS LA TRANSFORMATION DES LÉGUMES.....	193
TABLEAU 3.55 : PRODUCTION D'EAUX USÉES DANS LES DIFFÉRENTES SÉQUENCES DE FABRICATION DE L'HUILE VÉGÉTALE.....	194
TABLEAU 3.56 : CARACTÉRISTIQUES DES EAUX USÉES DANS LA TRANSFORMATION DES HUILES VÉGÉTALES.....	195
TABLEAU 3.57 : CARACTÉRISTIQUES CONSTATÉES DES EAUX USÉES NON TRAITÉES DANS LE RAFFINAGE DES HUILES VÉGÉTALES (BLEUET, GRAINE DE COTON ET TOURNESOL).....	195
TABLEAU 3.58 : CARACTÉRISTIQUES DES EAUX USÉES SORTANT D'UN MOULIN À HUILE D'OLIVE.....	196
TABLEAU 3.59 : ÉMISSIONS D'HEXANE DANS L'AIR.....	196
TABLEAU 3.60 : RÉSUMÉ DES ÉMISSIONS DANS L'AIR PENDANT LA FABRICATION D'HUILES VÉGÉTALES BRUTES	196
TABLEAU 3.61 : RÉSUMÉ DES ÉMISSIONS SOLIDES/LIQUIDES CLÉS ET DES SOUS-PRODUITS CLÉS DANS LA FABRICATION DES HUILES VÉGÉTALES CRUES.....	198
TABLEAU 3.62 : RÉSUMÉ DES EXTRANTS SOLIDES PROVENANT DE LA FABRICATION DES HUILES VÉGÉTALES BRUTES.....	198
TABLEAU 3.63 : CONSOMMATION D'ÉNERGIE PENDANT LE RAFFINAGE DE L'HUILE VÉGÉTALE BRUTE	200
TABLEAU 3.64 : CONSOMMATION D'EAU DANS DES LAITIERES EUROPÉENNES.....	202
TABLEAU 3.65 : CONSOMMATION D'EAU DANS QUELQUES LAITIERES NORDIQUES.	202
TABLEAU 3.66 : VOLUMES APPROXIMATIFS D'EAUX USÉES ENGENDRÉS PAR LES ACTIVITÉS DES LAITIERES.....	203
TABLEAU 3.67 : NIVEAUX DE CONTAMINATION, ÉNONCÉS DANS LES RAPPORTS, DES EAUX USÉES PROVENANT DES LAITIERES.....	204
TABLEAU 3.68 : VOLUMES D'EAUX USÉES EN PROVENANCE DES LAITIERES EN EUROPE, ET NIVEAUX DE POLLUTION DE CES EAUX.....	204
TABLEAU 3.69 : NIVEAUX TYPES DE DBO DE DIFFÉRENTS PRODUITS LAITIERS.....	204
TABLEAU 3.70 : COMPOSITION DES EAUX USÉES ISSUES DE LA FABRICATION DU FROMAGE.....	206
TABLEAU 3.71 : PERTES DE PRODUITS DANS CERTAINS PROCÉDÉS DE L'INDUSTRIE LAITIÈRE	207
TABLEAU 3.72: EXTRANTS SOLIDES PAR TONNE DE LAIT TRANSFORMÉ.....	207
TABLEAU 3.73: PRODUCTION ET MISE AU REBUT DE DÉCHETS SOLIDES PROVENANT DE CERTAINES LAITIERES NORDIQUES.....	210
TABLEAU 3.74 : CONSOMMATION D'ÉNERGIE DANS DES LAITIERES EUROPÉENNES	210

TABLEAU 3.75 : CONSOMMATION TOTALE D'ÉNERGIE DE QUELQUES LAITIERIES NORDIQUES.....	211
TABLEAU 3.76 : CONSOMMATION D'AGENTS DE NETTOYAGE UTILISÉS DANS DES LAITIERIES EUROPÉENNES.....	211
TABLEAU 3.77 : CONSOMMATION DE PRODUITS CHIMIQUES DE NETTOYAGE DANS QUELQUES LAITIERIES NORDIQUES.....	211
TABLEAU 3.78 : ÉMISSIONS DANS L'AIR PROVENANT DE LA FABRICATION DES PÂTES	212
TABLEAU 3.79 : CONSOMMATION D'ÉNERGIE DANS L'INDUSTRIE ITALIENNE DES PÂTES	213
TABLEAU 3.80 : CONSOMMATION D'EAU DANS L'INDUSTRIE DE L'AMIDON	213
TABLEAU 3.81 : EXTRANTS SOLIDES ISSUS DE L'INDUSTRIE DE L'AMIDON.....	214
TABLEAU 3.82 : ÉNERGIE CONSOMMÉE PAR L'INDUSTRIE DE L'AMIDON.....	214
TABLEAU 3.83 : CONSOMMATION D'EAU DANS DES ENTREPRISES SUCRIÈRES DANOISES.....	215
TABLEAU 3.84 : CONSOMMATION D'ÉNERGIE DANS LES ENTREPRISES SUCRIÈRES DANOISES.....	217
TABLEAU 3.85 : REJETS SPÉCIFIQUES MOYENS D'EAUX USÉES	218
TABLEAU 3.86 : CARACTÉRISTIQUES DES EAUX USÉES DANS LES PROCÉDÉS D'UN PRODUCTEUR DE VIN ROUGE	219
TABLEAU 3.87 : CONSOMMATION D'EAU DANS DIFFÉRENTS PROCÉDÉS DE BRASSERIE.....	221
TABLEAU 3.88 : CONSOMMATION D'EAU DANS DIFFÉRENTS PROCÉDÉS DE BRASSERIE	222
TABLEAU 3.89 : CARACTÉRISTIQUES DES EAUX USÉES NON TRAITÉES PROVENANT DES BRASSERIES.....	223
TABLEAU 3.90 : EAUX USÉES ET POLLUTION ENGENDRÉES DANS LES BRASSERIES.	223
TABLEAU 3.91 : CONSOMMATION D'ÉNERGIE DANS LES BRASSERIES ALLEMANDES EMPLOYANT PLUS DE 20 PERSONNES.....	225
TABLEAU 3.92 : CHALEUR CONSOMMÉE PAR DIFFÉRENTS PROCÉDÉ DE BRASSERIE	225
TABLEAU 3.93 : DÉCHETS SOLIDES ET SOUS-PRODUITS PROVENANT DU PROCÉDÉ DE FERMENTATION DE L'ACIDE CITRIQUE.....	226
TABLEAU 4.94 : FORMAT DES INFORMATIONS SUR LES TECHNIQUES À PRENDRE EN COMPTE LORS DE L'ÉLABORATION DES BAT.....	227
TABLEAU 4.95 : GUIDE DE RÉDUCTION DU NIVEAU SONORE EN ABAISSANT LA VITESSE DES VENTILATEURS.....	239
TABLEAU 4.96 : EXEMPLE DE FICHE DE TRAVAIL QUI VENTILE LA CONSOMMATION ÉNERGÉTIQUE.....	254
TABLEAU 4.97 : EXEMPLES DE CAUSES DE GASPILLAGE DE MATIÈRES ET MÉTHODES D'ÉTABLISSEMENT D'UN INVENTAIRE EXACT.....	255
TABLEAU 4.98 : PRINCIPAUX POSTES DE GASPILLAGE DE LAIT.....	256
TABLEAU 4.99 : RÉDUCTIONS-TYPE DE LA CONSOMMATION D'EAU	257
TABLEAU 4.100 : DÉPENSES ET ÉCONOMIES COMMUNIQUÉES PAR UN EXEMPLE DE RAFFINERIE D'HUILE COMESTIBLE EN APPLIQUANT LA TECHNOLOGIE PINCH	259
TABLEAU 4.101 : EXEMPLES DE PROCÉDÉ FDM DESTINÉS À LA CONSOMMATION HUMAINE QUI PRODUISENT DES INGRÉDIENTS DESTINÉS À L'ALIMENTATION ANIMALE.....	272

TABLEAU 4.102 : MESURES DU BRUIT (ISSUES DE TROIS MESURES INDÉPENDANTES) ÉMIS PAR UNE BRASSERIE ALLEMANDE.....	276
TABLEAU 4.103 : NIVEAUX DE PUISSANCE PARTIELLE CALCULÉS RELATIFS AU TRANSPORT DE MATIÈRES ET AUX PROCÉDÉS DE TRANSBORDEMENT.....	276
TABLEAU 4.104 : EXEMPLES D'APPLICATION DE CAPTEURS DE NIVEAU DANS LES OPÉRATIONS DE TRANSFORMATION FDM.....	280
TABLEAU 4.105 : EXEMPLES D'UTILISATION DU CONTRÔLE DES FLUX DANS LE SECTEUR FDM.....	282
TABLEAU 4.106 : APPLICATIONS-TYPE DE MESURE DES FLUX DANS LE SECTEUR FDM	282
TABLEAU 4.107 : EXEMPLES D'UTILISATION DES MESURES DU PH DANS LE SECTEUR FDM.....	283
TABLEAU 4.108 : APPLICATIONS-TYPE DE MESURES DU PH DANS LE SECTEUR FDM.....	283
TABLEAU 4.109 : EXEMPLES DE L'UTILISATION DES MESURES DE CONDUCTIVITÉ DANS LE SECTEUR FDM.....	285
TABLEAU 4.110 : APPLICATIONS TRADITIONNELLES DES MESURES DE CONDUCTIVITÉ DANS LE SECTEUR FDM.....	285
TABLEAU 4.111 : EXEMPLES D'UTILISATION DES MESURES DE TURBIDITÉ DANS LE SECTEUR FDM.....	287
TABLEAU 4.112 : IMPACT ENVIRONNEMENTAL DES DIFFÉRENTES MÉTHODES DE PRODUCTION DE FUMÉES.....	298
TABLEAU 4.113 : COMPARAISON DES PERFORMANCES DES ÉVAPORATEURS À MULTIPLE EFFET DANS L'INDUSTRIE LAITIÈRE.....	309
TABLEAU 4.114 : VALEURS OPTIMALES POUR L'ANALYSE DES FUMÉES D'UNE FABRIQUE DE PÂTES ALIMENTAIRES.....	331
TABLEAU 4.115 : COMPARAISON DES VOLUMES DE GLACE BINAIRE ET DE SAUMURE POUR OBTENIR UNE BAISSSE DE TEMPÉRATURE DE 3 °C.....	342
TABLEAU 4.116 : CONDITIONS DE REFROIDISSEMENT D'UNE UNITÉ DE GLACE PRIMAIRE.....	342
TABLEAU 4.117 : ÉCONOMIES POTENTIELLES ISSUES D'UNE PURGE LIMITÉE DANS LA CONGÉLATION DE LÉGUMES.....	346
TABLEAU 4.118 : AVANTAGES ENVIRONNEMENTAUX ET ÉCONOMIES LIÉES OFFERTS PAR LES DISPOSITIFS D'ÉCOUVILLONNAGE	351
TABLEAU 4.119 : FICHE DE RECUEIL D'INFORMATIONS SUR LES ÉMISSIONS NAUSÉABONDES.....	369
TABLEAU 4.120 : LISTE DE CONTRÔLE DESTINÉE À DES CONDITIONS D'EXPLOITATION ANORMALES.....	369
TABLEAU 4.121 : PROGRAMME-TYPE DE MESURE DES ODEURS AVEC CHIFFRES SIMPLIFIÉS PROVENANT D'UN SITE DE PRODUCTION ALIMENTAIRE NON IDENTIFIÉ	370
TABLEAU 4.122 : TECHNIQUES DE TRAITEMENT DE L'AIR « END-OF-PIPE »	372
TABLEAU 4.123 : PRINCIPAUX PARAMÈTRES DÉTERMINANT LE CHOIX DE LA TECHNIQUE « END-OF-PIPE »	372
TABLEAU 4.124 : COMPARAISONS DE CERTAINES TECHNIQUES DE SÉPARATION.....	373
TABLEAU 4.125 : RÉCAPITULATIF DES CRITÈRES GÉNÉRALISÉS UTILISÉS DANS LA SÉLECTION DES TECHNIQUES DE RÉDUCTION DES ODEURS / COV.....	377
TABLEAU 4.126 : ENLÈVEMENT DES POUSSIÈRES DANS L'AIR – VUE D'ENSEMBLE DES SÉPARATEURS HUMIDES.....	383
TABLEAU 4.127 : COMPARAISON DES DIFFÉRENTS TYPES DE FILTRES À POCHE.....	389

TABLEAU 4.128 : PARAMÈTRES INDICATIFS DESTINÉS À LA RÉALISATION DE L'ABSORBEUR-TYPE.....	393
TABLEAU 4.129 : PROPRIÉTÉS DU CARBONE ACTIVÉ.....	400
TABLEAU 4.130 : PRINCIPE OPÉRATOIRE DES PRINCIPAUX TYPES D'ADSORBEURS..	400
TABLEAU 4.131 : AVANTAGES ET INCONVÉNIENTS DES TRAITEMENTS BIOLOGIQUES	402
TABLEAU 4.132 : CONDITIONS DES DIFFÉRENTES SÉQUENCES DE L'OXYDATION THERMIQUE.....	408
TABLEAU 4.133 : SPÉCIFICATIONS TECHNIQUES D'UN INCINÉRATEUR À FLAMMES DIRECTES INSTALLÉ DANS UN FUMOIR.....	411
TABLEAU 4.134 : SPÉCIFICATIONS TECHNIQUES D'UN INCINÉRATEUR À FLAMMES DIRECTES INSTALLÉ DANS UN FUMOIR.....	413
TABLEAU 4.135 : RÉDUCTION DES ODEURS AVEC UN TRAITEMENT AU PLASMA NON THERMIQUE.....	420
TABLEAU 4.136 : VOLUMES TRAITÉS DANS DES INSTALLATIONS QUI APPLIQUENT LE PLASMA NON THERMIQUE POUR DIMINUER LES ODEURS.....	421
TABLEAU 4.137 : QUELQUES TECHNIQUES DE TRAITEMENT DES EAUX USÉES.....	428
TABLEAU 4.138 : APPLICATION TYPE DE QUELQUES TECHNIQUES DE TRAITEMENT DES EAUX USÉES DANS LE SECTEUR FDM.....	428
TABLEAU 4.139 : QUALITÉ NORMALE DES EAUX USÉES FDM APRÈS LE TRAITEMENT	429
TABLEAU 4.140 : RÉCAPITULATIF DES PROCÉDÉS DE TRAITEMENT DES EAUX USÉES MIS EN ŒUVRE DANS DIFFÉRENTES BRANCHES.....	430
TABLEAU 4.141 : RÉDUCTION DE LA POLLUTION ESTIMÉE DANS LA BRANCHE DU POISSON LORSQU'ON UTILISE UN ÉCRAN ROTATIF À FILS MÉTALLIQUES	432
TABLEAU 4.142 : PERFORMANCES TYPE DE L'INDUSTRIE BRASSIÈRE APRÈS DÉCANTATION.....	436
TABLEAU 4.143 : AVANTAGES ET INCONVÉNIENTS DE LA DÉCANTATION.....	436
TABLEAU 4.144 : PERFORMANCES D'ASSAINISSEMENT DE LA TECHNIQUE DAF DANS UNE INSTALLATION DE FILETAGE DE HARENGS.....	437
TABLEAU 4.145 : PERFORMANCES D'ÉLIMINATION DE LA CENTRIFUGATION DANS L'INDUSTRIE DU HARENG.....	438
TABLEAU 4.146 : PERFORMANCES D'ÉLIMINATION DU PHOSPHORE DE SEEU UTILISANT SIMULTANÉMENT LES BOUES ACTIVÉES ET LA PRÉCIPITATION DANS LE SECTEUR DE L'AMIDON DE POMME DE TERRE.....	440
TABLEAU 4.147 : AVANTAGES ET INCONVÉNIENTS DU TRAITEMENT DES EAUX USÉES ANAÉROBIE COMPARÉ AU TRAITEMENT AÉROBIE.....	441
TABLEAU 4.148 : AVANTAGES ET INCONVÉNIENTS DES PROCÉDÉS DE TRAITEMENT AÉROBIE.....	442
TABLEAU 4.149 : DONNÉES DE PERFORMANCES D'UNE SEEU À BOUES ACTIVÉES COMMUNIQUÉES PAR L'INDUSTRIE BRASSIÈRE.....	442
TABLEAU 4.150 : CARACTÉRISATION D'UN RBS TYPE.....	445
TABLEAU 4.151 : DONNÉES DE PROCÉDÉ ET DE PERFORMANCES TYPE DES PROCÉDÉS DE TRAITEMENT ANAÉROBIE DES EAUX USÉES.....	451
TABLEAU 4.152 : PROBLÈMES D'EXPLOITATION COURANTS RENCONTRÉS PAR LES PROCÉDÉS DE TRAITEMENT BIOLOGIQUE.....	451
TABLEAU 4.153 : PERFORMANCES D'UN RÉACTEUR UASB ENREGISTRÉES DANS L'INDUSTRIE BRASSIÈRE.....	453

TABLEAU 4.154 : PERFORMANCES D'UN RÉACTEUR EGSB ENREGISTRÉES DANS L'INDUSTRIE BRASSIÈRE.....	456
TABLEAU 4.155 : PARAMÈTRES DE RÉALISATION POUR L'EXTRACTION DE L'AMMONIAQUE DANS LES EAUX USÉES DE L'INDUSTRIE SUCRIÈRE (CONDENSAT).....	460
TABLEAU 4.156 : PERFORMANCES D'EXTRACTION DU PHOSPHORE DE DIVERSES MÉTHODES DE TRAITEMENT DES EAUX USÉES	461
TABLEAU 4.157 : PERFORMANCES COMMUNIQUÉES POUR UNE ICW.....	468
TABLEAU 4.158 : CARACTÉRISTIQUES DES EAUX USÉES NON TRAITÉES DANS LE SECTEUR DU POISSON AINSI QUE LES RÉSULTATS DES MÉTHODES DE TRAITEMENT PRIMAIRE.....	475
TABLEAU 4.159 : QUELQUES COMBINAISONS DE TRAITEMENTS DES EAUX USÉES COMMUNIQUÉES PAR LE SECTEUR DES FRUITS ET LÉGUMES.....	478
TABLEAU 4.160 : PARAMÈTRES QUALITÉ DES EAUX USÉES TRAITÉES, DE L'EAU BRUTE ET DE L'EAU DE PROCÉDÉ.....	479
TABLEAU 4.161 : QUALITÉ DES SOURCES D'EAUX SOUTERRAINES D'UNE ENTREPRISE DE TRANSFORMATION DES LÉGUMES EN COMPARAISON AVEC LES VALEURS-CADRE DE L'OMS.....	480
TABLEAU 4.162 : COMPARAISON DES TRAITEMENTS ALTERNATIFS DESTINÉS AUX EAUX USÉES DE L'HUILE D'OLIVE.....	483
TABLEAU 4.163 : PROPRIÉTÉS DES EAUX USÉES AVANT ET APRÈS LE TRAITEMENT	484
TABLEAU 4.164 : CHIFFRES DE LA CONSOMMATION ÉLECTRIQUE.....	485
TABLEAU 4.165 : DESCRIPTION D'UN SYSTÈME DE TRAITEMENT DES EAUX USÉES DANS UNE ENTREPRISE DE TRANSFORMATION DES HUILES ET DES GRAISSES.	485
TABLEAU 4.166 : RÉSUMÉ DES DONNÉES DES DIFFÉRENTS DOMAINES D'APPLICATION	485
TABLEAU 4.167 : CARACTÉRISTIQUES DES EAUX USÉES DU SECTEUR DE L'AMIDON APRÈS TRAITEMENT.....	488
TABLEAU 4.168 : CONCENTRATION PAR ÉVAPORATION DE L'EAU DE PROCÉDÉ DE L'AMIDON DE POMMES DE TERRE – DONNÉES CONCEPTUELLES.....	490
TABLEAU 4.169 : CARACTÉRISTIQUES DU TRAITEMENT BIOLOGIQUE DES EAUX USÉES DANS UNE FABRIQUE D'AMIDON DE POMMES DE TERRE.....	490
TABLEAU 4.170 : PERFORMANCES DU TRAITEMENT DES EAUX USÉES DANS L'INDUSTRIE SUCRIÈRE DES PAYS NORDIQUES	493
TABLEAU 4.171 : PRODUCTION D'EAUX USÉES ET PRINCIPALES CARACTÉRISTIQUES DANS DES USINES DE SUCRE DANOISES.....	494
TABLE 4.172: CHARGES SPÉCIFIQUES DES EAUX USÉES APRÈS TRAITEMENT BIOLOGIQUE PENDANT UNE CAMPAGNE DE TRANSFORMATION DES BETTERAVES À SUCRE.....	494
TABLEAU 4.173 : CARACTÉRISTIQUES DES EAUX USÉES D'UNE BRASSERIE.....	497
TABLEAU 4.174 : RÉSUMÉ DE LA BAISSÉ DE LA POLLUTION EN TRAITANT LES EAUX USÉES DE LA CUVE-FILTRE.....	498
TABLE 4.175 : ÉMISSIONS CONTENUES DANS LES EAUX USÉES, PAR TONNE DE PRODUCTION INSTALLÉE, PROVENANT DE L'ACIDE CITRIQUE PAR FERMENTATION.....	500
TABLEAU 4.176 : DONNÉES DE REJET AVANT ET APRÈS LA MISE EN PLACE DE L'ENLÈVEMENT ET DU TRANSPORT À SEC DES VISCÈRES.....	514
TABLEAU 4.177 : TECHNIQUES MISES EN OEUVRE DANS L'INDUSTRIE DU FILETAGE DU HARENG POUR DIMINUER LA CONSOMMATION D'EAU ET LA POLLUTION DES EAUX USÉES.....	515

TABLEAU 4.178 : CONSOMMATEURS D'ÉNERGIE ET CONSOMMATION DU PELAGE À LA VAPEUR AVANT LA CONGÉLATION DES LÉGUMES.....	519
TABLEAU 4.179 : EFFET DES TECHNIQUES DU PRÉ-PELAGE PAR FROTTEMENT MÉCANIQUE ET DU PELAGE AU COUTEAU COMBINÉES SUR LA POLLUTION DE L'EAU DANS LA FABRICATION DE DEMI-POIRES AU SIROP.....	522
TABLE 4.180: EFFET DU PELAGE À LA SOUDE CAUSTIQUE SUR LA POLLUTION DE L'EAU DANS LA PRODUCTION DE DEMI-POIRES AU SIROP.....	524
TABLE 4.181: CONSOMMATEURS D'ÉNERGIE ET CONSOMMATION DU PELAGE À LA SOUDE CAUSTIQUE AVANT DE CONGELER LES LÉGUMES.....	524
TABLE 4.182 : COMPARAISON DES CONSOMMATIONS D'ÉNERGIE ET D'EAU ENTRE LES DIFFÉRENTES TECHNIQUES DE BLANCHIMENT.....	527
TABLEAU 4.183 : CONSOMMATEURS D'ÉNERGIE ET CONSOMMATIONS D'UN BLANCHEUR À TAPIS AVEC REFROIDISSEMENT À L'EAU	529
TABLEAU 4.184 : CONSOMMATEURS D'ÉNERGIE ET CONSOMMATIONS D'UN BLANCHEUR À TAPIS AVEC REFROIDISSEMENT À L'AIR.....	530
TABLEAU 4.185 : CONSOMMATEURS D'ÉNERGIE ET ORDRE D'INDICATEURS DE GRANDEUR DU BLANCHEUR À TAMBOUR.....	531
TABLEAU 4.186 : CONSOMMATEURS D'ÉNERGIE ET CONSOMMATIONS D'UN BLANCHEUR À TAMBOUR AVEC REFROIDISSEMENT À CONTRE-COURANT D'EAU	531
TABLEAU 4.187 : EXEMPLES DE RÉUTILISATION DE L'EAU DANS LE SECTEUR DES FRUITS ET LÉGUMES.....	534
TABLEAU 4.188 : COMPARAISON DES RENDEMENTS DES PROCÉDÉS D'EXTRACTION D'HUILE D'OLIVE BI-PHASE ET TRI-PHASE	537
TABLEAU 4.189 : AVANTAGES ET INCONVÉNIENTS DE LA SÉPARATION BI-PHASE COMPARÉS AU SYSTÈME TRI-PHASE DANS LA PRODUCTION D'HUILE D'OLIVE.....	538
TABLE 4.190 : CONSOMMATIONS D'ÉNERGIE DU DT ET DE L'OPÉRATION DE SÉCHAGE EN AVAL DANS L'EXTRACTION DES GRAINES OLÉAGINEUSES.....	540
TABLEAU 4.191 : CONSOMMATIONS ET NIVEAUX D'ÉMISSIONS LIÉS AU RAFFINAGE CHIMIQUE DES HUILES VÉGÉTALES.....	546
TABLEAU 4.192 : CONSOMMATIONS DU DÉGOMMAGE TRADITIONNEL ET DU DÉGOMMAGE ENZYMATIQUE DE L'HUILE VÉGÉTALE.....	550
TABLEAU 4.193 : COÛT DU DÉGOMMAGE TRADITIONNEL ET DU DÉGOMMAGE ENZYMATIQUE DE L'HUILE VÉGÉTALE.....	550
TABLEAU 4.194 : COMPARAISON DES SYSTÈMES DE REFROIDISSEMENT POUR GÉNÉRER LE VIDE DANS LA DÉSODORISATION DE L'HUILE VÉGÉTALE.....	553
TABLEAU 4.195 : VALEURS ÉNERGÉTIQUES D'UN DOUBLE DÉPOUSSIÉREUR ASSOCIÉ À UN SYSTÈME DE REFROIDISSEMENT À PASSAGE UNIQUE.....	555
TABLEAU 4.196 : VALEURS ÉNERGÉTIQUES D'UN SYSTÈME ALCALIN EN CIRCUIT FERMÉ.....	557
TABLEAU 4.197 : PERFORMANCES D'UN SYSTÈME DC	558
TABLEAU 4.198 : ÉCONOMIES D'EAU ET D'ÉNERGIE DANS UNE LAITERIE EN APPLIQUANT LA MÉTHODE UF POUR CALIBRER LES PROTÉINES.....	571
TABLEAU 4.199 : COMPOSITION DES EAUX USÉES GÉNÉRÉES PAR L'INDUSTRIE FROMAGÈRE.....	573
TABLEAU 4.200 : EXEMPLES DE RÉUTILISATION DE L'EAU DANS LES LAITERIES.....	577
TABLEAU 4.201 : CARACTÉRISTIQUES LTD ET HTD DE LA PULPE DE BETTERAVE SUCRIÈRE.....	582
TABLEAU 4.202 : DONNÉES-CADRE NORMALISÉES DES TROIS EXEMPLES D'USINE ALLEMANDE.....	590

TABLEAU 4.203 : COMPARAISON DES BILANS ÉNERGÉTIQUES DE TROIS OPTIONS DE DÉSHYDRATATION DE LA PULPE DE BETTERAVES ET D'UNE USINE SANS DÉSHYDRATATION EN ALLEMAGNE.....	591
TABLEAU 4.204 : COMPARAISON DES DÉPENSES ÉNERGÉTIQUES DES DIFFÉRENTES MÉTHODES DE DÉSHYDRATATION DE LA PULPE DE BETTERAVES.....	593
TABLEAU 4.205 : COMPARAISON DES DÉPENSES EXPRIMÉES EN VPN.....	594
TABLEAU 4.206 : CONCENTRATION MASSIQUE DES POUSSIÈRES APRÈS LE CYCLONE	601
TABLEAU 4.207 : COMPOSITION DES EFFLUENTS GAZEUX ISSUS DU REFROIDISSEMENT À L'AIR AVANT LEUR ÉPURATION.....	601
TABLEAU 4.208 : COMPARAISON DES CONSOMMATIONS ET DES ÉMISSIONS DE DIFFÉRENTS PROCÉDÉS DE TORRÉFACTION DU CAFÉ.....	603
TABLEAU 4.209 : CHIFFRES RELATIFS À LA CONSOMMATION ET AUX ÉMISSIONS DE LA LIGNE D'EMBOUTEILLAGE (2000).....	611
TABLEAU 4.210 : CHIFFRES RELATIFS À LA PRODUCTION, CONSOMMATION ÉNERGÉTIQUE ET GÉNÉRATION D'EAUX USÉES D'UNE FABRICATION DE BOISSONS ALCOOLISÉES DE 1999 À 2001.....	612
TABLEAU 4.211 : COMPARAISON DE LA CONSOMMATION ÉNERGÉTIQUE MOYENNE ENTRE LA TECHNOLOGIE ANCIENNE ET LA NOUVELLE.....	612
TABLEAU 4.212 : OPPORTUNITÉS D'ÉCONOMISER DE L'EAU ET DES EAUX USÉES DANS UNE BRASSERIE.....	620
TABLEAU 4.213 : OPPORTUNITÉS TYPE DE RÉDUCTION DE LA CONSOMMATION D'EAU DANS L'INDUSTRIE BRASSIÈRE.....	621
TABLEAU 4.214 : CONSOMMATION ÉNERGÉTIQUE DE LA SALLE DE BRASSAGE D'UNE GRANDE BRASSERIE AVEC LE PROCÉDÉ D'INFUSION DE LA TREMPE.....	621
TABLEAU 4.215 : CHIFFRES RELATIFS À LA CONSOMMATION POUR LE SÉCHAGE DE LA DDGS.....	626
TABLEAU 4.216 : CHIFFRES CONCERNANT LA CONSOMMATION ET LES ÉMISSIONS DE L'UNITÉ D'ÉVAPORATION DE LA VINASSE DANS UNE DISTILLERIE DE MÉLASSE ALLEMANDE.....	627
TABLEAU 5.217 : QUALITÉ TYPIQUE DES EAUX USÉES DE FDM APRÈS LEUR TRAITEMENT.....	642
TABLEAU 5.218 : NIVEAUX DE CONSOMMATION ET D'ÉMISSION ASSOCIÉS À LA PRODUCTION DE LAIT DE CONSOMMATION, À PARTIR D'UN LITRE DE LAIT REÇU	647
TABLEAU 5.219 : NIVEAUX DE CONSOMMATION ET D'ÉMISSION ASSOCIÉS À LA PRODUCTION DE LAIT EN POUDRE À PARTIR D'UN LITRE DE LAIT REÇU	648
TABLEAU 5.220 : NIVEAUX DE CONSOMMATION ET D'ÉMISSION ASSOCIÉS À LA PRODUCTION D'UN KG DE CRÈME GLACÉE	648

DOMAINE D'APPLICATION

Ce document reflète un échange d'informations sur les activités énumérées à l'annexe 1 sections 6.4 (b) et (c) de la Directive du Conseil 96/61/CE du 24 septembre 1996 sur la prévention et le contrôle intégrés de la pollution (directive PRIP), c'est-à-dire :

6.4. (b) *Traitement et transformation destinés à la confection de produits alimentaires à partir de :*

- *matière première animale (autre que le lait) d'une capacité de production de produits finis supérieure à 75 tonnes par jour*
- *matière première végétale d'une capacité de production de produits finis supérieure à 300 tonnes par jour (valeur moyenne sur une base trimestrielle).*

(c) *Traitement et transformation du lait, la quantité de lait reçue étant supérieure à 200 tonnes par jour (valeur moyenne sur une base annuelle)*

Le domaine d'application comprend toute la gamme d'activités que l'on peut trouver dans des installations européennes offrant des capacités dépassant les seuils susmentionnés.

Le document ne couvre pas les activités à petite échelle telles que la logistique de la restauration ou les activités dans les restaurants. De même, il ne couvre pas les activités alimentaires industrielles qui ne se servent pas des matières premières d'origine animale ou végétale, sauf lorsqu'elles constituent des activités associées, par exemple la transformation de l'eau minérale et la production de sel.

L'agriculture, la chasse et l'abattage des animaux sont exclus. La fabrication de produits autres qu'alimentaires comme par exemple le savon, les bougies, les produits cosmétiques, pharmaceutiques, la fabrication de gélatine et de colle à partir des fourrures, peaux et os est également exclue.

Un autre BREF dans la série, c'est-à-dire « Slaughterhouses and animal by-products BREF » [181, EC, 2003] couvre l'abattage des animaux. L'activité « abattage » est considérée comme prenant fin avec la réalisation des découpes standard sur les grands animaux et la production de carcasses propres entières vendables pour la volaille. Le champ d'application de ce BREF inclut également certains procédés visant les sous-produits d'origine animale et susceptibles de donner des produits alimentaires, c'est-à-dire la fusion de la graisse, la production de farine de poisson et d'huile de poisson, la transformation du sang et la fabrication de la gélatine.

D'une manière générale, l'emballage n'est pas compris, mais le conditionnement des produits FDM sur place est inclus.

Les aliments pour animaux, d'origine animale et végétale, figurent également dans le domaine d'application du présent document.

Les informations fournies sur les législations et standards nationaux ne figurent pas dans ce document. Elles sont disponibles dans un document à part téléchargeable à partir de la page Activités sur le site Web de l'EIPPCB, rubrique Additional Information (voir <http://eippcb.jrc.es>).

1 INFORMATIONS GÉNÉRALES

1.1 Description, chiffre d'affaires, croissance, emploi

Le secteur FDM fabrique à la fois des produits finis destinés à la consommation et des produits intermédiaires dont la transformation va se poursuivre. Une ventilation sectorielle dans l'UE-15 montre que, pour la plupart des catégories de produits FDM, la production est supérieure à la consommation. Dans l'UE-15, la valeur totale de la production dans le secteur FDM atteignait 593 milliards d'euros en 2000.

Les taux annuels de croissance de la consommation et de la production sont bas, ce qui est un comportement typique des marchés arrivés à maturité. Ainsi par exemple, la croissance en 1997 a été inférieure à 2 %. En terme d'emplois, le secteur FDM de l'UE-15 donne du travail à 2,7 millions de personnes, soit 11 % de la population travaillant dans le secteur industriel.

Des données en provenance de certains pays européens, sont présentées dans le Tableau 1.1 et le Tableau 1.2.

1998	Chiffre d'affaires (en millions d'EUR)	Effectifs	Nombre de sociétés	Exportations (en millions d'EUR)	Importations (en millions d'EUR)
Autriche	8000	60579	1386	–	–
Belgique	22700	86797	6776	10700	9420
Royaume Uni	100500	490000	2412	14000	26100
République tchèque	–	142000	947	1000	1520
Danemark	14000	81115	312	–	–
Pays-Bas	34000	108000	887	–	–
Estonie	610	21125	138	228	400
Finlande	8160	49000	713	840	1240
France	122400	403000	4250	18000	8300
Allemagne	116600	545000	6134	19070	23060
Grèce	5000	49000	524	–	–
Hongrie	8240	131000	4215	1846	774
Irlande	14000	47000	694	–	–
Italie	–	350000	30000	10300	7200
Pologne	19650	–	–	1180	1270
Portugal	10000	107000	2098	–	–
Espagne	52590	398000	3200	4530	4700
Suède	13510	60841	830	2110	4500
Total	549960	3129457	65516	83804	88484

Tableau 1.1 : Structure/production par pays (1998)
[1, CIAA, 2002]

2000	Production		Valeur ajoutée		Effectifs	
	Millions d'EUR	%	Millions d'EUR	%	x10 ³	%
Viande transformée	113000	19,1	21000	15,8	588	22,1
Produits à base de poisson	14000	2,4	3000	2,3	91	3,4
Fruits et légumes transformés	36000	6,1	8000	6,0	174	6,5
Huiles et graisses végétales	23000	3,9	2000	1,5	38	1,4
Produits laitiers	95000	16,0	14000	10,5	271	10,2
Produits à base de farine et d'amidon	21000	3,5	4000	3,0	61	2,3
Alimentation animale	37000	6,2	6000	4,5	90	3,4
Boissons	98000	16,5	28000	21,1	316	11,9
Autres produits FDM	156000	26,3	47000	35,3	1037	38,8
Total	593000	100	133000	100	2666	100

Tableau 1.2: Structure/production par secteur dans l'UE-15
[1, CIAA, 2002]

Statistiques plus détaillées, relatives aux quantités et valeurs totales de production dans les principales branches du secteur FDM de l'UE-15, selon Eurostat (1999), telles que résumées dans le Tableau 1.3.

Code ¹ NACE	Description du code	Tous les pays, en 1999	
		Quantité totale (en milliers de tonnes)	Valeur totale (en millions d'EUR)
15.11	Viande fraîche et en conserve, volaille exceptée	26026	40653
15.12	Viande de volaille fraîche et en conserve	6759	11690
15.13	Produits à base de viande et de viande de volaille	11445	34236
15.20	Poisson et produits à base de poisson transformés et en conserve	4908	12494
15.31	Pommes de terre, transformées et en conserve	4054	4246
15.32	Jus de fruits et de légumes	7644	5445
15.33	Fruits et légumes transformés et en conserve n.c.a	15485	16151
15.40	Huiles et graisses d'origine animale et végétale	14922	4362
15.42	Huiles et graisses raffinées	7466	5445
15.43	Margarine et graisses alimentaires similaires	2041	3524
15.51	Produits laitiers	74477	65267
15.52	Crèmes glacées et autres glaces alimentaires	1928	3956
15.61	Produits de meunerie	42587	15431
15.62	Amidons et produits à base d'amidon	11058	3764
15.71	Aliments préparés pour animaux de ferme ²	215045	50091
15.72	Aliments préparés pour animaux de compagnie	5115	4505
15.81	Pain, pâtisseries fraîches et cakes	10620	21360
15.82	Biscottes et biscuits ; produits de pâtisserie et cakes conservés	3466	12377
15.83	Sucre	16700	8924
15.84	Cacao, chocolat et confiseries	5857	22105
15.85	Pâtes, par exemple macaronis, nouilles, couscous et produits farineux similaires	4930	4934
15.86	Café et thés	2102	9747
15.87	Condiments et assaisonnements	2917	5024
15.88	Préparations alimentaires homogénéisées et alimentation diététique	624	2616
15.89	Autres produits alimentaires n.c.a.	3784	8416
15.91	Boissons alcooliques distillées potables	1087	5831
15.92	Alcool éthylique provenant de matières fermentées	1367	773
15.93	Vins	13184	20169
15.94	Autres boissons fermentées comme le cidre, le poiré et l'hydromel, les boissons mélangées contenant de l'alcool	379	408
15.95	Vermouth et autres vins parfumés élaborés à partir de raisins fraîches	330	449
15.96	Bière brassée à partir de malt	28030	17256
15.97	Malt	4516	1154
15.98	Eaux minérales et boissons non alcoolisées	64407	26661
	Valeur totale	615260	449464

¹Le code NACE est une classification des activités dans l'Union Européenne basée sur une interprétation de l'International Standard Industrial Classification (ISIC) [229, EC, 1990].
²Ces chiffres incluent ceux de la production de l'industrie alimentaire (125 millions de tonnes) et de la production au moyen des mixeurs domestiques. Ceci explique pourquoi le chiffre d'affaires mentionné pour l'industrie alimentaire dans le Tableau 1.2 est de 37 milliards d'euros et non pas de 50 milliards d'euros.

Tableau 1.3: Production de l'EU-15 dans les principaux secteurs (1999)
[1, CIAA, 2002]

1.2 Structure du secteur

Les statistiques disponibles montrent que le secteur FDM, dans l'UE-15, comprend presque 26 000 sociétés dont la plupart ont plus de 20 employés.

Comparé à de nombreux autres secteurs industriels, le secteur FDM de l'UE-15 présente une diversité exceptionnelle. Cette diversité peut être considérée en les termes suivants : taille et nature des sociétés, étendue de la gamme de matières premières, produits, procédés et combinaisons nombreuses de chacun, et production de produits globaux homogénéisés ainsi que de nombreuses spécialités et produits traditionnels à des échelles nationales ou même régionales. Le secteur est également sujet à des conditions économiques, sociales et environnementales locales très diverses, et soumis à des législations nationales variables.

L'industrie FDM de l'UE-15 est plutôt fragmentée. Environ 92 % du secteur est composé de PME bien que certains secteurs comme celui de la fabrication du sucre comptent de très grandes entreprises. Cette fragmentation et cette diversité, ainsi que des systèmes divergents de recueil des données dans les différents États membres rendent difficile d'établir des chiffres exacts pour le secteur dans son ensemble.

Ce secteur est éparpillé dans toute l'Europe, dans les régions très industrialisées comme en zones rurales. Traditionnellement, la production industrielle a été étroitement liée à la production primaire, au climat et aux ressources naturelles, par exemple la terre et l'eau, donc aux exigences réelles de la technique de production particulière. Ces paramètres influent lourdement sur la structure et le site géographique d'une production industrielle spécifique. Bien que ce type de dépendance soit en train de diminuer, elle continue de rester vraie dans de nombreux secteurs. Ainsi par exemple, certains secteurs demeurent concentrés dans des régions spécialisées, comme par exemple la transformation du poisson, habituellement rencontrée dans des pays ou régions ayant un accès direct à la mer et pratiquant traditionnellement la pêche ; l'huile d'olive de son côté est principalement fabriquée dans les pays méditerranéens, notamment en Andalousie (Espagne). D'autres activités telles que la production et le raffinement du sucre, la meunerie et les industries laitières se retrouvent dans tous les pays. Certaines activités de la production FDM posent des exigences spéciales aux ressources naturelles, telles que la nécessité de recevoir des eaux pour pouvoir rejeter de grandes quantités d'eaux usées traitées. Pour cette raison, les entreprises sucrières et raffineries de sucre, les entreprises dédiées à la conservation des fruits et légumes sont normalement situées près de l'eau.

1.3 Commerce

Pour de nombreuses sociétés, l'exportation de leurs produits hors d'Europe représente une part importante de leurs activités commerciales. En 2001, le secteur FDM de l'UE-15 a exporté pour une valeur totale de 45 milliards d'euros, ce qui représente 79 % des exportations totales européennes de produits agricoles et FDM. Cette valeur a légèrement décliné par rapport aux statistiques de 1998.

Les États-Unis sont le principal marché d'exportation ouvert aux produits FDM européens. Les marchés japonais, suisse et russe sont importants eux aussi. Le Tableau 1.4 récapitule, en termes financiers, les principales destinations des produits FDM de l'UE-15 en 2001.

Destination des exportations	milliards d'EUR
États-Unis	9,085
Japon	3,716
Suisse	2,617
Russie	2,569
Canada	1,361
Pologne	1,157
Norvège	1,030
Australie	0,776
République Tchèque	0,767
Corée du Sud	0,741
Algérie	0,721
Israël	0,528
Turquie	0,425
Total	25,493

Tableau 1.4: Principaux pays importateurs des produits FDM de l'UE-15 en 2001 (en milliards d'euros) [3, CIAA, 2001]

Le Tableau 1.5 récapitule les principaux secteurs individuels FDM d'exportation en 2000.

Secteur	%
Viande transformée	11,5
Produits à base de poisson	2,2
Fruit et légumes	6,1
Huiles et graisses végétales	6,0
Produits laitiers	12,3
Produits à base de farine et d'amidon	4,9
Alimentation animale	4,8
Confiseries	9,1
Sucres	3,9
Boissons	30,3
Total	91,1

Tableau 1.5 : Exportations de EU-15, par secteurs, en 2000 [1, CIAA, 2002]

1.4 Forces en présence sur le marché : demande, distribution et concurrence

1.4.1 Demande

Dans l'ensemble de l'UE-15, un nombre sans cesse croissant de facteurs socio-économiques affectent les schémas de consommation. Ces schémas ont conduit à une certaine diversification par rapport aux modèles traditionnels de consommation et d'achats. Ces dernières années, les consommateurs européens ont développé une homogénéité assez importante dans leurs styles de vie et cela se reflète dans les schémas de consommation et d'achats afférents à une gamme croissante de produits. Néanmoins, les produits FDM conservent des éléments de spécificité culturelle liés à la tradition et régionale. Ainsi, bien que les consommateurs veuillent pouvoir acheter les mêmes objets et produits de qualité dans l'ensemble de l'UE-15, ils exigent aussi de pouvoir opter pour/choisir différents produits liés à leur propre tradition ou culture. Ceci peut se refléter au niveau national, régional voire même local, et peut aussi varier au fil de l'année.

1.4.2 Distribution

Des activités de contrôle des coûts, comme par exemple les technologies destinées à économiser de la main-d'œuvre, des perfectionnements intervenus dans la logistique et les canaux de

distribution ont été introduits. En général, la plupart des produits FDM tendent à être distribués par les grandes chaînes de vente au détail, bien que des différences substantielles persistent entre les pays.

1.4.3 Concurrence

Comme c'est le cas dans la plupart des marchés à maturité, le secteur FDM est aux prises avec une forte pression concurrentielle et avec une concentration progressive du marché. En fait, même si une vaste fragmentation demeure dans la plupart des pays, la taille et la puissance économique correspondante des sociétés deviennent cruciales lorsqu'elles veulent contrebalancer la puissance de négociation croissante des détaillants et atteindre la « masse critique » minimum en termes de volumes de production.

1.5 L'importance de la sécurité des aliments dans la transformation

Au moment d'identifier les « meilleures techniques disponibles » (MTD) dans l'industrie FDM, il faut examiner, outre les considérations environnementales, d'autres exigences et interdictions prévues par la loi. Il existe des exigences spécifiques, relatives par exemple à la sûreté des aliments, et ces exigences sont actualisées de temps en temps. Toutes les entreprises de production FDM, quelle que soit leur taille, leur emplacement géographique ou leur position dans le procédé de production, doivent se conformer aux standards de sécurité alimentaire requis.

La réalisation des standards requis est plus facile si tous les opérateurs détenteurs de responsabilités collaborent étroitement. L'industrie FDM a identifié cinq domaines clés pouvant assurer la sécurité alimentaire au jour le jour, c'est-à-dire des systèmes améliorés à cet effet, la traçabilité, la gestion des crises, l'identification des risques et la communication. L'application de tels principes peut aussi être considérée par rapport à la protection de l'environnement. Là où existent des systèmes de gestion de qualité développés par exemple à partir de l'ISO 9001 *Système de Qualité – Modèle d'assurance qualité dans la conception / le développement, la production, l'installation et la maintenance*, et ISO 9002 *Système de Qualité - Modèle d'assurance qualité dans la production, l'installation et la maintenance*, la maîtrise de l'utilisation de tels systèmes peut faciliter l'utilisation de systèmes environnementaux équivalents apparentés à des standards.

Les lois sur la sécurité alimentaire peuvent exercer une influence sur les considérations d'ordre environnemental. Ainsi par exemple, les exigences de sûreté et d'hygiène alimentaires peuvent affecter les exigences visant l'utilisation d'eau pour nettoyer l'équipement et l'installation, rendant nécessaire d'utiliser de l'eau chaude, d'où l'apparition de considérations énergétiques. De même, les eaux usées sont contaminées par des substances utilisées à des fins d'hygiène pour nettoyer et stériliser, par exemple pendant la production et la mise sous emballage des produits FDM à longue durée de vie. Ces problématiques doivent être examinées pour garantir que les standards d'hygiène seront respectés, mais en tenant compte du contrôle de l'utilisation de l'eau, de l'énergie, du détergent et d'un produit stérilisant.

Un soin particulier a été apporté à ce que rien dans le présent document n'entre en conflit avec la législation applicable sur la sûreté des aliments

1.6 Cadre législatif des aliments, les boissons et produits laitiers

Dans l'UE-15, la protection du consommateur, de l'environnement et l'élimination des obstacles s'opposant à la libre circulation des biens figurent parmi les préoccupations principales de la législation sur les produits FDM. Le cadre législatif de l'UE-15 est basé sur des mesures horizontales couvrant des catégories de produits, ainsi que sur des mesures dites

verticales spécifiques à des produits de base, dérivées de la politique agricole ou du système agro-monnaire.

A l'instar de la législation générale régissant par exemple les secteurs financiers, environnementaux, sanitaires et sécuritaires, le secteur FDM est également régi par une législation spécifique, très détaillée et complète, commençant aux portes de la ferme et prenant fin dans l'assiette du repas. Cette législation couvre les principaux domaines suivants :

- Sécurité de la nourriture de l'homme et des aliments pour animaux (contaminants, résidus de pesticides, qualité de l'eau destiné à la consommation d'aliments, contrôle officiel des produits alimentaires, matériaux en contact avec les produits alimentaires)
- Hygiène de la nourriture de l'homme et des aliments pour animaux (règles générales, règles sanitaires concernant les produits alimentaires d'origine animale)
- Composition de la nourriture de l'homme et des aliments pour animaux (additifs, arômes, aides à la transformation, OGM)
- Information du consommateur (règles générales d'étiquetage, déclaration quantitative des ingrédients, identification des lots, indication du prix unitaire)
- Nutrition de l'homme et de l'animal, étiquetage de la nourriture humaine et des aliments pour animaux
- Ionisation
- Production organique

La section 1.7 se réfère à certains points sélectionnés de la législation sur l'environnement. D'autres éléments de la législation environnementale valent aussi pour l'industrie, dont par exemple la Directive 98/83/CE sur la qualité de l'eau destinée à la consommation humaine.

1.7 Le secteur FDM et l'environnement

Le secteur FDM dépend souvent de la qualité des ressources naturelles et notamment de la qualité de la terre et de l'eau, d'où la très grande importance de préserver l'environnement dans lequel sont cultivées les matières premières.

Le niveau de pollution des eaux usées et la quantité de déchets produits par l'industrie peuvent représenter une charge significative dans certains pays ou régions. Tandis que la plupart des émissions provenant de l'industrie sont biodégradables, certains secteurs utilisent des matières comme le sel et la saumure qui résistent aux méthodes de traitement conventionnelles et peuvent introduire, par exemple, des résidus de pesticides utilisés sur les produits agricoles sources.

Dans de nombreux pays européens, ce secteur n'a traditionnellement pas été lourdement réglementé par la législation environnementale. Le « moteur » qui a conduit ce secteur à améliorer ses performances environnementales a par conséquent été basé sur des améliorations d'efficacité, par exemple en maximisant l'utilisation de matières qui à leur tour conduisent à une minimisation des déchets.

Il y a actuellement une tendance visant à se concentrer sur les systèmes proactifs de gestion environnementale, sur la conservation des ressources naturelles et sur les performances des techniques visant à réduire les déchets. Pour assurer la pérennité, il faut examiner et contrôler les approvisionnements en matières premières, la transformation des aliments, leur transport, leur distribution, leur préparation et leur élimination. Tant la production primaire que la transformation dépendent de façon critique de ce que la fourniture d'eau soit fiable et cette dernière d'une qualité appropriée, en conformité avec les exigences légales.

Pour le secteur FDM, c'est un défi que de se plier aux exigences de la Directive sur les emballages 94/62/CE, en empêchant la production de déchets d'emballage, en réutilisant et en recyclant, ainsi qu'en récupérant les déchets d'emballage. L'emballage joue un rôle essentiel dans la conservation et la protection contre la manipulation, la détérioration et la contamination au cours de la fabrication, de la distribution et de la vente. C'est aussi un outil de marketing et

de vente qui véhicule des informations par exemple sur les ingrédients, les teneurs en nutriments, des instructions sur la cuisson et des informations sur le stockage.

La gestion efficace des emballages et la minimisation des déchets d'emballage tombent sous la responsabilité du secteur FDM ainsi que des agriculteurs, détaillants et consommateurs. Dans ce contexte, les normes CEN sur les emballages, dont par exemple EN 13427:2000 [195, CEN, 2000], EN 13428:2000 [196, CEN, 2000] et EN 13431:2000 [197, CEN, 2000], s'avèrent très utiles. Ces normes fournissent des directives aux opérateurs leur permettant de respecter les exigences essentielles consignées dans la Directive sur les emballages 94/62/CE. Elles offrent la flexibilité requise pour encourager l'innovation et permettre d'adapter l'emballage aux besoins des consommateurs. Elles peuvent aussi être incorporées dans les systèmes de gestion de l'environnement et de la qualité dans les entreprises.

Les SME impliquent de développer des politiques et directives, d'établir des objectifs et programmes, d'allouer des responsabilités environnementales à l'intérieur d'une structure organisationnelle, d'activités de formation et de communication, de la conduite de l'exploitation, et de réaliser des enquêtes et audits.

De nombreuses entreprises du secteur FDM ont appliqué un système SME et certaines sont certifiées ou en cours de certification selon ISO 140001 ou selon le Système de management environnemental et d'audit (SMEA) de l'UE-15. En 2003, le secteur FDM était le secteur comptant le plus grand nombre d'organisation enregistrées dans le SMEA puisqu'il représente à lui seul 9 % de toutes les organisations qui y sont enregistrées (la section 4.1.1 contient des informations avancées à ce sujet).

1.7.1 Problématiques environnementales clés

Pour le secteur FDM, la consommation d'eau est l'une des problématiques environnementales clés. La majeure partie de l'eau qui n'est pas utilisée comme ingrédient se retrouve finalement dans le flux d'eaux usées. Il est typique que les eaux usées FDM non traitées présentent de fortes teneurs en DCO et DBO. Elles peuvent être 10 à 100 fois plus élevées que dans les eaux domestiques. La concentration des matières en suspension (MES) varie de négligeable à des pics de 120 000 mg/l. Les eaux usées non traitées en provenance de certains secteurs comme la production de viande, poisson, produits laitiers et huile végétale contiennent de fortes teneurs en matières grasses, huiles et graisses (FOG).

Les principaux polluants issus des procédés FDM sont la poussière, les COV et les odeurs. Les fluides frigorigènes contenant de l'ammoniac et des halogènes peuvent s'échapper accidentellement. L'odeur reste un problème local lié soit au procédé soit au stockage des matières premières, des sous-produits ou des déchets.

Le bruit peut également être un problème pour certaines entreprises ; il est généralement lié aux mouvements de véhicule et à la réfrigération.

Les extrants solides provenant d'installations FDM se composent de sous-produits, coproduits et de déchets. Les principales sources d'extrants solides sont les déversements accidentels, fuites, débordements, les produits défectueux / renvoyés, les pertes intrinsèques, les matières retenues qui ne peuvent pas s'écouler librement vers le stade suivant du procédé, et les déchets déposés par la chaleur.

Le secteur FDM dépend de l'énergie pour exécuter les procédés que la fraîcheur et la sécurité alimentaire exigent. La transformation mécanique, par exemple la préparation et le calibrage des matières premières, et la transformation thermique, par exemple la déshydratation, sont les techniques les plus communément utilisées pour conserver et transformer les aliments. Toutes deux requièrent des quantités importantes d'énergie. Le chauffage processuel consomme environ 29 % de l'énergie totale utilisée par le secteur FDM. Le refroidissement et la réfrigération processuels représentent environ 16 % de l'énergie totale consommée.

Chapitre 1

Le Tableau 1.6 illustre les problématiques environnementales clés affectant certains secteurs FDM.

	Conso- -mma- tion d'eau	Eau usée	Utilisation de produits chimiques	Pollution de l'air	Bruit	Odeur s	Extrants solides	Utilisation d'énergie pour le/la	
								Chau- ffage	Refroidisse- ment et réfrigé- ration
Viande et volaille	oui	oui		oui		oui	oui	oui	oui
Poissons et fruits de mer	oui	oui			oui	oui	oui	oui	oui
Fruits et légumes	oui	oui					oui	oui	oui
Huiles et matières grasses	oui	oui	oui	oui		oui	oui	oui	oui
Produits laitiers		oui	oui	oui	oui	oui	oui	oui	oui
Pâtes sèches	oui			oui				oui	
Amidon	oui	oui		oui			oui	oui	
Sucre	oui	oui					oui	oui	
Boissons	oui	oui					oui	oui	oui
Brasseries	oui	oui		oui	oui	oui	oui	oui	oui
Fermentation à l'acide citrique	oui	oui					oui	oui	

Ce tableau montre les problématiques environnementales clés pour chaque secteur ; les données qu'il contient ne représentent pas de comparaisons de quantités

Tableau 1.6 : Problématiques environnementales pour certains secteurs FDM

2 PROCÉDÉS ET TECHNIQUES APPLIQUÉS

La fabrication dans le secteur FDM est une activité diversifiée faisant appel à de nombreux procédés. Il y a des variations considérables même dans la fabrication de produits similaires. Tous les procédés utilisés dans ce secteur ne peuvent pas être décrits en détails dans ce document ; ce dernier couvre néanmoins une très vaste gamme du secteur tout entier. La section 2.1 fournit une description succincte des techniques processuelles et formes d'activités utilisées dans le secteur FDM, et inclut leurs objectifs et leur champ d'application. L'application de techniques de traitement et formes d'activités dans certains secteurs FDM est décrite à la section 2.2. Les principales problématiques environnementales sont énumérées au chapitre 3 avec les données de consommation et d'émission.

2.1 Techniques de transformation et modes d'exploitation

Les techniques de transformation et les formes d'activités les plus couramment utilisées dans le secteur FDM sont indiquées au Tableau 2.7.

A. Réception et préparation des matières	
A.1	Manutention et stockage des matières
A.2	Trier / cribler, calibrer, décortiquer équeuter / égrapper et parer
A.3	Peler
A.4	Laver
A.5	Décongeler
B. Réduction de taille, mixtion et formage	
B.1	Couper, découper en tranches, trancher, émincer, dépulper et presser
B.2	Mixer / mélanger, homogénéiser et concher
B.3	Broyer / moudre et écraser
B.4	Former/mouler et extruder
C. Techniques de séparation	
C.1	Extraction
C.2	Désionisation
C.3	Affinage
C.4	Centrifugation et décantation
C.5	Filtrage
C.6	Séparation membranaire
C.7	Cristallisation
C.8	Enlèvement des acides gras libres (AGL) par neutralisation
C.9	Blanchiment
C.10	Désodorisation par fractionnement à la vapeur
C.11	Décoloration
C.12	Distillation
D. Technologie de transformation des produits	
D.1	Trempeage
D.2	Dissolution
D.3	Solubilisation / alcalisation
D.4	Fermentation
D.5	Coagulation
D.6	Germination
D.7	Saumurage / salaison et macération
D.8	Fumage
D.9	Durcissement
D.10	Sulfitage
D.11	Carbonatation
D.12	Carbonation
D.13	Enduction / pulvérisation / enrobage / agglomération / encapsulation
D.14	Vieillessement

E. Traitement thermique	
E.1	Fusion
E.2	Blanchiment
E.3	Cuisson et ébullition
E.4	Cuisson au four
E.5	Torréfaction
E.6	Friture
E.7	Tempérage
E.8	Pasteurisation, stérilisation et traitement UHT
F. Concentration par la chaleur	
F.1	Évaporation (liquide vers liquide)
F.2	Séchage (liquide vers solide)
F.3	Déshydratation (solide vers solide)
G. Traitement par enlèvement de chaleur	
G.1	Refroidissement, application d'un froid vif et stabilisation par le froid
G.2	Congélation
G.3	Congélation – séchage / lyophilisation
H. Opérations de post-traitement	
H.1	Conditionnement et remplissage
H.2	Rinçage au gaz et stockage sous gaz
U. Procédés utilitaires	
U.1	Nettoyage et désinfection
U.2	Génération et consommation d'énergie
U.3	Utilisation d'eau
U.4	Génération de vide
U.5	Réfrigération
U.6	Génération d'air comprimé

Tableau 2.7 : Techniques de transformation et modes d'exploitation les plus communément utilisés dans le secteur FDM.

[1, CIAA, 2002]

Les matières premières utilisées par le secteur FDM sont des produits naturels susceptibles de varier d'une saison à l'autre et d'une année sur l'autre. Pour cette raison, il peut être nécessaire d'adapter les procédés de production pour tenir compte des changements intervenant dans les caractéristiques des matières premières.

Transformer une matière première en un produit implique normalement de lui appliquer toute une gamme de techniques de transformation liées entre elles pour former une chaîne de production.

2.1.1 Réception et préparation des matières (A)

2.1.1.1 Manutention et stockage des matières (A.1)

2.1.1.1.1 Objectif

La manutention des matières comprend la réception, le déballage, le stockage et le convoyage interne des matières premières, produits intermédiaires, produits finis et autres extrants, les déchets compris.

2.1.1.1.2 Champ d'application

La manutention et le stockage s'utilisent dans les tous les locaux du secteur FDM.

2.1.1.1.3 Description des techniques, méthodes et équipements

Les matières solides sont habituellement livrées en sacs empilés sur des palettes, ou dans des conteneurs. Elles peuvent être livrées congelées, conditionnées en blocs standard avec des

parois en carton. Elles sont généralement transportées par des élévateurs fourches et stockées dans des entrepôts. D'assez importantes quantités de matières premières solides et de poudres sont très généralement livrées en vrac. Elles sont déchargées et passent directement à la transformation, ou sont ensilées en vue de leur utilisation future. Les matières premières solides peuvent être convoyées par eau, c'est souvent le cas par exemple des légumes, racines et tubercules, par air dans le cas par exemple des particules solides et de la poudre, ou par tapis convoyeurs, élévateurs, convoyeurs à vis sans fin et pompes.

Les matériaux liquides sont habituellement livrés en vraquiers puis pompés vers des réservoirs de stockage. Le transport interne des liquides a lieu en les pompant à travers un réseau de tuyauteries pouvant être étendu et complexe. Les quantités de liquides assez petites peuvent aussi être livrés dans conteneurs en vrac ou dans des fûts qui sont ensuite transportés vers des zones de stockage par des élévateurs à fourche.

Les gaz tels que le N₂, le CO₂ et le SO₂ sont livrés et stockés dans des réservoirs pressurisés spéciaux. Lorsqu'on a besoin de ces gaz, ils sont connectés au système concerné et pompés à travers le réseau de tuyauteries sous l'effet de différentiels de pression. Ainsi par exemple, le SO₂ entre dans le raffinage du sucre et la vinification, le N₂ et le CO₂ de leur côté servent dans le conditionnement et l'application d'un froid vif.

2.1.1.2 Triage / criblage, calibrage, décortilage, équeutage / égrappage et parage (A.2)

2.1.1.2.1 Objectif

La plupart des matières premières contiennent des parties non comestibles et présentent des caractéristiques physiques variables. Les techniques de transformation telles que le tri ou le criblage, le calibrage, le décortilage, l'équeutage ou l'égrappage et le rognage sont nécessaires pour conférer aux matières premières l'uniformité requise et pouvoir poursuivre leur transformation. Un détecteur de métaux peut également être utilisé pour garantir l'extraction de toutes particules métalliques présentes dans la matière première.

2.1.1.2.2 Champ d'application

Ces techniques de transformation constituent la première séquence dans le traitement des fruits et légumes. On les utilise aussi dans la transformation de la viande, des œufs et du poisson.

2.1.1.2.3 Description des techniques, méthodes et équipements

Le **trilage ou criblage** des matières sèches et mouillées est la séparation de matières premières et/ou pâtes liquides en catégories elles-mêmes basées sur la géométrie, la taille, le poids, l'aspect et la couleur. Le triage à sec est utilisé dans l'industrie maltière pour sélectionner des grains de taille régulière. Le triage mouillé est utilisé pour les pâtes liquides afin d'en retenir les composants.

Le triage par tailles et le nettoyage à sec des matières premières agricoles séparent les solides en deux fractions ou plus. Le triage par tailles revêt une importance particulière pour les produits FDM qui ont été échauffés ou refroidis, étant donné que de fortes différences de taille peuvent provoquer une transformation excessive ou insuffisante du produit. Pour trier par la taille, différents types de cribles et de tamis, à orifices fixes ou variables, sont utilisables. Les cribles peuvent être en en poste fixe, rotatifs ou vibrants. Le triage par la géométrie peut être réalisé manuellement ou mécaniquement par exemple par une trieuse à tapis ou à rouleaux. Le triage par le poids est une méthode très précise utilisée, par conséquent, pour les marchandises d'assez grande valeur comme les viandes découpées, les œufs, les fruits tropicaux et certains légumes. La transformation par imagerie interposée s'utilise pour trier les aliments en fonction de leur longueur, de leur diamètre et de leur apparence, c'est-à-dire en fonction de défauts superficiels et de l'orientation de l'aliment sur un convoyeur. Et enfin le triage par la couleur des objets

défectueux et décolorés peut être appliqué aux débits de passage élevés et fait appel à des trieurs par couleur pilotés par microprocesseur.

Le triage permet également de séparer certaines matières indésirables à première vue, par exemple les feuilles et les pierres, ou des matières premières inadéquates telles que des baies non mûres ou pourries, et vise à assurer que seuls des aliments de bonne qualité seront mis en conserve et transférés vers la suite de la transformation.

Le calibrage consiste à évaluer un certain nombre de caractéristiques des aliments pour obtenir une indication de leur qualité d'ensemble. Cette technique est normalement appliquée par des opérateurs entraînés. Les viandes par exemple sont examinées par des inspecteurs pour détecter la présence de maladies, vérifier la répartition de la graisse, la taille des carcasses et la géométrie. Le fromage et le thé par exemple sont d'autres produits calibrés. Dans certains cas, le calibrage est fondé sur les résultats d'analyses en laboratoire.

Dans l'industrie vinicole, le calibrage couvre le nécessaire classement des raisins récoltés en fonction de leur degré de maturité, par exemple de leur teneur en sucres. De nombreuses caractéristiques ne se laissent pas examiner automatiquement et l'on recourt à des opérateurs entraînés pour évaluer simultanément plusieurs caractéristiques afin d'obtenir un produit d'une qualité uniformément élevée. Le calibrage revient plus cher que le triage vu les frais élevés de personnel qualifié qu'il implique.

Le décortilage consiste à enlever l'enveloppe des légumes et les coques des fèves de cacao. Pour retirer les coques des grains de cacao, on commence par briser ces derniers entre des rouleaux dentés ajustables. Les brisures sont ensuite séparées en fractions par tamisage. Chaque fraction est traitée avec un flux d'air qui emporte les morceaux de coque, légers, avec lui. Ce procédé de cassure et de traitement au flux d'air est souvent appelé vannage.

Le décortilage est aussi souvent appliqué dans les procédés de broyage des graines de soja. Le décortilage de ces graines est toujours précédé d'une séquence de chauffage qui facilite l'enlèvement des enveloppes. La facilité avec laquelle on décortique des légumes dépend de l'épaisseur de gaine de la graine ; ce décortilage peut avoir lieu à l'aide de méthodes mouillées ou sèches. La méthode mouillée implique de faire tremper les légumes quelques heures dans de l'eau, et ensuite de les égoutter, faire sécher, moudre puis d'appliquer un flux d'air pour enlever la gaine de la graine. Dans la méthode sèche, on ajoute de l'huile aux graines que l'on fait passer ensuite par des rouleaux à revêtements émeri pour en abraser la surface. Cette pratique est courante avec les légumes dont les graines présentent des gaines particulièrement tenaces.

L'équeutage ou l'égrappage consiste à retirer les queues des fruits et légumes, par exemple des raisins. Ce procédé s'utilise dans la vinification.

Le parage sert à retirer soit les parties non comestibles, soit les parties présentant des défauts, ou à découper la matière première jusqu'à ce qu'elle atteigne une taille la rendant apte à la poursuite de la transformation. Le parage peut être réalisé manuellement ou par des couteaux rotatifs.

2.1.1.3 Pelage (A.3)

2.1.1.3.1 Objectif

Le pelage a pour but de retirer la peau / l'écorce des fruits et légumes crus. Ceci améliore l'apparence et le goût du produit fini. Pendant le pelage, il faut réduire les pertes en retirant aussi peu que possible de la chair sous-jacente, tout en obtenant néanmoins une surface proprement pelée.

2.1.1.3.2 Champ d'application

Le pelage est appliqué à une échelle industrielle aux fruits, aux légumes, aux racines, aux tubercules et aux pommes de terre.

2.1.1.3.3 Description des techniques, méthodes et équipements

Le pelage à la vapeur, le pelage au couteau, le pelage par abrasion, le pelage caustique et le pelage à la flamme sont différentes méthodes de pelage. Ces techniques sont décrites aux sections 4.7.3.4 - 4.7.3.4.7 incluses.

2.1.1.4 Lavage (A.4)

2.1.1.4.1 Objectif

Cette section s'applique uniquement au lavage des matières FDM, pas au nettoyage des équipements ou à l'installation composant le procédé. L'objectif du lavage est le suivant : retirer et séparer les composants indésirables pour assurer que la surface des aliments se trouve dans un état apte à la poursuite de la transformation. Les composants indésirables peuvent comprendre des salissures ou des restes de pelures, de la saumure utilisée pour la conservation, de la terre, des micro-organismes, des résidus de pesticides et des sels.

2.1.1.4.2 Champ d'application

Le lavage est largement appliqué, comme première séquence de transformation, aux plantes sarclées, aux pommes de terre, aux céréales, aux fruits et légumes.

2.1.1.4.3 Description des techniques

Il existe différents types de machines et systèmes qui ont été adaptés au lavage des matières. Le lavage peut être réalisé par pulvérisation d'eau sous pression ou par immersion à l'aide de brosses ou en secouant et mélangeant les matières. Parfois, certaines substances de nettoyage sont ajoutées. Il est possible d'utiliser de l'eau chaude mais cela peut accélérer la détérioration chimique et microbiologique sauf si l'on pilote soigneusement la durée du lavage et du procédé.

Les salissures, une fois qu'elles se sont détachées, diffèrent usuellement à un point tel du produit que la séparation effective entre ces salissures et le produit a lieu directement normalement, c'est-à-dire par décantation. Les légumes à demi transformés peuvent arriver dans l'entreprise dans des saumures concentrées ; si c'est le cas, il faudra retirer le sel excédentaire en les rinçant à l'eau courante.

2.1.1.5 Décongélation (A.5)

2.1.1.5.1 Objectif

Lorsque les matières premières, c'est-à-dire le poisson et la viande, arrivent congelées, il faut les décongeler avant de poursuivre leur transformation. La décongélation est parfois appelée « dégivrage ». Dans le présent document, le terme « dégivrage » sert à décrire l'enlèvement du givre de l'intérieur d'un réfrigérateur ou d'une chambre frigorifique.

2.1.1.5.2 Champ d'application

Vu que la transformation de viande ou de poisson congelé(e) est une activité courante, la décongélation est largement utilisée dans ces secteurs. Elle s'emploie aussi dans certains autres secteurs comme la production des plats précuisinés.

2.1.1.5.3 Description des techniques, méthodes et équipements

La décongélation à la température ambiante est lente comparée à l'emploi d'eau ou d'air chaud. Ce dernier peut provoquer la prolifération rapide de micro-organismes sur les couches superficielles du produit dégelé et empêcher la réabsorption d'eau décongelée. Ceci provoque les pertes d'égouttage disgracieuses et souvent néfastes au plan nutritionnel. L'utilisation de

l'énergie des micro-ondes, laquelle n'est pas communiquée par conduction aux couches de l'aliment congelées, est un procédé de décongélation plus rapide et moins dommageable.

La décongélation traditionnelle de la viande et du poisson a lieu sous l'eau courante. Dans ce cas, on immerge entièrement la viande ou le poisson dans des bassins remplis d'eau. Il est possible également de décongeler la viande et le poisson avec de l'air se trouvant à des températures contrôlées. La décongélation par pulvérisation s'utilise aussi. Le dessalement et la décongélation ont lieu en même temps.

2.1.2 Réduction de taille, mixtion et modelage (B)

2.1.2.1 Coupe, découpage en tranches, hachage, éminçage, dépulpage et pressage (B.1)

2.1.2.1.1 Objectif

La coupe, le découpage en tranches, le hachage, l'éminçage, le dépulpage et le pressage ont pour but de réduire la taille de la matière en vue de poursuivre sa transformation et d'améliorer sa qualité de dégustation ou son aptitude à une consommation directe.

2.1.2.1.2 Champ d'application

Ces opérations sont largement appliquées dans le secteur FDM. Ainsi par exemple, elles entrent dans la transformation de la viande, du poisson, du fromage, des fruits et légumes, des pommes de terre, de différentes plantes comme la betterave sucrière.

2.1.2.1.3 Description des techniques, méthodes et équipements

Une vaste panoplie d'équipements est disponible, normalement adaptée au produit à transformer. L'équipement peut fonctionner sous l'action d'une énergie ou être utilisé manuellement, ceci dépendant de l'échelle des opérations.

Le découpage sert à réduire la taille de matières de grande à moyenne taille. Des couteaux, lames, fendoirs ou scies servent habituellement au découpage. Le découpage est une opération importante dans la transformation de la viande et du poisson. Le découpage de la viande a lieu après l'abattage pour apprêter et partager les carcasses, pour retirer les abats et les appendices, et est couvert par le document « Slaughterhouse and animal by-products BREF ». Dans les entreprises de boucherie, la réduction des carcasses se poursuit avec les découpes de détail au niveau des jointures, avec désossage, enlèvement la peau et de la graisse. La viande préparée pour une poursuite de la transformation (par exemple en jambon, bacon ou saucisse) est initialement traitée de la même manière que la viande fraîche et sera ensuite soumise à d'autres opérations de transformation. Ces dernières peuvent inclure le désossage, découpage, dégraissage, découpage en tranches, hachage, éminçage et l'émulsification. L'équipement de coupe utilisé dans la transformation de la viande comprend des fendoirs, scies circulaires ou droites entraînés par une énergie et destinés à partager les carcasses, et des scies à ruban chargées de poursuivre la réduction de taille des carcasses. Tous ces équipements marchent à l'électricité. Des machines de découpage spéciales sont utilisées pour détacher la couenne et la graisse de la viande de porc. La découpe des pommes de terre en prélude à la confection des chips implique souvent l'emploi de trancheuses hydrauliques dans lesquelles les pommes de terre sont véhiculées par de l'eau à grande vitesse vers des lames fixes.

Le découpage en tranches donne des morceaux de matière d'épaisseur égale. L'équipement de découpage en tranche se compose de lames rotatives ou alternatives qui coupent les aliments lorsqu'ils passent dessous. Parfois, la matière est poussée contre les lames par la force centrifuge. Dans d'autres cas, par exemple le découpage en tranches de produits carnés, la matière est maintenue sur un chariot tandis qu'elle traverse la lame. Les fruits durs comme les pommes sont simultanément découpés en tranches et épépinés tandis qu'ils passent de force sur

des couteaux stationnaires dans un tube. Dans l'industrie sucrière, les betteraves à sucre sont découpées en tranches appelées « cossettes ».

Une variante du découpage en tranches est le découpage en dés, utilisé avec la viande, les fruits et les légumes. Avant le découpage en dés, les aliments sont d'abord découpés en tranches puis en lanières par des lames rotatives. Les lanières passent ensuite sur une seconde batterie de lames rotatives fonctionnant à angle droit par rapport à celles de la première batterie, pour être découpées en dés.

Le hachage sert à fractionner les matières premières en petites particules. Le hachage pour obtenir une pulpe grossière est appliqué à la viande, aux fruits et aux légumes. Pendant le hachage, la matière est placée dans un bol en rotation lente et subit l'action d'un ensemble de lames tournant à grande vitesse. Cette technique est couramment utilisée dans la confection des saucisses et produits similaires. On peut moduler le degré de réduction de taille en jouant sur la vitesse des lames et la durée du hachage et, dans des cas extrêmes, on peut hacher la matière jusqu'à lui conférer si nécessaire la consistance d'une émulsion.

L'éminçage sert principalement à réduire et homogénéiser la taille de la viande. Un hache-viande sert à émincer la viande. Il s'agit d'une presse à vis de construction légère utilisant un disque à découper ou des lames rotatives à sa sortie. Ce procédé combine le découpage et l'extrusion, la viande devant traverser une plaque garnie d'orifices.

Le dépulpage sert principalement à réduire et homogénéiser la taille des fruits et légumes. Une surface rugueuse mobile rompt les fruits et légumes et force leur matière à traverser un orifice, ce qui produit une masse homogénéisée. Les dépulpeuses les plus courantes sont les dépulpeuses à tambour et les dépulpeuses à disques. Parfois, le procédé de dépulpage sert à extraire le jus.

Le pressage s'emploie pour extraire la partie liquide des raisins, d'autres matières premières ou le marc après la macération. Le pressage s'utilise dans la vinification, dans l'élaboration de certaines boissons alcoolisées et la confection de jus de fruits ou de légumes.

Il y a deux principaux types de presses. La presse pneumatique horizontale comprend une membrane pneumatique gonflée située au centre de la presse. Les baies sont pressées lentement pour en libérer le jus, habituellement connu sous le nom de moût pour le vin, le cidre et le poiré, lequel jus gagne ensuite un réservoir, tandis que les parts solides demeurent dans la presse. Dans une presse à compression hydraulique, les raisins sont placés dans une cage qui leur sert de contenant pendant le pressage. Un plateau horizontal presse les raisins verticalement et le moût qui s'écoule à travers la cage est collecté dans un réservoir en vue de la poursuite du traitement. Les raisins demeurent dans la cage. Il existe aussi d'autres types de presses, par exemple les presses à tapis et les presses horizontales.

2.1.2.2 Mixtion / mélange, homogénéisation et conchage (B.2)

2.1.2.2.1 Objectif

Le but de ce groupe d'opérations est d'obtenir un mélange uniforme de deux ou plusieurs composants ou d'obtenir une distribution égale des tailles des particules dans une matière alimentaire. Une amélioration des caractéristiques et des qualités de dégustation peut résulter de ces opérations.

2.1.2.2.2 Champ d'application

Ces opérations sont largement appliquées dans presque tous les secteurs FDM.

2.1.2.2.3 Description des techniques, méthodes et de l'équipement

La mixtion ou le mélange signifient la combinaison de matières différentes. Dans ces opérations, on réduit la distribution spatiale des composants séparés pour obtenir un certain degré d'homogénéité.

Le mélange de solides avec des solides a lieu par exemple pendant la confection d'aliments pour animaux, de mélanges de thés et de cafés, de soupes en poudre, de mélanges pour gâteaux, de crème anglaise, de mélanges pour crèmes glacées et mélanges de malt. Les équipements de mixtion couramment utilisés comprennent des tambours tournants, des mixeurs rotatifs, des mélangeurs à pales et à rubans et des vis mélangeuses sans fin logées dans des récipients cylindriques ou en forme de cônes et des vis sans fin d'entraînement à vitesse variable. D'une manière générale, les cyclones font partie intégrante du procédé servant à récupérer la poussière présente dans l'air extrait. La matière récupérée est ensuite retraitée.

Le mélange de solides avec des liquides a lieu par exemple pendant la production d'aliments en conserve et de produits laitiers. Ce type de mixtion est également utilisé notamment dans la production de chocolats et de bonbons où les ingrédients sont mélangés tant qu'ils sont à l'état plus ou moins liquide, ingrédients qui se solidifient ensuite pendant leur refroidissement. Avec les mélanges visqueux, on se sert de machines à pétrir. Avec les mélanges à faible viscosité, on se sert de différents types de mélangeurs, impellers et agitateurs.

Le mélange de liquides avec des liquides a lieu par exemple pendant la production d'émulsions telles que la mayonnaise, la margarine et les mixtures de solutions. Ce type de mixtion est également utilisé pour mélanger différents vins ou eaux minérales entre eux / elles ou avec des additifs et ingrédients supplémentaires. Différents types de mélangeurs, impellers et agitateurs sont utilisés.

Et enfin le mélange de liquides avec des gaz a lieu par exemple pendant la confection de crèmes glacées, de crème fouettée et de certaines confiseries. Pendant le séchage par pulvérisation, la phase liquide est mélangée à un flux de gaz. On se sert d'atomiseurs pour produire de petites gouttelettes liquides amenées en contact avec un flux de gaz. Pendant la confection de crèmes glacées, de crème fouettée ou de mousse, de petites bulles de gaz pénètrent dans un liquide.

L'homogénéisation a pour but d'atteindre une taille de particules plus égale ou un mélange plus homogène de matières. On l'applique par exemple au lait entier pour réduire la taille des globules de matière grasse pour qu'ils restent uniformément répartis dans le lait, ce qui empêche la séparation de la matière grasse et la remontée de la crème. On force le liquide, c'est-à-dire le lait entier, à traverser un petit orifice à une pression élevée comprise entre 200 et 300 bar.

Le conchage est une méthode spéciale de pétrissage utilisée par l'industrie chocolatière. On place la pâte de chocolat fondue dans un récipient en forme d'auge et on la pétrit au moyen d'un rouleau en granit décrivant un mouvement lent de va-et-vient. L'objectif du conchage consiste à réduire la viscosité de la masse et d'améliorer le goût et la texture.

2.1.2.3 Broyer / moudre et écraser (B.3)

2.1.2.3.1 Objectif

Broyer ou moudre sont des opérations utilisées pour réduire la taille de matières solides sèches. Elles peuvent aussi améliorer la qualité de dégustation et/ou l'appétit de la matière à la poursuite de sa transformation. C'est le principal procédé utilisé dans l'industrie céréalière et celle des aliments pour animaux ; on l'utilise aussi dans les entreprises sucrières et les rhumeries pour écraser le sucre de canne et faciliter l'extraction du sucre. **L'écrasement** couvre par exemple la rupture de la peau des baies et des raisins pour libérer le moût.

2.1.2.3.2 Champ d'application

La mouture et le broyage sont utilisés là où l'on transforme des matières solides sèches, par exemple la mouture jusqu'à obtention de farine, d'aliments pour animaux, de semoule, la

brasserie, les secteurs sucriers et laitiers. **L'écrasement** est nécessaire pour faciliter la multiplication des levures et aussi pour réaliser des macérations traditionnelles avant le pressage ; c'est le cas par exemple dans la vinification.

2.1.2.3.3 Description des techniques, méthodes et équipements de transformations

Toute une gamme de techniques et équipements servant à **moudre et à broyer** sont disponibles pour traiter différents types d'aliments. Ces techniques peuvent être appliquées sèches ou mouillées. La mouture ou le broyage mouillé permettent d'obtenir des particules de plus petite taille. Souvent l'on combine la technique sèche avec le tamisage ou le tri par air, ce qui donne des fractions de particules d'une certaine taille. On se sert d'une manière générale de systèmes réducteurs, par exemple de cyclones, comme parties intégrantes du procédé dans le but de récupérer la poussière en suspension dans l'air extrait. La matière ainsi récupérée subit ensuite un retraitement.

Les types de broyeurs couramment utilisés dans le secteur FDM sont des broyeurs à marteaux, broyeurs à boules, à rouleaux et à disques. Un broyeur à marteaux se compose d'une chambre horizontale ou verticale garnie d'une plaque de casse en acier et contient un rotor tournant à grande vitesse équipé de marteaux sur sa longueur. La matière est brisée par les forces d'impact tandis que les marteaux la catapultent contre la plaque de casse. Un broyeur à boules se compose d'un cylindre en acier horizontal tournant lentement, à moitié rempli de boules en acier faisant entre 2,5 et 15 cm de diamètre. La taille finale des particules dépend de la vitesse de rotation et de la taille des boules. Un broyeur à rouleaux se compose de deux ou plusieurs rouleaux en acier contrarotatifs et qui pour cette raison forcent les particules alimentaires à traverser l'espace libre entre les rouleaux, ou interstice de pincement. La taille de cet interstice peut être ajustée en fonction des différentes matières alimentaires. Un broyeur à disques se compose soit d'un seul disque rotatif situé dans un carter fixe, soit de deux disques contrarotatifs. La matière alimentaire traverse l'interstice ajustable entre le disque et le carter ou entre les disques. Les broyeurs à disques présentent des dents engrenant entre elles et fixées contre les disques et les carters. Ceci améliore l'efficacité du broyage.

2.1.2.4 Formage / Modelage et extrusion (B.4)

2.1.2.4.1 Objectif

Le formage ou modelage et l'extrusion sont des opérations utilisées pour conférer une forme spécifiée à des matières solides.

2.1.2.4.2 Champ d'application

Le formage ou modelage est une opération très répandue dans la production du chocolat, du pain, des biscuits, la confiserie et la production des pâtés. Il constitue une importante séquence dans l'élaboration du fromage. **L'extrusion** est beaucoup utilisée dans la production des saucisses de viande, dans les produits de confiserie et dans les snacks à base d'amidon.

2.1.2.4.3 Description des techniques, méthodes et équipements

Dans le **formage ou modelage**, la matière, qui se présente sous une forme visqueuse, est envoyée à un moule approprié. Tandis que le procédé de moulage progresse, la matière acquiert de la fermeté et se solidifie au point d'acquiescer une forme fixe.

L'extrusion est un procédé de modelage continu. La matière est pétrie sous haute pression et forcée à passer en permanence par des orifices ayant la forme requise. Dans les extrudeuses à cuisson, la matière est également thermotraitée et cuite pour solubiliser les amidons. Les extrudeuses peuvent contenir une ou deux vis sans fin. La rotation des vis transporte et mélange la matière et génère la montée en pression.

2.1.3 Techniques de séparation (C)

2.1.3.1 Extraction (C.1)

2.1.3.1.1 Objectif

L'objectif de l'extraction est de récupérer les composants solubles de valeur présents dans les matières premières, en commençant par les dissoudre dans un solvant liquide afin que les composants puissent être séparés et extraits plus tard du liquide. L'objectif n'est pas toujours de récupérer, de la matière première, un composé particulier sous sa forme pure. Ceci signifie que par fois, l'extraction sert à séparer la totalité des composés solubles présents dans les résidus ; un exemple d'extraction est celle du café.

2.1.3.1.2 Champ d'application

L'extraction est un procédé employé à grande échelle dans le secteur FDM. Ainsi par exemple, dans l'extraction du sucre de la betterave sucrière ou de la canne à sucre, de l'huile présente dans les graines oléagineuses et dans le marc vierge, l'extrait de café présent dans les grains, la caféine présente dans les grains de café et différents autres composés tels que les protéines, pectines, vitamines, pigments, huiles essentielles, composés aromatiques et agents de sapidité à partir de nombreuses matières différentes.

2.1.3.1.3 Description des techniques, méthodes et équipement

L'extraction fonctionne selon le principe suivant : les composants solubles peuvent être séparés des insolubles ou moins solubles en les dissolvant dans un solvant approprié. Les matières premières aptes à l'extraction peuvent contenir soit uniquement des solides, soit des solides et une solution, soit des solides et un liquide. L'extraction solide / liquide est parfois appelée lessivage. Lorsque le composant soluble est incorporé dans un liquide, il est possible de recourir à l'extraction pour récupérer le composant soluble de valeur. Habituellement, l'extrait est le produit ou produit intermédiaire et le résidu est un déchet ou dérivé. L'efficacité du procédé d'extraction dépend de la sélectivité du solvant. Les solvants usuels comprennent l'eau, les solvants organiques tels que l'hexane, le chlorure de méthylène, l'acétate d'éthyle et l'alcool. Le CO₂ supercritique est utilisé dans l'extraction du café.

Les matières premières sont habituellement prétraitées pour garantir l'extraction efficace des composés voulus. Ainsi par exemple les betteraves sucrières et les cannes à sucre sont coupées en tranches fines, les noix et les graines sont broyées ou transformées en flocons, les grains de café sont torréfiés et moulus, les feuilles de thé sont séchées et broyées.

La méthode d'extraction la plus simple consiste à répéter l'extraction à l'aide d'un solvant neuf et s'appelle l'extraction à flux latéral. Toutefois, cette méthode est rarement utilisée en raison des coûts du solvant et parce que l'extrait qui en découle s'avère très peu concentré. La méthode la plus couramment utilisée est l'extraction à contre-courant. Une difficulté de l'extraction réside dans la récupération de la matière extraite présente dans le solvant. Cette récupération peut avoir lieu par évaporation, cristallisation, distillation ou fractionnement à la vapeur.

Pour les flux de matières et de liquides, de nombreuses méthodes de transport différentes sont en principe possibles. Certains exemples de systèmes de transport comprennent communément des plateaux perforés connectés à un convoyeur ininterrompu ou en boucle se déplaçant horizontalement ou verticalement ; des convoyeurs à vis sans fin qui transportent des matières solides dans un flux à contre-courant, verticalement ou vers le haut selon la pente d'un plan incliné, les vis sans fin sont ajourées pour obtenir un flux uniforme de liquide, et finalement un tapis continu perforé où le solvant circule sous l'action d'une pompe et pulvérisé sur le dessus de la matière solide.

2.1.3.2 Désionisation (C.2)

2.1.3.2.1 Objectif

La désionisation ou échange d'ions sert à retirer les constituants organiques ou inorganiques indésirables présents dans l'eau et les produits alimentaires. Voir également l'électrodialyse à la section 2.1.3.6.

2.1.3.2.2 Champ d'application

Dans l'industrie laitière, la désionisation est appliquée à la transformation du petit-lait. Pour l'application de solides à base de petit-lait dans la nourriture humaine et les aliments pour nourrissons, des taux réduits de constituants minéraux sont nécessaires. La désionisation est aussi largement utilisée dans le secteur FDM pour le traitement de l'eau alimentée par chaudière et destinée à la génération d'électricité et de vapeur, et la production d'eau processuelle désionisée. La désionisation est également appliquée pour enlever des substances organiques légèrement ionisées.

2.1.3.2.3 Description des techniques, méthodes et équipements

Normalement, la désionisation consiste à faire passer le produit à travers une colonne contenant des microbilles de résine échangeuse d'ions. Les microbilles comportent un grand nombre de sites actifs capables de retenir toute une gamme de métaux, de molécules inorganiques non métalliques et de constituants organiques ionisés. Les colonnes fonctionnent par charges successives et ont besoin de se régénérer lorsque les microbilles sont épuisées ou saturées. Cette régénération a normalement lieu par traitement des colonnes et des microbilles qu'elles contiennent au moyen d'un ensemble de produits chimiques qui enlèvent les impuretés et régénèrent les sites actifs.

2.1.3.3 Affinage (C.3)

2.1.3.3.1 Objectif

L'affinage est un procédé consistant à clarifier des liquides, c'est-à-dire à en retirer les particules en suspension qui leur confèrent de la turbidité.

2.1.3.3.2 Champ d'application

La production de vins pétillants et de bière.

2.1.3.3.3 Description des techniques, méthodes et équipements

L'agent d'affinage introduit provoque la floculation des minuscules particules troubles et leur précipitation hors de la solution. Ces particules sont des protéines, polyosides, polyphénols, complexes ferreux et cuivreux. Pour que l'action d'affinage ait lieu, il faut que les charges électriques entre l'agent d'affinage et les particules soient de polarité opposée, ce qui signifie qu'il faut choisir soigneusement l'agent d'affinage en fonction de l'effet recherché. La nature et la dose de l'agent d'affinage peuvent être déterminées par des tests en laboratoire. Par ailleurs, certains autres traitements peuvent être techniquement classés comme exemples du procédé d'affinage, tels que l'élimination du fer à l'aide de ferrocyanure de potassium.

Les agents d'affinage utilisés peuvent être divisés en deux grands groupes : organiques et minéraux. Certains agents d'affinage organiques sont la gélatine, la colle de poisson, l'albumine des œufs, l'albumine sanguine, l'alginate, les caséines et les caséinates. Voici quelques agents d'affinage minéraux : les bentonites, le gel de silicium et les tanins œnologiques.

2.1.3.4 Centrifugation et décantation (C.4)

2.1.3.4.1 Objectif

La centrifugation et la décantation servent à séparer de liquides les liquides et solides non mélangeables. La séparation a lieu par exploitation soit de la force centrifuge, soit de l'attraction exercée par la pesanteur.

2.1.3.4.2 Champ d'application

Ces méthodes sont généralement utilisées dans l'industrie laitière pour clarifier le lait, écrémer le lait et écumer le petit-lait, concentrer la crème, produire de la caséine et la récupérer dans l'industrie fromagère, ainsi que dans la transformation du lactose et des protéines du petit-lait. Elles servent aussi dans les technologies des boissons, la transformation / récupération des jus de légumes et de fruits, du café, du thé, de la bière, du vin, du lait de soja, la fabrication du beurre de cacao, celle du sucre et le traitement des eaux usées.

2.1.3.4.3 Description des techniques, méthodes et équipements

Lorsque les différences de densité sont importantes et que le temps ne représente pas un facteur limitatif, on exploite l'attraction de la pesanteur. Ce procédé s'appelle la **décantation** et peut se dérouler par charges successives ou en continu. Le procédé par charges successives a lieu dans des récipients contenant un liquide avec, dispersées dedans, des particules solides de plus haute densité que lui. Au bout d'un certain temps, ces particules plus lourdes tombent au fond du récipient. Si l'on réduit sa hauteur et agrandit la surface de son fond, il est possible de raccourcir le temps de décantation. Dans le procédé continu, le liquide contenant les particules boueuses est introduit à une extrémité du procédé et s'écoule vers un déversoir de trop-plein. Il est possible d'accroître la capacité de décantation du récipient en ajoutant des plaques chicanes horizontales et verticales.

La centrifugation sert à séparer les mélanges de deux ou plusieurs phases, sachant que l'une est une phase continue. Il y a deux façons générales d'exploiter les centrifugeuses. Le systèmes fonctionnant en continu et les systèmes exigeant des pauses de nettoyage. Dans les systèmes continus, les boues peuvent être déchargées au cours du procédé. La force motrice derrière la séparation est la différence de densité entre les phases. L'utilisation de la force centrifuge accélère le procédé de séparation. La force centrifuge nécessaire est obtenue en faisant tourner les matières. La force générée dépend de la vitesse et du rayon de rotation. Dans le lait cru, le lait écrémé par exemple représente la phase continue, la matière grasse étant une phase discontinue formée de globules de graisse faisant quelques microns, et une troisième phase est composée de particules solides. Dans la production de la bière, la clarification du moût a lieu au moyen de l'hydrocyclone dans lequel les particules troubles du moût sont séparées par un flux tangentiel.

Les centrifugeuses sont classées en quatre groupes :

- Les centrifugeuses tubulaires et à bol discoïde
- Centrifugeuses à bol massif et décharge par buse ou vanne
- Bol convoyeur, convoyeur alternatif et centrifugeuses à paniers
- Hydrocyclones ou whirlpools

Une centrifugeuse tubulaire se compose d'un cylindre vertical tournant à une vitesse comprise entre 15 000 et 50 000 t/mn à l'intérieur d'un carter fixe. Elle sert à séparer des liquides non miscibles entre eux, par exemple l'huile végétale et l'eau, ou à séparer des solides d'un liquide. Les deux composants sont séparés en deux couches annulaires, le liquide ou solide le plus dense se retrouvant plus près des parois du bol. Ensuite, les deux couches sont déchargées séparément. La centrifugeuse à bol discoïde est généralement plus répandue dans le secteur FDM vu qu'elle permet une meilleure séparation du fait que les couches de liquide sont plus minces. Le bol cylindrique contient des cônes inversés ou des disques et les liquides ne doivent se déplacer que

sur une courte distance pour que la séparation ait lieu. Ces centrifugeuses fonctionnent à une vitesse comprise entre 2 000 et 7 000 t/mn et des débits pouvant atteindre 150 000 l/h. Les centrifugeuses à bol discoïdes servent à séparer la crème du lait, à clarifier les huiles, les extraits de café et les jus, ou à séparer l'amidon des pâtes liquides.

Une centrifugeuse à bol massif est la centrifugeuse la plus simple pour séparer des solides d'un liquide ; on l'utilise lorsqu'il faut extraire de petites quantités de solides hors de grands volumes de liquides. Elle se compose d'un bol cylindrique rotatif. La liqueur est introduite dans le bol ; les matières solides se déposent contre les parois du bol tandis que le liquide se répand au-delà du sommet du bol. Les tourteaux peuvent être retirés sans qu'il faille arrêter la centrifugeuse. Les liqueurs contenant une forte part de matières solides, c'est-à-dire > 3 % pondéraux, peuvent être séparées à l'aide de centrifugeuses de décharge à buses ou à vanne. Ces centrifugeuses sont des centrifugeuses à bol discoïde modifiées présentant un bol à double cône qui permet de décharger automatiquement les solides. Ces types de centrifugeuses servent à traiter les huiles, les jus, les bières et les amidons pour en récupérer les parts solides, par exemple les cellules de levure. Elles offrent un débit atteignant 300 000 l/h. La centrifugeuse à bactéries constitue un type spécial : elle fait appel à un procédé centrifuge à haute vitesse permettant de séparer les cellules bactériennes et les spores d'une part, du lait d'autre part.

Les centrifugeuses à bol convoyeur ou décanteur, à convoyeur alternatif et à panier servent lorsque la matière alimentée contient de fortes teneurs en matières solides et en boues. On les utilise pour récupérer les protéines animales, par exemple la caséine précipitée du lait écrémé, les protéines végétales, pour séparer les boues de café, de cacao et de thé, et pour retirer les boues des huiles. Dans la centrifugeuse à bol convoyeur, le bol massif tourne à 25 t/mn, donc plus vite que le convoyeur à vis sans fin. Ceci convoie de force les solides vers l'extrémité de la centrifugeuse, tandis que la fraction liquide se déplace vers l'extrémité présentant un plus grand diamètre. La centrifugeuse à convoyeur alternatif sert à séparer les solides fragiles comme les cristaux par exemple, des liqueurs.

La matière alimentée pénètre dans un panier en rotation via un entonnoir qui tourne à la même vitesse. Il accélère progressivement le liquide pour le porter à la vitesse du bol et réduire ainsi les forces de cisaillement. Le liquide traverse des perforations ménagées dans la paroi du bol. Lorsque la couche de matière solide s'est formée, elle est poussée en avant par le bras alternatif. La centrifugeuse à panier présente un panier perforé tapissé d'un moyen de filtration tournant à 2 000 t/mn. La séparation a lieu de façon cyclique, un cycle durant entre 5 et 30 minutes. Au cours des trois séquences du cycle, la liquide admis pénètre d'abord dans le bol tournant lentement, la vitesse augmente ensuite et la séparation a lieu ; finalement la vitesse du bol diminue et l'on extrait le tourteau par la base. Les débits peuvent atteindre 90 000 l/h

Un hydrocyclone type comprend une section conique se terminant en une section cylindrique. L'hydrocyclone est doté d'un orifice d'admission tangentiel et obturé par une plaque terminale, avec un tube déversoir, ou détecteur de tourbillon, monté axialement. L'extrémité de la portion conique se termine par un orifice sommital circulaire. Pendant le fonctionnement, la boue sous pression refoulée par la pompe est forcée de passer par l'orifice d'admission tangentiel, fait qui provoque un puissant mouvement tourbillonnaire. La fraction de boues contient les particules plus légères déchargées par l'orifice déversoir, et les boues restantes et les solides sont déchargés par l'orifice affecté au flux de fond.

2.1.3.5 Filtrage (C.5)

2.1.3.5.1 Objectif

La filtration consiste à séparer des matières en suspension dans un liquide à l'aide d'un moyen poreux, un crible ou une toile filtrante, qui retient les solides et laisse passer les liquides. La filtration de l'air est examinée aux sections 4.4.3.7.1, 4.4.3.7.2 et 4.4.3.7.3.

2.1.3.5.2 Champ d'application

Dans le secteur FDM, la filtration sert à clarifier les produits liquides en leur retirant de petites quantités de particules solides et en récupérant ensuite le filtrat comme par exemple avec le vin, la bière, les huiles et les sirops, et à séparer un liquide d'une quantité importante de matière solide pour obtenir le filtrat ou le tourteau, ou les deux, ce qui est le cas avec les jus de fruits et la bière.

2.1.3.5.3 Description des techniques, méthodes et équipements

La technique fait appel soit à la **filtration sous pression**, c'est-à-dire par application d'une pression du côté admission, soit à la **filtration par dépression**, c'est-à-dire par application d'une dépression du côté de sortie du filtrat.

Les deux principaux types de **filtration sous pression** sont la presse à plateaux et à cadres, et le filtre à feuille.

La presse filtrante à plateaux et à cadres se compose de ces éléments disposés en alternance et retenus par une paire de rails. Le cadre creux est séparé du plateau par la toile filtrante. La pâte liquide entre, pompée, par un orifice ménagé dans chaque cadre ; le filtrat traverse la toile et s'écoule par gravité dans les surfaces rainurées des plateaux, puis est évacué via un conduit de sortie situé à la base de chaque plateau. Le filtre fonctionne à une pression comprise entre 250 et 800 kPa. La presse filtrante est exploitée par charges successives ; le temps de cycle optimal dépend de la résistance développée par le tourteau de filtration et par le temps requis pour démonter puis réassembler la presse. Cette presse peut servir lorsque le démontage, la vidange et le réassemblage des presses ont lieu de façon semi-automatique. Parfois, on se sert d'aides à la filtration telles que la perlite ou la terre à diatomées à titre de pré-enduit ou d'alimentation pour améliorer la filtration. L'équipement est fiable, d'une maintenance facile, et son usage est très répandu notamment pour produire du jus de pommes, du cidre, ainsi que dans le raffinage des huiles alimentaires. La presse filtrante à membrane est un type spécial de presse filtrante à plateaux et cadres. Une membrane est montée sur la plaque à laquelle on peut appliquer de l'air ou de l'eau sous pression. Du fait de la plus forte pression (jusqu'à 20 bar) s'exerçant sur le tourteau de filtration, on récupère plus de liquide et le tourteau de filtration est plus sec.

La nécessité de développer des unités offrant une beaucoup plus forte capacité a conduit à introduire les filtres à feuilles. Il s'agit de feuilles maillées enduites dans le moyen de filtration et soutenues sur un cadre creux qui forme le conduit de sortie du filtrat. Les feuilles peuvent être empilées horizontalement ou verticalement. La liqueur entrante est pompée dans la cellule à une pression d'approximativement 400 kPa. Une fois que la filtration est terminée, les résidus solides présents sur les feuilles en sont chassés à l'air à comprimé ou lavés.

Les filtres à dépression sont normalement exploités en continu. La liqueur est aspirée à travers la plaque ou toile filtrante, et les solides se déposent sur la toile. La différence de pression sur le côté aval de la plaque filtrante est normalement limitée à 100 kPa du fait du coût de la génération de vide. Parfois, les aides à la filtration sont utilisées sous forme de pré-enduit ou d'alimentation destiné(e) à améliorer la filtration. Dans ces cas-là, on se sert d'un couteau pour gratter les résidus solides. Il existe deux types courants de filtre à dépression : le filtre à tambour rotatif et le filtre à disque rotatif à vide.

Les filtres à tambour rotatif se composent d'un cylindre à rotation lente divisé en compartiments eux-mêmes recouverts d'une toile filtrante et connectés à une pompe centrale génératrice de vide. Tandis que le tambour tourne, il trempe dans un bain de liqueur. Le filtrat traverse la toile filtrante du compartiment immergé. Lorsque le compartiment émerge de nouveau du bain, le tourteau filtré est aspiré exempt de liqueur puis lavé. Le tambour continuant de tourner, la dépression disparaît dans le compartiment en question et le tourteau filtrant est détaché de la toile par application d'air comprimé, puis enlevé par un racloir. La même procédure a lieu pour chaque compartiment, à tour de rôle, tandis que le cycle se répète.

Les filtres à disque rotatif sous vide se composent d'une série de disques verticaux tournant lentement dans un bain de liqueur, de façon similaire aux filtres à tambour. Chaque disque est divisé en segments et chaque segment présente un orifice de sortie vers un arbre central. Les disques sont équipés de racloirs servant à enlever en continu les résidus solides.

2.1.3.6 Séparation par membrane (C.6)

2.1.3.6.1 Objectif

La séparation par membrane sert à retirer d'une solution, de façon sélective, de l'eau, des solutés et/ou la matière en suspension à l'aide de membranes semi-perméables. Cette séparation est considérée comme étant une technique de fractionnement.

2.1.3.6.2 Champ d'application

La séparation par membrane s'applique à la concentration de liquides comme le petit-lait du fromage, l'enlèvement des sels du petit-lait ou de l'eau, le fractionnement du petit-lait et la purification de l'eau.

2.1.3.6.3 Description des techniques, méthodes et équipements

Le secteur FDM utilise deux techniques de séparation par membrane, à savoir la séparation par membrane et l'électrodialyse.

La séparation par membrane est une technique de filtration entraînée par la pression ; dans cette technique, une solution doit traverser de force une membrane poreuse. Certains des solides dissous sont retenus du fait que leur taille moléculaire est trop grande et ne leur permet pas de passer. Les plages de tailles dépendent du type de membranes utilisées. Le fractionnement du flux a lieu ; certaines molécules sont retenues du côté amont de la membrane et forment le concentré ou rétentat. Les molécules de plus petite taille traversent la membrane et pénètrent dans le flux de perméat.

Les différentes techniques de séparation peuvent être caractérisées par la taille des pores de leur membrane. La microfiltration en flux tangentiel (MFT) peut servir pour retirer des bactéries du lait écrémé, ou pour fractionner le lait écrémé en un rétentat riche en caséine et en un lactosérum exempt de caséine ; les pores de la membrane font entre 0,1 et 5 microns. L'ultrafiltration (UF) s'applique à la fois au lait écrémé et au petit-lait, pour concentrer leurs composants protéiques respectifs ; la taille des pores des membranes est comprise entre 10 et 100 nm. Les membranes de nanofiltration (NF) présentent une perméabilité sélective envers les minéraux et certaines molécules organiques et inorganiques de petite taille ; la NF s'utilise de façon prédominante pour concentrer et prédéminéraliser (enlever le sel) du petit-lait ; la taille des pores de la membrane de NF est comprise entre 1 et 10 nm. Les membranes d'osmose inverse (OI) sont perméables à l'eau mais pas aux sels minéraux et s'utilisent par conséquent pour déshydrater ; elles servent aussi à concentrer le petit-lait ou le lait écrémé ; à polir les perméats nanofiltrés ou le condensat d'évaporateur ; dans le traitement de l'eau, par exemple dans l'adoucissage et l'enlèvement du sel. Les pores de la membrane font entre 0,1 et 1 nm.

L'électrodialyse est un procédé de séparation membranaire impliquant l'application d'un potentiel électrique. Les ions de faible poids moléculaire migrent vers un champ électrique et traversent ce faisant des membranes cationiques ou anioniques. Ces membranes sont agencées en alternance entre la cathode et l'anode d'un empilement. C'est principalement l'industrie laitière qui utilise ce procédé pour retirer le sel du petit-lait.

2.1.3.7 Cristallisation (C.7)

2.1.3.7.1 Objectif

La cristallisation a pour but de séparer un soluté d'un solvant.

2.1.3.7.2 Champ d'application

La cristallisation est utilisée par l'industrie laitière pour produire du lactose à partir du petit-lait de fromage du petit-lait de caséine, ainsi que dans l'industrie sucrière. L'industrie des huiles alimentaires s'en sert également pour modifier les propriétés des huiles et graisses alimentaires ; dans ce cas, ce procédé est également appelé fractionnement.

2.1.3.7.3 Description des techniques, des méthodes et équipements

La cristallisation consiste à générer des cristaux solides à partir d'une solution. Lorsqu'ils se solidifient, les cristaux prennent une forme géométrique précise. On les fait croître par inoculation de nuclei dans une solution sursaturée. Toutes impuretés éventuellement présentes dans le liquide ne sont habituellement pas incorporées dans la structure en treillis du cristal désiré. Raison pour laquelle la cristallisation est en même temps un procédé de purification.

2.1.3.8 Enlèvement des acides gras libres (AGL) par neutralisation (C.8)

2.1.3.8.1 Objectif

L'objectif du procédé de neutralisation chimique est d'enlever les AGL et les phosphatides des huiles végétales à l'aide d'acide caustique et phosphorique ou, dans certains cas, d'acide citrique.

2.1.3.8.2 Champ d'application

La neutralisation chimique est utilisée dans le procédé de raffinage des huiles végétales telles que l'huile de graine de soja, l'huile de tournesol, l'huile de colza et des huiles animales comme le suif et l'huile de poisson.

2.1.3.8.3 Description des techniques, méthodes et équipements

L'huile est préchauffée à la vapeur ; on lui mélange de l'acide phosphorique ou citrique afin d'accroître l'hydrosolubilité des phosphatides. L'huile ainsi acidifiée, avec une teneur en huile brute comprise entre 0,5 et 6 %, est ensuite mélangée à une solution caustique qui neutralise à la fois les AGL et l'acide phosphorique ou citrique, et accroît plus encore l'hydrosolubilité des phosphatides. Le mélange aqueux de savons et de phosphatides, aussi connu sous le nom de pâte de neutralisation, est séparé de l'huile par centrifugation. L'huile est mélangée à l'eau pour évacuer le reste des savons. Ensuite, l'eau est à nouveau évacuée de l'huile par centrifugation. L'huile caustique raffinée peut être séchée dans une configuration sous vide puis pompée vers un réservoir de stockage. L'exploitation de ce procédé se déroule généralement en continu comme le montre la figure Figure 2.1 ; elle peut néanmoins aussi avoir lieu sous forme de procédés semi-continu ou par charges successives, à l'aide d'un équipement de mélange et de décantation à longues durées.

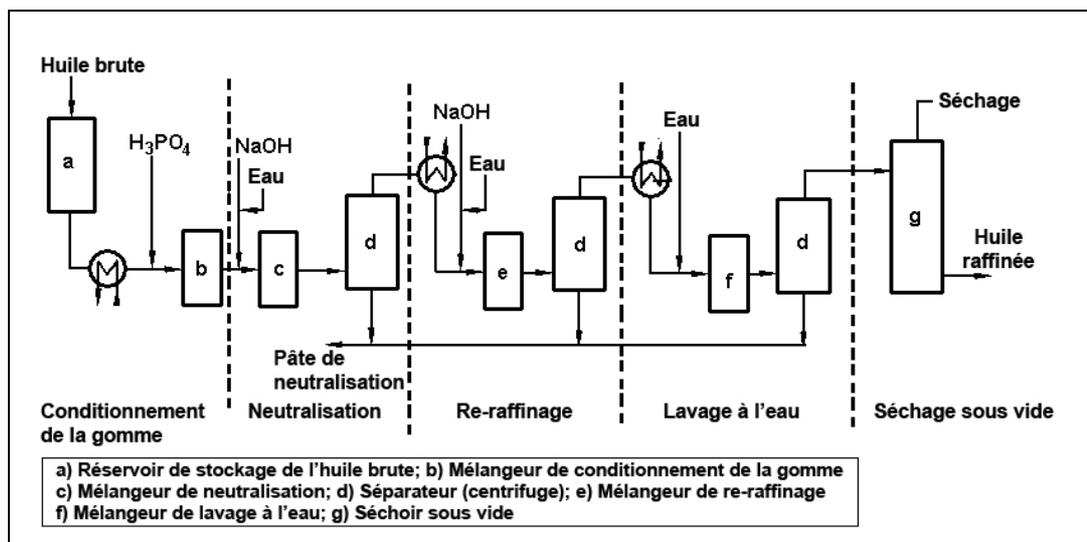


Figure 2.1: Schéma de circulation dans la neutralisation continue des huiles et graisses [87, Ullmann, 2001]

Les rejets aqueux de la centrifugeuse, c'est-à-dire les pâtes de neutralisation, sont combinés et leur traitement se poursuit dans un système de partage des pâtes. Ce procédé d'acidulation sert à récupérer les AGL après traitement avec de l'acide concentré (sulfurique ou parfois chlorhydrique), et chauffage à la vapeur. Les AGL séparés sont ensuite retirés par une centrifugeuse à décanteur. Dans les installations intégrées, la pâte de neutralisation peut être ajoutée pendant le procédé de brunissage du tourteau. Les phosphatides récupérés sont utilisés en tant que lécithine dans les aliments destinés à la consommation humaine et dans les aliments pour animaux.

2.1.3.9 Blanchiment (C.9)

2.1.3.9.1 Objectif

La décoloration a pour but de retirer des pigments, métaux (le nickel ou le fer) présents dans d'autres procédés de raffinage des huiles ; elle sert aussi à retirer les savons résiduels et phospholipides présents dans l'huile ou la graisse.

2.1.3.9.2 Champ d'application

La décoloration s'applique au raffinage des huiles et graisses alimentaires.

2.1.3.9.3 Description des techniques, des méthodes et équipements

Les huiles et graisses alimentaires sont mélangées à de la terre décolorante qui a une affinité avec les composés indésirables susmentionnés et les adsorbe. Dans une configuration de vide, on mélange entre 0,1 et 3 % de terre décolorante à l'huile. Il s'agit d'un minéral argileux, tel que la bentonite ou montmorillonite, qui a été activé par traitement thermique et/ou acide ou d'autres traitements. Ces terres, parfois mélangées à de petites quantités de carbone activé, offrent une très haute capacité d'adsorption. Après décoloration pendant 30 ou 90 minutes, l'huile est séparée de la terre décolorante à l'aide de filtres. La terre épuisée contient de fortes quantités d'huile, jusqu'à 30 %. Un procédé de fractionnement à la vapeur peut permettre de récupérer une partie de l'huile ou de la graisse. Dans les installations intégrées, il est possible d'ajouter la terre décolorante épuisée au tourteau. Le traitement de l'huile décolorée se poursuit dans d'autres procédés de raffinage. L'équipement utilisé pour décolorer se compose de récipients de mixtion, de générateurs de vide et de filtres.

2.1.3.10 Désodorisation par fractionnement à la vapeur (C.10)

2.1.3.10.1 Objectif

La désodorisation a pour but de retirer les AGL et d'autres composés hautement volatiles des huiles et graisses alimentaires brutes dégommes et/ou raffinées (alcalis) après le blanchiment.

2.1.3.10.2 Champ d'application

La désodorisation est appliquée au raffinage des huiles et graisse alimentaires

2.1.3.10.3 Description des techniques, méthodes et équipements

La désodorisation consiste à utiliser la distillation à la vapeur pour retirer, des huiles et graisses, dans une condition de vide, les AGL et d'autres composants hautement volatiles. L'équipement utilisé pour désodoriser se compose d'une colonne de distillation à la vapeur, d'un condenseur barométrique, de débrumiseurs et laveurs. La vapeur est injectée par le bas de la colonne de distillation, dans une configuration sous vide, dans l'huile chauffée à plus de 200°C. La vapeur débarrasse les huiles et les graisses des AGL et d'autres impuretés, mais ce procédé ne permet pas de les dégommer. La vapeur est condensée ensuite à l'aide d'un condenseur barométrique conçu soit pour la traversée unique, soit pour la circulation en circuit fermé (voir section 2.1.9.4). La séparation des composants volatiles de cette vapeur peut être intensifiée par un système de lavage/condensation à un ou deux étages, ou par des débrumiseurs. La désodorisation peut avoir lieu par charges successives ou dans des récipients de désodorisation continue.

2.1.3.11 Décoloration (C.11)

2.1.3.11.1 Objectif

On utilise la décoloration pour améliorer la couleur, la pureté, le vieillissement, la stabilité microbiologique et la durée de conservation de certains produits alimentaires.

2.1.3.11.2 Champ d'application

La décoloration est utilisée dans les industries du sucre, du glucose, des sirops et de la fermentation.

2.1.3.11.3 Description des techniques, méthodes et équipements

La décoloration peut avoir lieu en ajoutant une poudre active, par exemple du carbone activé pulvérulent, au produit présent dans une solution aqueuse. On mélange ensuite dans des conditions contrôlées. Ensuite, la poudre est retirée par filtrage à l'aide de filtres statiques ou de filtres rotatifs sous vide, la transformation du produit décoloré se poursuivant. Ce procédé se déroule souvent en plusieurs séquences, la matière active étant réutilisée jusqu'à épuisement, souvent à l'aide d'un système à contre-courant.

Le procédé peut aussi consister à faire passer le produit, situé dans une solution aqueuse, à travers une colonne de matière active, comme des granulés de carbone activé par exemple, ou des microbilles de résine échangeuses d'ions. Ici, seul un filtrage minimal est nécessaire après le procédé vu que la matière active reste en place. On la retire selon une périodicité régulière de la colonne et la remplace par de la matière soit neuve soit régénérée.

L'objectif principal de ces deux opérations est de retirer les molécules de couleur présentes dans le produit, ainsi que les précurseurs qui pourraient conduire à une formation de couleur pendant le stockage, phénomène caractéristique du vieillissement. La majorité des impuretés retirées sont de nature organique. Un passage par du carbone activé peut également aider à retirer la

matière phénolique capable de provoquer des souillures, les résidus de pesticides et certains métaux lourds.

2.1.3.12 Distillation (C.12)

2.1.3.12.1 Objectif

La distillation consiste à séparer les composants d'un mélange liquide par évaporation partielle du mélange et récupération séparée de la vapeur et du résidu. Les composants plus volatiles du mélange originel sont présents en plus forte concentration dans la vapeur, les moins volatiles en plus forte concentration dans le résidu liquide / solide.

2.1.3.12.2 Champ d'application

La distillation permet de séparer et purifier les produits alimentaires volatiles présents dans des mélanges aqueux. La distillation peut servir à séparer les arômes et les huiles essentielles, mais elle sert principalement soit à produire des alcools ou spiritueux, soit à la production industrielle d'alcool à partir de matières premières agricoles comme les fruits et les grains, cet alcool pouvant entrer dans les boissons alcoolisées ou les liqueurs. La distillation intervient normalement après la fermentation alcoolique.

La production de spiritueux est réglementée par la Directive du Conseil 1576/89/CEE [218, EC, 1989]. Ces spiritueux sont préparés à partir du distillat issu de la fermentation alcoolique de levures à laquelle on soumet des produits d'origine agricole.

2.1.3.12.3 Description des techniques, méthodes et équipements

Le procédé se déroule dans deux types d'équipements de base : l'alambic et la colonne de distillation continue. Ces appareils peuvent être exploités individuellement ou en groupes. L'ajout de chaleur permet de séparer dans l'appareil l'alcool / les composés aqueux du liquide initial entrant. L'alcool aqueux qui se condense est retiré sous forme de spiritueux liquide de la tête de l'appareil, tandis qu'un flux résiduel est rejeté par sa base.

L'alambic peut être exploité par charges successives ou en mode continu. Dans le premier cas, on charge un lot de matière dans l'alambic, lance l'ébullition et les vapeurs sont ensuite évacuées continuellement, elles se condensent et sont récupérées jusqu'à ce que leur composition moyenne ait atteint la valeur désirée. Lorsque l'alambic distille en mode continu, le liquide d'alimentation arrive continuellement dans le pot. Les parts de vapeur et de liquide sont continuellement évacuées.

Dans la distillation en colonne, le liquide alcoolique ou la bière pénètre dans une tour de distillation chauffée à la vapeur. Dans chaque dispositif de contact, un plateau généralement, on établit un équilibre entre la vapeur enrichie avec les composants volatiles et le liquide condensé. L'alcool brut est extrait par le sommet de la colonne puis rectifié via une autre colonne qui sépare 95 % de l'alcool des alcools plus élevés. Au bas de la première colonne, on extrait un mélange aqueux ou résidu de distillation. Du bas de la seconde colonne et une fois que l'alcool a été déshydraté, on extrait une eau condensée ou eau résiduelle de distillation, légèrement contaminée avec des substances organiques. Il est possible de transformer 95 % de l'alcool en alcool anhydre au moyen de différentes technologies. Ces dernières peuvent inclure la distillation azéotropique faisant appel à un troisième composant, l'adsorption par un tamis moléculaire ou la déshydratation par une technique membranaire. Certains spiritueux et alcools éthyliques d'origine agricole peuvent atteindre, par distillation, un taux d'alcool supérieur à 84 %.

2.1.4 Technologie de transformation des produits (D)

2.1.4.1 Trempage (D.1)

2.1.4.1.1 Objectif

L'objectif du trempage, des graines de légumes comme les lentilles par exemple, est d'humidifier et attendrir les graines pour en réduire le temps de cuisson ou pour faciliter l'enlèvement de la gaine de la graine. Dans le procédé de maltage, le trempage a pour but d'absorber de l'eau pour activer le procédé de germination dans le grain.

2.1.4.1.2 Champ d'application

Le trempage est principalement utilisé dans la transformation des graines de légumes. Il s'applique aussi aux grains lorsqu'ils subissent un trempage, dans le procédé de maltage, en prélude à la germination. Ce procédé est aussi souvent appelé l'imprégnation.

2.1.4.1.3 Description des techniques, méthodes et équipements

Le trempage a lieu en laissant les graines de légumes reposer dans l'eau pendant une durée spécifiée. La durée requise varie en fonction de la variété de graines, de l'espèce, de la durée et des conditions de stockage. Traditionnellement, les grains restent à tremper pendant 8 à 16 heures dans de l'eau froide présentant la dureté requise. Le trempage avec de l'eau à une température élevée accélère l'hydratation. Pour imprégner le grain, on l'immerge dans de l'eau à env. 16 °C, dans une plage comprise entre 10 et 25 °C, ceci en fonction de l'équipement, des paramètres processuels, de la matière première et du malt fini que l'on veut obtenir. Pendant l'imprégnation, on change l'eau d'imprégnation une à trois fois. Le grain passe par des séquences alternantes mouillées et sèches. Pendant la séquence mouillée, le grain est aéré continuellement ou par intermittence. Pendant la séquence sèche, il est possible d'aérer le grain ou d'en extraire le CO₂. Le procédé d'imprégnation prend un à trois jours. La Figure 2.2 montre, à titre d'exemple, une procédure d'imprégnation.

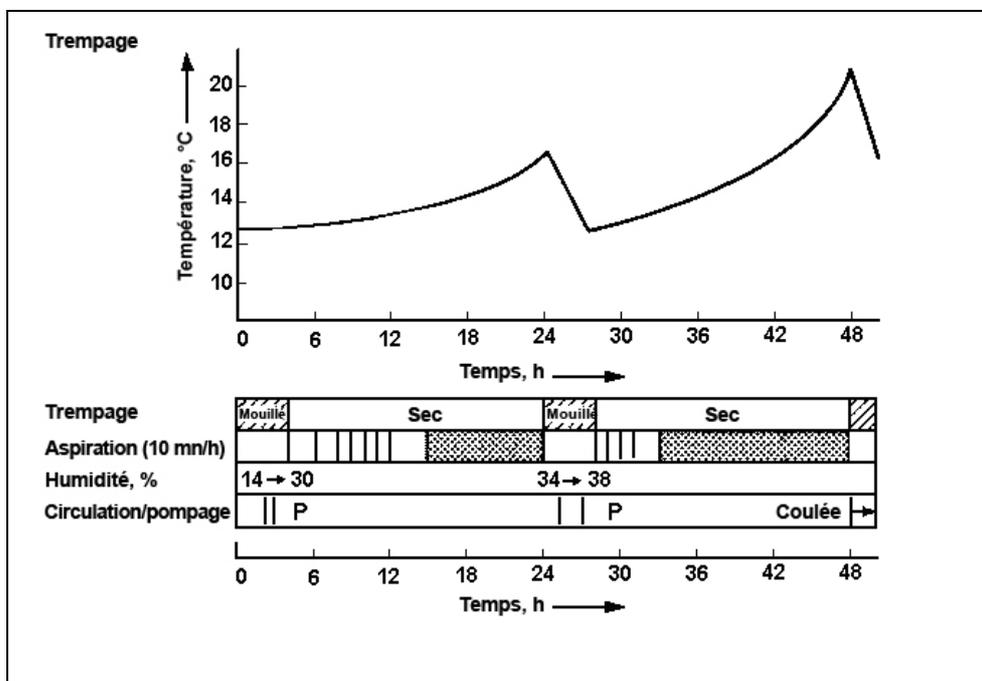


Figure 2.2 : Exemple de procédure d'imprégnation [87, Ullmann, 2001]

2.1.4.2 Dissolution (D.2)

2.1.4.2.1 Objectif

La dissolution consiste à ajouter de la poudre à un liquide pour produire des solutions ou suspensions destinées à une poursuite de la transformation.

2.1.4.2.2 Champ d'application

Ce procédé est utilisé dans toute une variété de produits pour les recombinaison ou les reformuler. Ainsi par exemple, on utilise la dissolution dans l'industrie laitière pour recombinaison ou reformuler les laits.

2.1.4.2.3 Description des techniques, méthodes et équipements

Dans ce but, on se sert de toute une variété de procédés et équipements. Différents systèmes de mixtion peuvent être utilisés pour une même tâche ; ils vont de simples réservoirs dans lesquels dissoudre une charge avec des moyens de mixtion efficace, à des procédés de mixtion continus impliquant soit de soutirer des solides dans la phase liquide, soit d'injecter mécaniquement de la poudre dans les liquides. Suivant le produit, le liquide peut se trouver à la température ambiante ou à des températures élevées.

Les principaux systèmes de dissolution sont les suivants :

- Une pompe mélangeuse aspirant la poudre et la refoulant vers le solvant. Système utilisé lorsque la totalité des solides représente jusqu'à 25 %.
- Dissolution au jet, système utilisant le principe de Venturi pour aspirer de la poudre dans le solvant. Système utilisé lorsque la totalité des solides représente 30 %.
- Un réservoir de dissolution avec impeller de mixtion à puissant effet de cisaillement. Système utilisé lorsque la totalité des solides représente jusqu'à 70 %.
- Un réservoir de dissolution sous vide avec impeller à puissant effet de cisaillement. Système utilisé lorsque la totalité des solides atteint 30 %.

2.1.4.3 Solubilisation / Alcalisation (D.3)

2.1.4.3.1 Objectif

La solubilisation ou alcalisation revient à neutraliser les grains de cacao ou la liqueur de cacao avec une solution alcaline, ce qui lui confère une couleur plus foncée et un goût plus doux. Le goût le plus doux résulte principalement de la neutralisation de l'acidité légère des grains fermentés. Une expérience et une habileté considérables sont nécessaires pour obtenir des produits finis de couleur et de teinte constante.

2.1.4.3.2 Champ d'application

La solubilisation sert en premier lieu dans la transformation du cacao.

2.1.4.3.3 Description des techniques, méthodes et équipements

Le procédé est exécuté en ajoutant au cacao une solution alcaline, du carbonate de potassium habituellement (K_2CO_3). Deux méthodes différentes peuvent être appliquées, par exemple le procédé liquide ou l'alcalisation des grains.

Dans le procédé liquide, c'est la liqueur liquide de cacao qui est transformée. Ceci permet de modifier la saveur. On ajoute une solution de potasse à la liqueur jusqu'à obtenir un pH compris entre 7 et 8. La solubilité voulue s'obtient en portant la température de 45 °C à 130 °C. La vapeur d'eau et les composants volatiles indésirables sont relâchés dans l'air pendant la phase de chauffage.

Les grains verts ou pré-séchés sont transformés pendant l'alcalisation des grains. Ceci a l'avantage de combiner le séchage avec la torréfaction des grains, et l'inconvénient de la présence du beurre de cacao dans les grains, ce qui peut se traduire par un endommagement léger de la matière grasse. Des procédés par charges successives et continus sont disponibles. Les procédés par charges successives consistent à utiliser un réservoir de solubilisation à la pression atmosphérique et un impeller à puissant effet de cisaillement. Les procédés continus ont lieu dans un réacteur en aval duquel se trouve un réservoir mélangeur habituellement sous vide. Un procédé type d'alcalisation par charge successive se déroule en deux séquences. Au cours de la première, les grains sont neutralisés en ajoutant la solution alcaline dans un récipient de réaction à la pression atmosphérique. La réaction se déroule dans une plage de températures comprise entre 80 et 105 °C. Au cours de la seconde séquence, l'évaporation de l'eau et la torréfaction de grains ont lieu dans un séchoir à lit fluidisé (FBD).

2.1.4.4 Fermentation (D.4)

2.1.4.4.1 Objectif

La fermentation est l'action contrôlée de micro-organismes sélectionnés dans le but de modifier la texture de certains aliments, de les conserver par production interposée d'acides ou d'alcools, ou de générer et modifier des saveurs et arômes. Elle conserve aussi les produits en abaissant les limites de tolérance envers le pH de nombreux micro-organismes.

2.1.4.4.2 Champ d'application

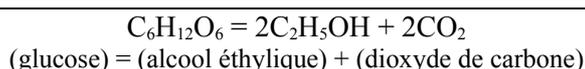
La fermentation est une séquence importante dans la transformation d'un grand nombre de produits FDM. Ses applications types comprennent la bière, le vin, les produits laitiers divers, les légumes, la viande et le poisson.

La fermentation alcoolique sert en brasserie, dans la vinification ainsi que dans la production des spiritueux, la plupart du temps avec des céréales, moûts de raisins, jus sucrés et mélasses comme matière première. La fermentation à l'acide lactique est utilisée pour fabriquer des yaourts et d'autres produits laitiers fermentés, des produits carnés fermentés tels que certains types de saucisses et de légumes comme la choucroute. Dans la fermentation à l'aide lactique des légumes, la matière première découpée en tranches, par exemple le chou vert dans le cas de la production de choucroute, est salée puis fermente dans des conditions anaérobies.

2.1.4.4.3 Description des techniques, méthodes et équipements

Il y a deux types de procédés de fermentation : la fermentation alcoolique et la fermentation à l'acide lactique.

La décomposition des sucres simples en alcool est normalement appelée la **fermentation alcoolique**. Les levures, habituellement des *Saccharomyces* comme *cerevisae* ou *bayanus*, servent à produire de l'éthanol à partir d'hydrates de carbone et de très faibles quantités d'autres composés organiques. L'équation suivante représente cette conversion :



Il s'agit d'un procédé anaérobie, c'est-à-dire qui se déroule sans requérir d'oxygène. La température de la fermentation est habituellement comprise entre 8 et 30 °C. Cette température affecte la vitesse de la fermentation, l'efficacité de la conversion et la saveur ainsi que l'arôme du produit fini. Il est également possible d'ajuster le pH. Ceci garantit que la fermentation est efficace et génère la saveur attendue. Le type d'espèces de levures utilisées affecte la vitesse, l'efficacité, la saveur et l'arôme, raison pour laquelle il est soigneusement sélectionné pour conduire aux résultats désirés. Les souches sélectionnées de levures sont souvent utilisées pour optimiser le rendement alcoolique et la production d'arômes en tant que composants secondaires. L'azote, les vitamines et les oligo-éléments sont habituellement ajoutés à titre de nutriments pour les levures.

Dans la **fermentation à l'acide lactique**, du lactose ou d'autres sucres sont convertis en acide lactique et de petites quantités d'autres composants. La formation de l'acide lactique s'accompagne d'une baisse du pH, chose importante pour le goût, l'arôme et la conservation du produit. Il y a différentes espèces de bactéries capables de produire de l'acide lactique. Chaque espèce confère ses propres goûts et arôme typiques. La fermentation à l'acide lactique est un procédé anaérobie. Il est parfois nécessaire pour retirer autant d'oxygène que possible et intensifier ainsi le procédé de fermentation. La fermentation de l'acide lactique a lieu à une température comprise entre 20 et 40 °C.

Pour lancer le procédé, les cultures bactériennes de démarrage sont ajoutées à la matière première que l'on veut faire fermenter. La préparation des cultures de démarrage est un procédé délicat vu qu'il faut réduire à un minimum absolu le risque d'infection par la voie aérienne. Par conséquent, les cultures de démarrage doivent être préparées dans un local séparé alimenté en air filtré et présentant une légère surpression par rapport à la pression atmosphérique. Le système de nettoyage de l'équipement doit être aussi conçu avec soin pour empêcher tous résidus de détergent et d'agent stérilisant d'entrer en contact avec les cultures et de les abîmer. Ces contraintes d'hygiène très sévères, associées aux exigences d'une régulation de la température, c'est-à-dire le traitement thermique du substrat d'abord puis son refroidissement ensuite, dictent une consommation d'énergie spécifique et l'utilisation d'eau de refroidissement.

2.1.4.5 Coagulation (D.5)

2.1.4.5.1 Objectif

La coagulation signifie l'agglomération de particules en suspension et séparer les solides de liquides ou *vice versa*.

2.1.4.5.2 Champ d'application

La coagulation entre dans la production du fromage et dans la récupération de la caséine dans le lait. Elle sert fréquemment dans la transformation du lait, pour séparer le caillé du petit-lait, et s'appelle aussi le caillage.

2.1.4.5.3 Description des techniques, méthodes et équipements

La température est l'un des facteurs clés influençant le caillage du lait. La température requise s'obtient au moyen d'échangeurs thermiques ou par injection directe de vapeur dans la cuve de caillage. La température doit être comprise entre 30 et 40 °C. Les cultures de démarrage et d'autres ingrédients sont ajoutés au lait. Ces ingrédients aident à déterminer les caractéristiques spécifiques du produit fini. Le caillage se déroule dans des cuves ou réservoirs appropriés, à l'aide de coagulants enzymatiques, c'est-à-dire de présure animale ou microbienne, ou de substances de démarrage acidifiantes.

Lorsqu'on utilise des coagulants enzymatiques ou des substances de démarrage acidifiantes, une gelée de caséine se forme qui enrobe la matière grasse. Cette gelée aura des caractéristiques différentes suivant la méthode de coagulation utilisée. C'est important si l'on veut parvenir à production finale recherchée. Le caillé est produit par séparation du petit-lait qui est ensuite recueilli et transféré pour poursuite du traitement comme il convient. Pour obtenir une séparation plus poussée du petit-lait, par exemple pour obtenir un fromage dur ou mi-dur, on applique un autre traitement thermique au caillé tout en le mélangeant à une température pouvant atteindre entre 40 et 53°C. Avec d'autres types de fromage comme la mozzarella ou le provolone, ainsi que pour le caillé porté à une plus haute température, on utilise la transformation mécanique pour obtenir les caractéristiques d'extensibilité / fusion typiques de ces fromages. En outre, on se sert d'acides organiques pour contrôler le pH et maintenir le caillé sur le bon pH pour que les propriétés d'extensibilité apparaissent.

2.1.4.6 Germination (D.6)

2.1.4.6.1 Objectif

La germination a pour but d'activer et développer le système enzymatique dans l'amande du grain. Ce système enzymatique activé est nécessaire pour activer la décomposition de l'amidon et des protéines au stade de la réduction en purée précédant le procédé de brassage ultérieur.

2.1.4.6.2 Champ d'application

La germination est une séquence de transformation importante dans le procédé de maltage des céréales. Les céréales maltées, l'orge principalement, entrent dans la production de bière et de boissons distillées comme le whisky. Le malt sert aussi à donner de la saveur aux aliments.

2.1.4.6.3 Description de techniques de transformation, méthodes et équipements

Pour lancer la germination, les grains sont imprégnés afin de leur conférer la teneur en humidité nécessaire (voir le trempage, section 2.1.4.1). Les grains imprégnés sont ensuite transférés dans des récipients de germination présentant des fonds ajourés en acier pour le maltage pneumatique, ou sur des fonds de germination pour le maltage sur aire. Les grains sont déposés en couches faisant entre 70 et 150 cm d'épaisseur dans le cas du maltage pneumatique, et en couches de 5 à 15 cm environ dans le cas du maltage sur aire. La séquence de germination dure généralement entre 96 et 200 heures. Suivant l'équipement, les paramètres processuels, la matière première et le malt que l'on veut obtenir, le procédé de germination peut être plus court ou plus long. Dans le maltage pneumatique, on injecte de l'air conditionné, c'est-à-dire refroidi ou chauffé et humidifié, dans la couche de grains, ou au contraire sur elle dans le maltage sur aire, ceci afin de contrôler la température et l'humidité pendant la germination. Pour empêcher que les amandes des grains ne se soudent ou ne feutrent, on retourne la couche de grains de temps en temps, opération au cours de laquelle on peut aussi ajouter de l'eau. Le procédé de germination est stoppé par séchage.

2.1.4.7 Saumurage / salaison et macération (D.7)

2.1.4.7.1 Objectif

Le saumurage ou la salaison est un procédé au cours duquel un produit est traité avec du sel de cuisine (NaCl) et des sels de salaison visant à conserver les produits en abaissant leur a_w en dessous des limites de tolérance microbienne. **La macération** est un procédé de conservation des produits opérant par abaissement du pH et s'applique plus particulièrement aux légumes.

Les objectifs de ces techniques sont leur conservation à long terme et le contrôle de la croissance des micro-organismes générateurs, une baisse de la quantité d'énergie requise pour le traitement thermique et l'ajout de goût au produit.

2.1.4.7.2 Champ d'application

Le saumurage ou la salaison s'appliquent à la production de certains types de fromage, de viande, poisson, de légumes et de champignons. Les concentrations de sel dans le produit sont comprises entre 1 et 5 %. **La macération** s'emploie dans le secteur des fruits et légumes.

2.1.4.7.3 Description des techniques, méthodes et équipements

Dans le **trempage en eau salée ou le séchage** des produits carnés, la viande est traitée avec du sel de cuisine (NaCl) et avec un ou plusieurs des sels de salaison suivants : nitrate de sodium (NaNO_3), nitrite de sodium (NaNO_2), nitrate de potassium (KNO_3) ou nitrite de potassium (KNO_2). Le procédé est conçu pour donner une teneur en sel acceptable dans le produit, d'environ 1 à 3 %, ou un niveau de sel de salaison suffisant pour conférer à la viande une teinte acceptable de viande séchée, teinte due à une réaction de la myoglobine pigmentaire de la

viande avec le nitrite. On peut utiliser directement du nitrite, ou du nitrite converti en nitrate dans le système de séchage. La présence de sel et de nitrite dans le produit inhibe la croissance microbienne et accroît la durée de conservation et la sûreté du produit. De la sorte, le sel et le nitrite jouent un rôle essentiel dans le procédé de salaison.

Tandis que la teneur en sel dépend de son acceptabilité par le consommateur, la teneur en sel de salaison est contrôlée par la loi. A l'heure actuelle, un produit fini peut contenir un maximum de 100 mg de nitrite par kg et 250 mg de nitrate par kg. D'autres ingrédients peuvent être ajoutés aux viandes salées pour un certain nombre de raisons, dont gustatives. Ces ingrédients incluent les polyphosphates, sucres, épices, protéines non carnées et les amidons. Certains types de fromages sont également mis en saumure pour des raisons de goût et de conservation.

Il y a plusieurs méthodes de saumurage et de salaison, par exemple le saumurage et la salaison à sec, le saumurage / la salaison par injection, le saumurage / la salaison par immersion et le saumurage / la salaison par agitation / massage.

Le saumurage / la salaison à sec s'appliquent à la viande et au fromage. Pendant la confection de produits carnés salaisonés, on dépose du sel et d'autres ingrédients de salaison à la surface de la viande ; ces ingrédients sont absorbés par diffusion sur une période quelques jours voire quelques semaines. En même temps, du liquide suinte de la viande, d'un poids représentant environ 10 % du poids initial de cette viande. Dans la production de certains types de fromages comme par exemple le cheddar, on ajoute du sel sec au caillé.

Le saumurage / la salaison par injection s'utilise dans la transformation de la viande, par exemple le bacon et le jambon. Une solution préparée d'avance, c'est-à-dire la saumure, contenant les ingrédients, est injectée à l'aide d'une ou plusieurs aiguille(s) dans la viande, soit manuellement soit par une machine, ceci pour parvenir à une répartition rapide des sels de salaison et du sel commun dans la masse carnée. Après l'injection, la transformation de la viande peut se poursuivre, elle peut être ensachée sous vide sous film plastique pour un certain nombre de jours, ou immergée dans une saumure de composition identique ou similaire à la saumure qui lui a été injectée.

Le saumurage / la salaison par immersion s'applique au fromage, à la viande et aux légumes. Pendant l'immersion, le sel pénètre graduellement dans le produit tandis que les composants solubles du produit contenant de l'eau sont extraits de ce dernier. La saumure d'immersion peut être jetée après chaque usage ou il est possible de la reconcentrer ou de la réutiliser en en purgeant seulement une certaine quantité. L'eau extraite par saumurage peut représenter entre 5 et 15 % du poids du produit. La teneur en sel de la saumure est comprise entre 5 et 20 %.

Le saumurage / la salaison par agitation / massage s'applique spécialement à la viande. Dans ce procédé, le mouvement de la saumure dans la viande est accéléré par une action mécanique. On peut injecter de la saumure dans la viande avant le traitement ou peut exploiter l'action mécanique, assistée le cas échéant d'une dépression, pour accélérer l'absorption de la saumure. Ce procédé s'utilise normalement lorsque la viande doit être cuite ou mise en conserve ensuite.

La macération des légumes peut se dérouler en ajoutant des acides organiques jusqu'à ce que le pH se situe en dessous de 4,3. Dans le procédé de fabrication de la choucroute, on ajoute du sel (saumurage / salaison) pour promouvoir la croissance des bactéries génératrices d'acide lactique, ceci pour des raisons liées au goût et à la conservation.

2.1.4.8 Fumage (D.8)

2.1.4.8.1 Objectif

Le fumage a pour but de conserver les aliments par une exposition à de la fumée, laquelle a un effet bactériostatique. La conservation s'obtient aussi du fait du séchage des couches superficielles et des effets thermiques. En outre, le fumage ajoute du goût et, dans certains cas, le procédé de fumage s'utilise pour cuire les aliments.

2.1.4.8.2 Champ d'application

Le fumage s'utilise couramment pour transformer le poisson, le fromage, la viande et les produits carnés.

2.1.4.8.3 Description des techniques, méthodes et équipements

Il existe deux types de fumages, le fumage à chaud et le fumage à froid. Ils sont décrits aux sections 4.2.5 – 4.2.5.5.

2.1.4.9 Durcissement (D.9)

2.1.4.9.1 Objectif

Le durcissement a pour but de hausser le point de fusion du produit et convertir en graisses alimentaires la part de matières grasses solides présentes dans les huiles alimentaires.

2.1.4.9.2 Champ d'application

Le durcissement s'emploie, dans la transformation des huiles alimentaires, pour produire de la margarine ou d'autres matières grasses alimentaires.

2.1.4.9.3 Description des techniques, méthodes et équipements

Le durcissement ou l'hydrogénation des huiles est un procédé consistant à saturer les acides gras mono- ou poly-insaturés en leur ajoutant du gaz hydrogène (H_2) pour les hydrogéner, et en se servant de nickel comme catalyseur. Les molécules d'hydrogène, en présence de nickel et d'autres conditions spéciales,aturent les liens insaturés des acides gras composant les huiles alimentaires. L'huile neutre ou blanchie est portée à une température comprise entre 150 et 205 °C en présence d'un catalyseur au nickel, en présence de seulement 10 kg de catalyseur par tonne de produit. On ajoute ensuite le H_2 au réacteur de mixtion pour obtenir le durcissement, c'est-à-dire la transformation de l'huile en graisse. L'hydrogénation est un procédé exothermique. Après la réaction, les graisses sont séparées du nickel à l'aide de presses filtrantes et d'autres systèmes de filtration. Dans une minorité de cas, le nickel catalyseur peut resservir plusieurs fois jusqu'à ce qu'il soit désactivé. Des entreprises spécialisées recyclent le nickel épuisé. La teneur résiduelle des matières grasses en nickel est éliminée par blanchiment, ce qui produit une terre décolorante contaminée avec du nickel. L'équipement utilisé pour durcir les huiles se compose de récipients de mélange, réservoirs à réaction, autoclaves et filtres.

2.1.4.10 Sulfitage (D.10)

2.1.4.10.1 Objectif

Le sulfitage a pour but de prévenir soit la dégradation microbologique, soit l'apparition de teintes indésirables, ou d'ajuster le pH.

2.1.4.10.2 Champ d'application

Le sulfitage s'utilise dans la vinification, la transformation des pommes de terre et des fruits de mer. On y recourt aussi parfois dans la production de sucre pour ajuster le pH.

2.1.4.10.3 Description des techniques, méthodes et équipements

Le sulfitage consiste à ajouter du dioxyde de soufre (SO_2) dans des liquides ; la quantité de SO_2 qu'il est permis d'ajouter est réglementée. Son introduction peut avoir lieu sous plusieurs formes. Gazeuse d'abord, soit en faisant brûler du soufre soit en amenant du gaz liquéfié et en provoquant son expansion directe. Le SO_2 est aspiré par un ventilateur dans une colonne

d'absorption dans laquelle le liquide circule. Liquide ensuite, à partir de gaz liquéfié ou présent dans une solution de bisulfite de sodium ou de potassium. Le SO_2 peut également être stocké sous forme de liquide sous une pression d'environ 5 bar, dans des réservoirs cylindriques horizontaux contenant entre 25 et 50 m³, depuis lesquels il est ensuite introduit dans le flux voulu du procédé. Et enfin sous la forme solide du métabisulfite de sodium ou potassium à dissoudre dans le liquide à traiter.

Le bisulfite d'ammonium constitue une source alternative de sulfite. On utilise aussi le bisulfite de sodium.

2.1.4.11 Carbonatation (D.11)

2.1.4.11.1 Objectifs

La carbonatation a pour but de retirer les impuretés présentes dans une solution.

2.1.4.11.2 Champ d'application

La carbonatation est utilisée dans l'industrie sucrière.

2.1.4.11.3 Description des techniques, méthodes et équipements

La carbonatation consiste à introduire du lait de chaux, de l'hydroxyde de calcium et du gaz carbonique (CO_2) dans un liquide pour former du carbonate de calcium et provoquer la précipitation d'impuretés qui seront ensuite enlevées. La chaux et le CO_2 ont pour effet de provoquer la précipitation des sels de calcium insolubles, la floculation des composants colloïdaux, la dégradation chimique d'autres molécules telles que le sucre inverti et les amides, et l'absorption des non-sucres sur le carbonate de calcium précipité. La chaux et le CO_2 sont normalement produits, dans des fours à chaux, du fait de la dissociation de la pierre à chaux.

Tout non-sucre présent dans le jus de sucre brut après extraction de la betterave empêche de réaliser les séquences suivantes dans la transformation du sucre. Pour cette raison, il faut purifier le jus brut pour le rendre apte à la poursuite de la transformation. On y parvient en ajoutant du lait de chaux et du dioxyde de carbone, en provenance du four à chaux, pour précipiter la majorité des non-sucres. Le produit, après filtrage, contient le carbonate de calcium et les non-sucres. Il s'utilise dans l'agriculture comme matière de chaulage pour améliorer la structure des terres arables et réguler l'acidité des sols. La chaux de sucrerie peut aussi servir à restaurer un site, par exemple à combler les fosses de carrière, et à produire des briques ou du ciment. Le document « Cement and lime BREF » [219, EC, 2001] contient d'autres considérations relatives aux fours à chaux.

2.1.4.12 Carbonation (D.12)

2.1.4.12.1 Objectif

Ce procédé a pour but de dissoudre une certaine quantité de gaz carbonique dans différents produits pour obtenir des produits finis gazéifiés. Lorsque dissous dans l'eau, le dioxyde de carbone (CO_2) est modérément soluble et de la sorte, il s'en dégage sous forme de bulles synonymes d'un retour haptique caractéristique en bouche, et d'un goût unique à la dégustation. Outre ses propriétés organoleptiques, le CO_2 , dans des conditions appropriées, offre des propriétés de conservation car il inhibe le développement de micro-organismes anaérobies nocifs. Ceci ne lui permet toutefois pas d'être substitué à d'autres méthodes visant à assurer la sûreté microbiologique.

2.1.4.12.2 Champ d'application

La carbonation est une séquence processuelle importante dans la préparation de nombreuses boissons non alcoolisées et certains types d'eaux minérales. On l'utilise aussi dans l'industrie

viticole et brassière. Dans l'élaboration des vins non pétillants, on se sert souvent de la carbonation pour protéger la teinte et exhausser l'arôme.

2.1.4.12.3 Description des techniques, méthodes et équipements

La carbonation résulte de l'imprégnation d'un liquide avec du CO₂ pour former de l'acide carbonique. Le CO₂ était traditionnellement obtenu dans des fours à chaux dans lesquels on chauffait du carbonate de calcium, mais cette méthode a été universellement remplacée, dans le secteur des boissons non alcoolisées, par le stockage en vrac de gaz liquéfié livré de l'extérieur par un fournisseur de CO₂. Ce gaz est stocké dans des bouteilles isolées sous pression maintenues à très basse température. Dans la pratique courante, ce gaz tend à être généré comme dérivé de la fermentation ou de procédés chimiques utilisés par des sociétés n'appartenant pas au secteur des boissons non alcoolisées.

Un carbonateur associe le gaz CO₂ et le liquide que l'on veut carbonater. Les carbonateurs courants peuvent être classés en deux catégories principales : ceux qui se contentent de carbonater l'eau et ceux qui carbonatent le produit fini constitué d'un mélange de sirop et d'eau. Ces appareils sont souvent couplés à des refroidisseurs et l'on se réfère à eux en tant que carbo-refroidisseurs. Les principales conceptions disponibles sont des carbonateurs à refroidisseurs intégrés, à échangeurs thermiques à parois d'évacuation et à injecteurs de dioxyde de carbone.

En association avec ce procédé, la désaération, c'est-à-dire l'enlèvement d'air, est vitale et s'applique habituellement, à un premier stade, à l'eau en tant que composante. En effet, la présence d'air peut engendrer des problèmes de détérioration. Le CO₂ est parfois utilisé pour chasser l'air ; toutefois, l'utilisation d'eau dégazée mécaniquement est devenue de plus en plus courante ces dernières années.

Le degré de carbonation varie dans chaque formule de boisson non alcoolisée, allant de 4 g/l dans les boissons aux fruits à 9 g/l dans les boissons mixées et à 12 g/l dans l'eau gazeuse. La teneur en gaz CO₂ est l'une des plus faible par le poids, mais peut-être la plus importante eu égard à la sapidité du produit. Le CO₂ est l'un des gaz, très peu nombreux, adaptés pour fournir l'effervescence requise dans les boissons non alcoolisées ; il n'est pas toxique, il est inerte et virtuellement insipide, il est pratique à transporter et stocker en vrac.

2.1.4.13 Enduction / pulvérisation / enrobage / agglomération / encapsulation (D.13)

2.1.4.13.1 Objectif

Ce groupe d'opérations a pour but de recouvrir le produit alimentaire avec une couche de matières dans le but d'en améliorer les qualités de dégustation, d'opposer une barrière au mouvement de l'humidité et des gaz, ou de le protéger contre un endommagement mécanique.

2.1.4.13.2 Champ d'application

Enduction par l'une des techniques susmentionnées ; elle s'applique à la confiserie, aux crèmes glacées, aux produits boulangers et pâtisseries, aux snacks, au poisson, à la volaille et produits à base de pommes de terre.

2.1.4.13.3 Description des techniques, méthodes et équipements

Les confiseries, les crèmes glacées, les produits boulangers et pâtisseries sont souvent enrobés de chocolat ou présentent un enrobage à base de chocolat. Les principaux ingrédients de tels enrobages sont la matière grasse et le sucre. Cette dernière est thermostatisée et maintenue à une température comprise entre 31 et 32 °C pour donner une pâte d'enrobage liquide. Cet enrobage est appliqué aux produits alimentaires sous la forme d'un simple ou double rideau que doit traverser l'aliment véhiculé par un convoyeur à fils d'acier inoxydable. Un bac situé sous le convoyeur collecte l'enrobage excédentaire qui transite d'abord par un dispositif de

réchauffement avant de revenir former le rideau d'enrobage. Les produits tels que le poisson, la volaille et ceux à base de pomme de terre sont souvent enrobés de pâte à frire. Cette pâte se compose de farine en suspension dans l'eau auxquelles on ajoute du sucre, du sel, des agents épaississants, des arômes et des colorants pour conférer à cette pâte les caractéristiques requises. Le produit traverse la pâte entre deux convoyeurs à treillis submergés. L'enduction de miettes de pain peut avoir lieu en déposant les aliments sur un lit mobile de miettes et en faisant ensuite que ce lit traverse un rideau de miettes de pain. D'autres méthodes d'enduction sont les suivantes : pulvérisation de la matière d'enrobage sur le produit, agglomération de produits et encapsulation des particules d'aliments.

2.1.4.14 Vieillessement (D.14)

2.1.4.14.1 Objectif

Le but de ce procédé est de faire mûrir les produits, ceux notamment qui séjournent en fûts de bois permettant un certain échange gazeux entre le produit contenu dans le fût et l'environnement de ce dernier. Ce procédé fait également partie des exigences légales assignées à la fabrication de certains produits.

2.1.4.14.2 Champ d'application

Le vieillissement s'applique communément aux vins et aux spiritueux bruns.

2.1.4.14.3 Description des techniques, méthodes et équipements

Le vieillissement consiste à remplir des récipients en bois, en général des tonneaux de chêne, et à stocker ensuite ces tonneaux à une température modérée pendant une durée adaptée aux besoins du produit et aux exigences de la réglementation visant ce produit. La contenance des futailles de chêne est comprise entre 200 et 600 litres.

2.1.5 Traitement thermique (E)

2.1.5.1 Fusion (E.1)

2.1.5.1.1 Objectif

La fusion a pour objectif de faire passer la matière de la phase solide à la phase liquide, pour la préparer à la suite de la transformation ; ceci s'applique par exemple aux matières grasses et aux fromages transformés, ou peut servir à récupérer la fraction fondue, comme dans la récupération de la matière grasse.

2.1.5.1.2 Champ d'application

Dans le secteur FDM, les principales applications de la fusion sont le moulage du chocolat, la production de fromage transformé, la transformation des huiles et matières grasses, et la récupération des graisses animales présentes dans les résidus carnés.

2.1.5.1.3 Description des techniques, méthodes et équipements

Des chaudrons de traitement servent à la fusion. Ils peuvent être exploités soit par charges successives soit en continu. Le chauffage peut être obtenu directement par injection de vapeur ou indirectement par des enveloppes remplies de vapeur. Les chaudrons de traitement sont de tailles et de géométries diverses. Dans le traitement continu, on utilise des échangeurs thermiques à couche mince.

2.1.5.2 Blanchiment (E.2)

2.1.5.2.1 Objectif

Le blanchiment sert à exposer l'ensemble du produit à des températures élevées pendant une courte période. Cette opération a pour fonction primaire de désactiver ou retarder l'action bactérienne ou enzymatique qui pourrait sinon causer une détérioration rapide de la qualité. Deux autres effets désirables du blanchiments sont les suivants : il chasse l'air et les gaz présents dans le produit, et réduit le volume de ce dernier.

2.1.5.2.2 Champ d'application

Le blanchiment est une séquence importante dans la transformation des fruits et des légumes verts.

2.1.5.2.3 Description des techniques, méthodes et équipement

Les aliments sont préchauffés avant le blanchiment. Ce dernier peut être accompli au moyen de systèmes de chauffage direct ou indirect, ceci dépendant du produit. Le chauffage direct consiste normalement à immerger directement le produit dans l'eau chaude à 80 – 100 °C, ou à l'exposer à de la vapeur vive. L'opération se déroule normalement dans des chambres horizontales. La durée de séjour dans le blanchiment peut varier de 1 à 5 minutes, ceci dépendant des fruits ou légumes que l'on veut blanchir. Certains produits obligent à éviter le contact avec l'eau, de sorte que l'on se sert d'échangeurs thermiques opérant avec de l'eau chaude ou de la vapeur. Le chauffage indirect est décrit à la section 2.1.5.8. Après le blanchiment, le refroidissement des aliments a lieu avec de l'eau ou de l'air.

2.1.5.3 Cuisson et ébullition (E.3)

2.1.5.3.1 Objectif

La cuisson et l'ébullition sont des techniques de transformation thermique appliquées aux produits alimentaires principalement dans le but de rendre les aliments concernés consommables. Ces techniques modifient également la texture, la couleur et la teneur en humidité des aliments et peuvent faciliter un éventuel procédé ultérieur.

2.1.5.3.2 Champ d'application

La cuisson et l'ébullition servent, à l'échelle industrielle, à préparer les plats précuisinés, les plats complets et les composants d'un plat, comme c'est le cas avec de nombreux produits carnés. La cuisson et l'ébullition servent également à faire chauffer des aliments avant leur transformation finale.

2.1.5.3.3 Description des techniques, méthodes et équipements

Ce document fait la distinction entre la cuisson et la torréfaction qui est décrite à la section 2.1.5.5. La **cuisson** se déroule dans des fours. Il existe plusieurs types différents de fours ; au bain-marie, à douche, à vapeur, à air chaud et aux micro-ondes.

Les fours à bain-marie permettent la meilleure homogénéité de chauffage qui soit réalisable. L'immersion dans l'eau chaude provoque une perte de poids et fait que les protéines et matières grasses quittent l'aliment et pénètrent dans l'eau. **L'ébullition** est une cuisson dans un four à bain marie à la température d'ébullition.

Les fours à douche permettent de conférer une bonne uniformité de chauffage. Ils comprennent l'action simultanée de l'eau envoyée par les douches et celle de la vapeur saturée montant du bac de collecte, au bas du four ; ce dernier est à son tour échauffé par des résistances.

Dans les fours à vapeur, la douche d'eau est éliminée et tout chauffage est uniquement dû à la vapeur générée par le bac de collecte.

Les fours à air chaud comprennent, lorsque c'est nécessaire pour contrôler l'humidité superficielle, un orifice d'admission de vapeur et une recirculation de l'air chaud obtenue par passage à travers les échangeurs thermiques.

Dans un four à micro-ondes, les aliments sont échauffés en faisant passer des micro-ondes à travers eux, ce qui génère de la chaleur à l'intérieur et facilite une cuisson rapide.

2.1.5.4 Cuisson au four (E.4)

2.1.5.4.1 Objectif

La cuisson au four est une technique de transformation thermique servant principalement à rendre les aliments consommables. Elle peut également modifier le goût et la texture. Un autre objectif de cette forme de cuisson est de conserver les aliments en détruisant les micro-organismes et en réduisant le a_w à leur surface. Toutefois, la durée de conservation de la plupart des pains et pâtisseries est limitée sauf si ces produits sont réfrigérés ou emballés.

2.1.5.4.2 Champ d'application

Cette forme de cuisson sert à préparer des produits prêts à déguster comme le pain, les gâteaux et les biscuits. Elle peut s'appliquer aux fruits et aux légumes. Les légumes ainsi cuits peuvent être utilisés comme farce ou comme garniture dans de nombreux produits alimentaires comme les « pies », les pizzas et les snacks.

2.1.5.4.3 Description des techniques, méthodes et équipements

Dans un four, l'aliment est exposé à de l'air chaud (110 – 240 °C) ou à un rayonnement infrarouge.

Avec les produits alimentaires farcis se manifeste un problème courant, à savoir que la teneur en humidité de la farce, des légumes frais habituellement, a des effets indésirables sur l'enrobage ou la base du produit alimentaire pendant le stockage, du fait que l'humidité tend à migrer vers l'enrobage ou la base. L'alternative, à savoir utiliser des légumes déshydratés, ne convient pas du fait qu'ils ont des propriétés gustatives et de texture indésirables et requièrent d'être réhydratés avant utilisation. Les légumes cuits au four ne présentent pas ces inconvénients. Les légumes adaptés à ce procédé comprennent les courgettes, les poivrons, champignons, pomme de terre, choux-fleurs, oignons, artichauts et les aubergines.

Il y a quatre types de fours : à chauffage direct, indirect, électrique et infrarouge. Tous les types de fours peuvent fonctionner par charges successives ou continuellement. Dans les fours à charges successives, les parois et la sole sont chauffées. Dans les fours à passage continu, les radiateurs se trouvent au-dessus, sur les côtés et sous le tapis convoyeur. Les fours à charges successives engendrent des frais de main-d'oeuvre plus élevés que les fours à passage continu. Un autre inconvénient peut résider dans la non-uniformité des temps de cuisson engendrée par le retard qu'occasionnent l'enfournement et le défournement.

Dans les fours à chauffage direct, l'air présent dans la chambre de cuisson est échauffé via un échangeur thermique, par de la vapeur ou la combustion d'un combustible. Il est typique que l'air présent dans la chambre de cuisson soit recirculé à travers la chambre de cuisson et l'échangeur thermique. D'autres méthodes consistent à faire passer les gaz de combustion par des tubes radiateurs installés dans la chambre de cuisson, ou à faire brûler le combustible entre une double paroi tout en faisant sortir les gaz de combustion par le haut du four.

Les fours électriques sont chauffés par induction, les plaques ou les barres d'un radiateur chauffant.

Avec les fours à infrarouge destinés à la cuisson des légumes, on commence par laver la matière première, la découper en tranches ou en dés. Ensuite, on blanchit les morceaux de légumes brièvement (60 à 80 secondes) dans de la vapeur saturée à 100 %, dans un four à jet de vapeur porté à 200 – 300 °C. La vapeur est débitée au four à raison de 500 à 540 kg/h. La vitesse de l'air dans le four est de 17 – 25 m/s. Le produit est transféré ensuite dans un second jet de vapeur saturée à 50 % qui le cuit pendant 65 à 85 secondes à une température comprise entre 270 et 300 °C, sans changer le paramétrage de la vapeur et la vitesse de l'air. Le produit est ensuite transféré dans un four à infrarouges qui assure sa cuisson pendant 3,5 à 5 minutes. La température de l'air dans le four augmente, passant de 240 à 350 °C tandis que le produit avance dans le four sur un tapis convoyeur. Au cours de ce procédé, les légumes perdent environ 30 à 60 % de leur teneur en eau, ceci dépendant des légumes dont il s'agit.

2.1.5.5 Torréfaction (E.5)

2.1.5.5.1 Objectif

Ce procédé a pour but de faire cuire les aliments pour les rendre comestibles, de confectionner des produits secs et/ou de mettre en évidence la structure des produits crus.

2.1.5.5.2 Champ d'application

Les ingrédients généralement torréfiés sont le café, les noix, le cacao, la chicorée, les fruits, les céréales et les céréales prétraitées.

2.1.5.5.3 Description des techniques, méthodes et équipements

Les produits bruts sont habituellement exposés à de l'air chaud, à des températures supérieures à 100 °C. Parfois, le produit brut est préséché. Si c'est le cas, on commence par faire évaporer l'eau du produit pour faire décroître sa teneur en humidité d'un taux compris entre 8 et 20 % et la ramener ainsi à moins de 1 %. Si le produit atteint une température suffisamment haute, c'est-à-dire plus de 120 °C, des réactions se produisent dedans. Ces réactions dites de Maillard sont importantes dans le développement de l'arôme dans le café et le cacao. La durée de ce processus de torréfaction dépend du produit et des arômes spécifiques que l'on exige de lui. Les durées de torréfaction du café sont comprises entre 1 et 20 minutes, tandis que pour le cacao et d'autres produits elles peuvent atteindre 180 minutes. Lorsque la température du produit atteint le niveau requis, on stoppe les réactions de Maillard soit en faisant refroidir le produit avec de l'air, soit en « l'éteignant » avec de l'eau puis en le refroidissant à l'air.

La torréfaction peut avoir lieu soit par charges successives soit en continu. L'équipement typique de la torréfaction par charge inclut le torréfacteur à tambour, le torréfacteur à colonne, le torréfacteur à plateau rotatif, le torréfacteur à lit fluidisé et le torréfacteur à lit soufflant. Ces équipements ont tous ce point commun que le produit y est échauffé et agité simultanément. Le produit peut se trouver en contact direct avec de l'air chaud, auquel cas on parle de transfert de chaleur par convection, ou en contact avec une surface chauffée, auquel cas on parle de transfert de chaleur par conduction. En général, on utilise une combinaison des deux. Le refroidissement a lieu dans un équipement à part. Il peut s'agir d'un tamis de refroidissement traversé par de l'air aspiré, ou un refroidisseur à lit soufflant ou tout autre équipement dans lequel la matière première se trouve en contact avec l'air frais. « L'extinction » avec de l'eau peut avoir lieu dans la chambre de torréfaction et parfois dans l'équipement de refroidissement. Les cyclones utilisés font partie intégrante du procédé car ils servent à retirer la poussière, principalement composée de résidus et de peaux (son) du produit, avant qu'elle ne soit rejetée dans l'air. La matière récupérée est ensuite retraitée. L'air de refroidissement est également rejeté dans l'atmosphère.

2.1.5.6 Friture (E.6)

2.1.5.6.1 Objectif

La friture a pour but de faire cuire dans de l'huile alimentaire portée à une température avoisinant les 200 °C. On utilise normalement de l'huile végétale ou un mélange de graisse animale et d'huile végétale.

2.1.5.6.2 Champ d'application

On peut faire frire des matières premières comme le poisson, les pommes de terre et la viande de poulet, par exemple lors de la confection de produits comme les bâtonnets de poisson pané, les chips et les croquettes de poulet.

2.1.5.6.3 Description des techniques, méthodes et équipements

Le produit placé sur un tapis à lamelles pénètre dans la friteuse. La friteuse est une chambre horizontale contenant de l'huile. Le produit tombe dans l'huile et, s'il avait été enduit de pâte à frire, cette dernière gonfle et fait remonter le produit à la surface de l'huile. Le tapis à lamelles amène le produit sous le tapis de la friteuse principale qui fait passer le produit à travers la friteuse et contrôle le temps de friture. Le tapis d'enlèvement, à l'autre extrémité de la friteuse, soulève le produit hors de l'huile, le laisser s'égoutter et le transfère vers les tapis d'inspection et de conditionnement. Les friteuses sont équipées d'un ventilateur extracteur de fumées pour supprimer les fuites de fumée. La température et la durée de la friture varient en fonction du produit à traiter. La température est comprise entre 190 et 205 °C, les périodes de séjour en bain de friture étant normalement de 35 secondes, mais pouvant parfois atteindre les 6 minutes.

2.1.5.7 Tempérage (E.7)

2.1.5.7.1 Objectif

Les objectifs du tempérage sont les suivants : assurer au produit bonne qualité et bonne apparence, permettre la manutention du chocolat liquide en vue de différentes applications, par exemple le démoulage, assurer le contrôle de la viscosité et permettre de remplir les exigences en matière de poids net. Le tempérage sert aussi à décongeler les viandes de façon contrôlée.

2.1.5.7.2 Champ d'application

Le tempérage est utilisé dans la fabrication du chocolat et de produits contenant du chocolat. Les formulations chocolatées contenant du beurre de cacao ou des équivalents de ce beurre ont besoin d'être tempérées avant utilisation. Le chocolat peut être sous-tempéré, bien tempéré ou sur-tempéré, ceci dépendant de l'application particulière.

On recourt au tempérage car le beurre de cacao peut exister sous différentes formes cristallines qui, si elles demeurent non tempérées, se transforment en substances instables qui affectent gravement l'aptitude à la production et la qualité du produit. Ce procédé garantit que la matière grasse se cristallise sous des formes stables qui permettent ensuite aux produits d'être fabriqués avec une bonne brillance et une bonne dureté, et d'être croustillants si nécessaire. Ce procédé retarde aussi la formation de tâches blanches à la surface (pruine du corps gras).

2.1.5.7.3 Description des techniques, méthodes et équipements

Le procédé de tempérage implique la fusion, par échauffement à 40 °C minimum ou plus, de tous les cristaux gras présents, puis le refroidissement de la pâte à une température généralement inférieure à 30 °C, connue comme la température d'ensemencement. Ceci permet l'apparition de formes cristallines stables qui, si elles se maintiennent, permettent à une autre transformation souhaitable de se produire. La pâte enfin est légèrement échauffée pour faire fondre tout reliquat de forme cristalline instable et pour mieux établir encore la cristallisation des formes stables.

Les températures et temps de maintien varient en fonction de la recette ou formulation particulière, pour garantir au produit une qualité optimale.

Le tempérage à flux simple utilise la technique standard consistant à induire la cristallisation des formes stables à partir du liquide, et à procéder ensuite à des changements de température. Par un alimentateur à vis sans fin, le produit est envoyé dans un tube où il est tempéré en trois séquences.

Le tempérage à double flux requiert un flux déjàensemencé que l'on introduit dans un flux de chocolat fondu non tempéré.

Et enfin le tempérage multi-séquences basé sur le refroidissement lent pour générer des cristaux d'ensemencement. Les zones de refroidissement et de réchauffement sont des zones multi-niveaux maintenues dans les plages de température requises via un système à enveloppe remplie d'eau circulant en circuit fermé. Différentes machines de tempérage sont disponibles ; elles sont basées sur ce principe et largement utilisées dans l'industrie dans une vaste gamme d'applications.

2.1.5.8 Pasteurisation, stérilisation et traitement UHT (E.8)

2.1.5.8.1 Objectif

La conservation des produits alimentaires et d'alimentation animale s'obtient en tuant les micro-organismes présents. Le traitement thermique servant à la conservation des produits est l'une des principales techniques utilisées dans le secteur FDM. Le traitement thermique stoppe l'activité des bactéries et enzymes, et prévient ainsi la perte de qualité tout en réduisant la périssabilité des denrées. Dans les procédés de traitement thermique, il est possible d'appliquer différentes combinaisons de temps / température, ceci dépendant des propriétés du produit et de ses exigences en matière de conservation.

La pasteurisation est un procédé d'échauffement contrôlé, utilisé pour éliminer les formes viables de tout micro-organisme, c'est-à-dire pathogène ou source de détérioration, susceptible de se trouver dans le lait, les boissons lactées, certains produits carnés et d'autres produits alimentaires, ou pour accroître la durée de conservation, comme c'est le cas avec la bière. Un procédé d'échauffement contrôlé similaire, dénommé blanchiment, entre dans la transformation des fruits et légumes. La pasteurisation et le blanchiment sont tous deux basés sur l'utilisation des exigences thermiques minimum requises pour désactiver des micro-organismes ou enzymes spécifiques, et réduire ainsi tous les changements de qualité dans les aliments eux-mêmes [87, Ullmann, 2001]. Dans la pasteurisation, on applique généralement une température de chauffage inférieure à 100 °C.

La stérilisation est un procédé contrôlé de chauffage utilisé pour éliminer les formes et spores viables de tout micro-organisme, c'est-à-dire pathogène ou source de dégénération, qui pourrait être présent dans des aliments en conserve. On y parvient par de la chaleur humide, sèche, la filtration, l'irradiation ou par des méthodes chimiques. Comparé à la pasteurisation, un traitement thermique de plus de 100 °C est appliqué pendant une période suffisamment longue pour conférer au produit une durée de conservation stable.

Le traitement UHT est un traitement thermique à plus de 100 °C appliqué pendant un temps très court.

2.1.5.8.2 Champ d'application

La pasteurisation et la **stérilisation** s'utilisent pour traiter tous les types de produits FDM ; ces produits comprennent le lait, les jus et la bière. Le traitement **UHT** s'applique aux produits liquides présentant une faible viscosité.

2.1.5.8.3 Description des techniques, méthodes et équipements

Les températures de **pasteurisation** sont habituellement comprises entre 62 et 90 °C, et les temps de pasteurisation varient de quelques secondes à quelques minutes. La pasteurisation par charges successives emploie des températures comprises entre 62 et 65 °C appliquées pendant 30 minutes maximum. La pasteurisation à haute température courte durée (HTST) utilise une température comprise entre 72 et 75 °C pendant 15 à 240 secondes. La pasteurisation sous forte chaleur de courte durée (HHST) emploie une température de 85 à 90 °C pendant 1 à 25 secondes.

La pasteurisation par charges successives se déroule dans des récipients agités. Parfois le produit (bière et jus de fruits) est pasteurisé après l'embouteillage ou la mise en boîte. Ici, les produits déjà conditionnés sont immergés dans de l'eau très chaude ou traversent un tunnel de vapeur. Pour la pasteurisation continue, on utilise des échangeurs thermiques à flux croisés, par exemple tubulaires, à plaques ou à cadres. Ces échangeurs présentent une section d'échauffement, de maintien en température et de refroidissement. Le Tableau 2.8 montre des exemples de combinaisons de traitements thermiques utilisées dans le secteur FDM.

Procédé	Température d'échauffement / Temps de maintien	Utilisation
Pasteurisation de liquide en vrac	63 °C/30 min	Pasteurisation du lait en cuve
Pasteurisation à haute température de courte durée (HTST)	72 °C/15 s	Pasteurisation continue du lait pour des raisons de sécurité alimentaire
Cuisson de produits carnés	Température interne de 65 à 75 °C	Produits prêts à déguster comme le jambon, les pains de viande ou les saucisses de Francfort
Blanchiment des légumes	Variable, par exemple 75 °C/5 min	Désactivation des enzymes et attendrissement des tissus
Pasteurisation du produit embouteillé	60 °C/10 min*	Extension de la durée de conservation de la bière
* Ce paramétrage peut varier en fonction de la bière		

Tableau 2.8 : Exemples de combinaisons de traitements thermiques utilisées dans le secteur FDM [1, CIAA, 2002]

Généralement, pour la **stérilisation**, le produit est mis en boîte ou en bouteille puis traité thermiquement dans un stérilisateur avec de la vapeur et de l'eau chaude. Les stérilisateurs peuvent fonctionner par charges successives ou en continu. Dans la stérilisation à la chaleur humide, les températures sont généralement comprises entre 110 et 130 °C, avec des temps de stérilisation compris entre 20 et 40 minutes. Ainsi par exemple, les aliments en conserve sont stérilisés en autoclave à env. 121 °C pendant 20 minutes. Des températures plus élevées sur des durées plus courtes peuvent avoir des effets similaires, par exemple 134 °C pendant 3 minutes. Toutefois et si les conditions du procédé ne permettent pas aux spores de germer, il est possible de recourir à des températures plus basses et des temps plus courts. Ainsi par exemple, avec les jus de fruits acides, la confiture ou les desserts, un échauffement jusqu'à 80 – 100 °C pendant 10 minutes suffit normalement.

Pour tuer les endospores bactériens par la chaleur sèche, il faut des temps d'exposition plus longs et des températures plus élevées qu'avec la chaleur humide, par exemple 2 heures à 160 – 180 °C. Les solutions contenant des composés thermolabiles peuvent être stérilisées par filtrage à travers par exemple des membranes en nitrocellulose, en diatomite comme la terre d'infusoires, et en porcelaine. L'irradiation aux UV sert à maintenir les pièces partiellement stériles. Les bactéries et leurs spores sont rapidement tuées mais les spores fongiques ne sont que modérément sensibles aux radiations. Les radiations ionisantes comme les rayons X et gamma servent à stériliser les produits alimentaires et d'autres matières compactes. Des moyens

chimiques peuvent également être appliqués. L'oxyde d'éthylène sert à stériliser l'alimentation, les plastiques, récipients en verre et d'autres équipements [87, Ullmann, 2001].

Le traitement UHT signifie un traitement thermique très court à des températures comprises entre 135 et 150 °C pendant quelques secondes seulement. Il en résulte un produit stérilisé dont les propriétés n'ont été pénalisées que de façon minime par la chaleur. Le traitement UHT n'est possible que dans un équipement à passage continu. Ainsi, le produit est stérilisé avant d'être transféré à des conteneurs stérilisés d'avance en atmosphère stérile. Ceci exige que la transformation se déroule en milieu aseptique. Pour le traitement UHT, on recourt à un échauffement indirect dans des échangeurs thermiques à plaques, cadres ou tubulaires. L'injection directe de vapeur ou l'infusion de vapeur peut également être utilisée.

2.1.6 Concentration par la chaleur (F)

2.1.6.1 Évaporation (liquide vers liquide) (F.1)

2.1.6.1.1 Objectif

Faire évaporer consiste à retirer partiellement l'eau présente dans un aliment liquide en le faisant bouillir. Ainsi par exemple, les produits liquides peuvent être concentrés pour passer d'une teneur de 5 % en matière solides à une teneur de 72 % ou même plus, ceci dépendant de la viscosité des concentrés. L'évaporation sert à préconcentrer les aliments, à en accroître la teneur en matière solide, à en changer la couleur et à supprimer presque complètement la teneur en eau d'un produit liquide, comme par exemple dans le cas du séchage des huiles alimentaires.

2.1.6.1.2 Champ d'application

L'évaporation est utilisée dans de nombreux secteurs FDM. Elle sert par exemple pour transformer le lait, les sous-produits de l'amidon, le café, les jus de fruits, les pâtes et concentrés de légumes, les assaisonnements, les sauces, le sucre et l'huile alimentaire.

2.1.6.1.3 Description des techniques, méthodes et équipements

La vapeur ou les gaz s'échappant d'autres opérations de séchage servent normalement comme fluide de chauffage. La chaleur latente de la condensation est transférée à l'aliment liquide pour en porter la température au point d'ébullition dans le but de faire évaporer l'eau. La vapeur est ensuite retirée de la surface du liquide en ébullition. Vu que les produits alimentaires sont sensibles à la chaleur, il est souvent nécessaire de travailler à des températures basses. On y parvient en faisant bouillir la partie liquide sous vide. Dans ce cas, l'évaporation a lieu dans une plage comprise entre 50 et 100 °C mais elle peut atteindre 130 °C dans l'industrie sucrière.

Sous sa forme la plus simple, l'évaporation a lieu en faisant bouillir l'eau pour que la vapeur s'échappe dans l'air, au moyen de serpentins électriques immergés. Dans la pratique toutefois, l'équipement le plus couramment utilisé est la coquille multi-étagée et les évaporateurs à tube ou évaporateurs à plaque. Les évaporateurs à coque et à tube peuvent opérer avec circulation naturelle ou forcée, être des types à film montant ou chutant. Les évaporateurs centrithermes, les évaporateurs à film raclé (WFE), les évaporateurs à film mince et les poêles sous vide sont spécialement conçus pour faire évaporer les produits à haute viscosité. Les concentrations typiques en solides, pour différents types d'évaporateurs, figurent dans le Tableau 2.9. Le taux de matière solide totale à la sortie dépend du produit que l'on veut concentrer.

Type d'évaporateur	Teneur totale en matière solide à l'entrée (%)	Teneur totale en matière solide à la sortie (%)
Coquille et tubes, multi-étagés	5 – 25	40 – 75
Plaques, multi-étagés	5 – 25	40 – 75
Poêles sous vide	60 – 70	80 – 85
Centritherme, mono-étagés	5 – 25	40 – 60
WFE, mono-étagés	40 – 50	70 – 90

Tableau 2.9 : Concentrations typiques totales en matières solides, pour différents types d'évaporateurs [1, CIAA, 2002]

On utilise les évaporateurs à effets multiples lorsque l'évaporation requiert une grande quantité d'énergie, par exemple dans la transformation de la betterave sucrière, la production d'amidon et l'évaporation du lait et du petit-lait. Ces évaporateurs utilisent de la vapeur fraîche ou des gaz d'échappement provenant d'autres opérations, et récupèrent ou réutilisent ainsi de l'énergie, et leur premier effet consiste à extraire de la vapeur d'eau du liquide en ébullition. L'eau évaporée possède encore suffisamment d'énergie pour servir de source de chaleur à l'effet suivant, et ainsi de suite. Dans une série multi-effets, on applique le vide pour permettre à l'eau de disparaître complètement par ébullition. Le liquide en cours de transformation passe d'un corps d'évaporateur aux autres, de sorte qu'il passe par plusieurs séquences d'évaporation. De cette manière, une unité de vapeur injectée dans le premier évaporateur peut retirer trois à six unités d'eau présentes dans le liquide.

Il est possible de faire l'économie d'énergie supplémentaire en recomprimant la vapeur à l'aide d'un compresseur de vapeur thermique (TVR) ou d'un compresseur de vapeur mécanique (MVR). Toutefois, cela peut entraîner une contamination de la vapeur et la rendre inapte au retour aux chaudières, et accroître par conséquent la charge d'eaux usées. Au stade final, il est possible de condenser la vapeur par refroidissement au moyen d'eau à cet effet. Une partie de la vapeur peut être prélevée des évaporateurs pour servir de source de chaleur dans d'autres parties requises du procédé.

Pendant le procédé, les composés du produit se déposent graduellement sur les surfaces d'échange thermique. Ceci peut affecter l'efficacité de l'échange thermique et conduire à des pertes de chaleur dans le système. Ces dépôts peuvent être inorganiques ou organiques, ceci dépendant du produit. Par conséquent, il faut nettoyer l'installation à intervalles réguliers pour empêcher une forte perte de chaleur avec une perte subséquente de qualité du produit.

2.1.6.2 Séchage (liquide vers solide) (F.2)

2.1.6.2.1 Objectif

Le séchage se définit comme l'application de chaleur dans des conditions contrôlées, dans le but de retirer par évaporation l'eau présente dans les aliments liquides et d'obtenir ainsi des produits solides. Le séchage diffère de l'évaporation qui donne, elle, des produits liquides plus concentrés. Le séchage a principalement pour but d'accroître la durée de conservation des aliments en réduisant leur a_w .

2.1.6.2.2 Champ d'application

Les applications typiques des techniques de séchage comprennent les produits laitiers, par exemple le lait, le petit-lait et les succédanés de lait, le café, les succédanés de café, le thé, les saveurs, les boissons en poudre, et les aliments transformés à base de céréales.

2.1.6.2.3 Description des techniques, méthodes et équipements

Il est possible d'appliquer deux principes de séchage différents : le séchage à l'air chaud et le séchage superficiel par conduction de chaleur à travers un système de transfert de chaleur.

Dans le séchage à l'air chaud, on se sert de ce dernier comme fluide de chauffage et il entre en contact direct ou indirect avec le produit liquide. La chaleur transférée, de l'air chaud au produit, provoque l'évaporation du quantum d'eau qu'il contient.

Dans le séchage superficiel par conduction thermique à travers un système de transfert de chaleur, le fluide de chauffage n'entre pas en contact avec l'aliment mouillé, mais est séparé de lui par une surface de transfert thermique. La chaleur est transférée par conduction à travers la surface, et par convection de la surface chaude à l'aliment, ce qui permet de faire évaporer l'eau pour la retirer de l'aliment. Ceci présente deux avantages principaux comparé aux séchoirs à air chaud : il faut un moindre volume d'air, l'efficacité thermique est donc plus élevée et le procédé peut aussi s'accomplir dans un milieu sans oxygène.

Les séchoirs utilisés sont des séchoirs à pulvérisation, sur rouleau, sur tapis sous vide et sur étagère sous vide.

Dans le séchage par pulvérisation, la matière à sécher se trouve en suspension dans l'air, ce qui signifie que le liquide est converti en un brouillard ou liquide atomisé, fournissant une grande zone surfacique. Le liquide atomisé est exposé à un flux d'air chaud dans une chambre de séchage. L'humidité s'évapore rapidement et les solides sont récupérés sous forme de poudre composée de particules fines, creuses, sphériques. On se sert de températures de l'air entrant pouvant atteindre environ 250°C ou plus, ceci dépendant du type de produit ; vu l'évaporation cependant, la température de l'air retombe rapidement à env. 95 °C, température qui est celle de l'air à la sortie. La température du produit est inférieure de 20 à 30 °C à celle de l'air sortant. L'échauffement de l'air peut avoir lieu au moyen de vapeur ou d'aérothermes directs chauffés au gaz, ou d'aérothermes indirects chauffés au gaz, aux combustibles liquides ou solides. Le séchage par pulvérisation est utilisé à grande échelle par l'industrie laitière et pour sécher le café.

D'une manière générale, et cela fait partie intégrante du procédé, l'air d'échappement traverse des cyclones et/ou des filtres pour récupérer les matières particulaires ou la poussière véhiculée par l'air d'échappement. La matière récupérée vient rejoindre le produit.

Le principe du séchage sur rouleaux est le suivant : on applique une mince pellicule de matière sur la surface lisse d'un tambour métallique en rotation continue et chauffé à la vapeur. La pellicule de matière sèche est raclée par une lame en poste fixe située de façon diamétralement opposée au point d'application de la matière liquide. Le séchoir se compose d'un seul tambour ou d'une paire de tambours avec ou sans rouleaux satellites. La pression de la vapeur appliquée dans les tambours peut s'élever à 4-8 bar, ceci dépendant du produit. Le séchage sur rouleau s'applique par exemple au lait, à l'amidon et aux flocons de pommes de terre.

Finalement, dans les séchoirs à tapis sous vide et les séchoirs à étagère sous vide, la pâte alimentaire est étalée ou pulvérisée sur un tapis en acier qui passe au dessus de deux tambours creux à l'intérieur d'une chambre sous vide. L'aliment est dans un premier temps séché par le tambour chauffé à la vapeur puis par les serpentins chauffés à la vapeur ou les radiateurs à rayonnement situés au-dessus du tapis. L'aliment séché est refroidi par le second tambour, refroidi par eau, et retiré par un couteau de nettoyage. La rapidité du séchage et les dégâts limités subis par l'aliment rendent cette méthode adaptée aux aliments craignant la chaleur.

2.1.6.3 Déshydratation (solide vers solide) (F.3)

2.1.6.3.1 Objectif

La déshydratation est définie comme étant l'application de chaleur dans des conditions contrôlées pour retirer, par évaporation, l'eau présente dans les aliments solides ou les sous-

produits issus de la transformation des matières premières agricoles. La déshydratation a principalement pour but d'allonger la durée de conservation des aliments en réduisant leur a_w .

2.1.6.3.2 Champ d'application

Voici quelques exemples d'aliments déshydratés : les pommes de terres, les sous-produits de l'amidon, la pulpe de betterave sucrière, la farine, les pâtes, grains, fruits, noix, céréales, farines de graines oléagineuses, feuilles de thé, légumes et épices. La déshydratation des graines mouillée germées s'utilise dans la production de malt également appelé touraillage. Dans le procédé de maltage, la séquence de séchage joue un rôle essentiel car elle sert à obtenir la teinte et la saveur désirées.

2.1.6.3.3 Description des techniques, méthodes et équipement

La déshydratation affecte la texture et la teinte des aliments, provoque la perte de composants volatiles, autant de facteurs qui ont un effet préjudiciable à la fois sur la qualité et la valeur nutritionnelle de l'aliment. La conception et l'exploitation de l'équipement de déshydratation vise à réduire ces altérations en sélectionnant des conditions de séchage adéquates pour les différents aliments. En ce qui concerne la déshydratation, les deux principes différents sont par exemple la déshydratation à l'air chaud et la déshydratation superficielle par conduction de chaleur à travers un système de transfert thermique. Ces principes sont expliqués en détails à la section 2.1.6.2.

On utilise différents types de séchoirs, à lit fluidisé, à chambre ou à plateau, à convoyeur ou à tapis, pneumatiques, flash et/ou à anneau, rotatifs, à tunnel, faisceau de vapeur, vapeur, à four et sous vide.

Les séchoirs à lit fluidisé (FBD) se composent de plateaux métalliques à fond en treillis ou ajourés pouvant contenir un lit d'aliments particuliers sur une profondeur de 15 cm maximum. On injecte de l'air chaud dans le lit, ce qui a pour effet de le suspendre dans l'air et de l'agiter énergiquement. L'air sert à la fois de fluide de séchage et de fluidification. Ces séchoirs peuvent être exploités par charges successives ou en continu. Les séchoirs FBD sont compacts et permettent de bien piloter les conditions de séchage, ils offrent des efficacités thermiques relativement hautes et des rendements de séchage élevés. Ces séchoirs offrent des taux très élevés de transfert thermique et de masse, donc des temps de séchage courts en conséquence. Le séchage peut se dérouler à des températures de l'air inférieures à 100 °C, mais peut atteindre 170 °C ou plus, ceci dépendant du produit / procédé. Dans l'industrie laitière, le FBD est souvent utilisé comme dernière séquence de séchage après le séchage par pulvérisation (voir section 2.1.6.2).

Les séchoirs à chambre ou à plateau se composent d'une chambre isolée équipée de plateaux peu profonds à fonds en treillis ou ajourés contenant une fine couche d'aliments. L'air chaud traverse la chambre. Un système de conduits et de chicanes sert à diriger l'air sur et/ou à travers chaque plateau pour assurer une distribution uniforme de l'air. Ces séchoirs sont utilisés dans la production à petite échelle et s'assortissent de coûts financiers réduits ; ils sont relativement difficiles à piloter et donnent des produits de qualité variable.

Les séchoirs continus à convoyeur ou à tapis peuvent mesurer jusqu'à 20 mètres de long et 3 mètres de large. L'aliment sèche sur un tapis en treillis. Le flux d'air est à l'origine dirigé vers le haut, à travers le lit d'aliments, puis vers le bas au cours de stades ultérieurs, pour empêcher l'aliment, séché dans l'intervalle, d'être chassé du lit par l'air injecté.

Dans les séchoirs pneumatiques, flash et/ou annulaires, les poudres ou aliments particuliers sont continuellement séchés dans des conduits verticaux ou horizontaux métalliques. Un séparateur à cyclone ou un filtre à poche sert à retirer le produit séché. Les aliments humides entrent dosées dans les conduits et restent suspendus dans l'air chaud. Ces séchoirs sont financièrement peu coûteux, offrent des rendements de séchage et efficacités thermiques élevés, et permettent de bien piloter les conditions de séchage.

Les séchoirs rotatifs sont des cylindres métalliques rotatifs légèrement inclinés, équipés à l'intérieur de volées forçant les aliments à descendre en cascade à travers un flux d'air chaud tandis qu'ils traversent le séchoir. Le flux d'air peut être parallèle ou à contre-courant. L'agitation des aliments et la vaste surface qu'ils exposent à l'air engendrent des rendements de chauffage élevés et un produit uniformément déshydraté. Cette méthode convient particulièrement bien aux aliments qui tendent à feutrer ou à coller entre eux dans les séchoirs à tapis ou à plateaux. Elle s'utilise à grande échelle dans l'industrie sucrière, pour sécher le sucre et la pulpe de betterave. Dans le cas de la pulpe, le gaz s'échappant de l'installation de combustion peut servir de source de chaleur lorsque l'installation et la température du gaz de fumée le permettent. Certaines installations de combustion peuvent générer des gaz de fumée atteignant quelque 120 °C.

Dans les séchoirs tunnels, de fines couches d'aliments sont séchées sur des plateaux empilés sur des chariots programmés pour traverser de façon semi-continue un tunnel isolé dans lequel circule de l'air très chaud.

Dans les séchoirs à faisceau de vapeur, le fluide de chauffage ou vapeur n'entre pas en contact avec le produit mouillé. On se sert d'une surface de transfert thermique pour communiquer la chaleur à la surface du produit et le faire sécher. La vapeur traverse le séchoir, à travers des tubes / faisceaux cylindriques qui tournent, ceci pour éviter une surchauffe locale et améliorer l'uniformité du séchage. Ce séchoir utilise un moindre volume d'air et, par voie de conséquence, les émissions dans l'air sont limitées.

Le séchoir à la vapeur est un système de séchage de conception spéciale employant de la vapeur surchauffée produite via un échangeur thermique. Ce séchoir se compose d'un récipient pressurisé dans lequel l'eau provenant du produit est évacuée, transformée en vapeur que l'on réutilise pour sécher plus de produit. Ce système s'emploie dans l'industrie sucrière, à une échelle limitée, pour déshydrater la pulpe de betterave. Un avantage de ce système de déshydratation réside en ce qu'il consomme peu d'énergie.

Le séchage en tourailles est utilisé dans le maltage et décrit à la section 2.2.15.

La déshydratation sous vide s'emploie avec les produits craignant la chaleur. On abaisse la pression externe pour ne pas avoir à sécher à une température élevée. Le séchage à rouleau sous vide constitue un type simple de séchage sous vide. Dans cette méthode, un ou deux rouleaux sont installés dans une carter sous vide. La vapeur résultante se précipite dans un condenseur situé entre la chambre de vide et la pompe. Le produit est retiré par un convoyeur à vis sans fin.

2.1.7 Transformation par enlèvement de chaleur (G)

2.1.7.1 Refroidissement, application d'un froid vif et stabilisation par le froid (G.1)

2.1.7.1.1 Objectif

Le refroidissement sert à faire passer un produit alimentaire d'une température de traitement à l'autre, ou à une température de stockage requise. Le refroidissement rapide est une technique de traitement dans laquelle on abaisse la température du produit alimentaire et la maintient entre -1 et -8 °C. Le refroidissement et l'application d'un froid vif ont pour but de freiner le rythme des changements biochimiques et microbiologiques dans les aliments, d'accroître la durée de conservation des aliments frais et transformés, ou d'entretenir une certaine température dans un procédé alimentaire, par exemple dans la fermentation et le traitement de la bière. Le refroidissement sert aussi à promouvoir un changement dans l'état d'agrégation comme par exemple la cristallisation. La stabilisation par le froid a pour objectif de faire précipiter les tartrates présents dans les vins, ou les acides gras présents dans les spiritueux, avant leur embouteillage.

2.1.7.1.2 Champ d'application

Le refroidissement, l'application d'un froid vif et la stabilisation par le froid sont utilisés à grande échelle par le secteur FDM.

L'application d'un froid vif sert à conserver un grand nombre de denrées périssables. Dans le secteur viticole, le refroidissement et l'application d'un froid vif servent à clarifier le moût avant de le faire fermenter. La stabilisation par le froid s'utilise dans les secteurs de la bière, du vin et des spiritueux. On stabilise la bière par le froid pour faire précipiter l'adduct protéinique-polyphénolé. Dans ce but, la bière est maintenue entre -2 et -3 °C pendant au moins 12 heures.

2.1.7.1.3 Description des techniques, méthodes et équipements

Le refroidissement des aliments liquides, opération courante, consiste à faire passer le produit dans un échangeur thermique ou un refroidisseur ou à faire refroidir les récipients. Le fluide de refroidissement dans le refroidisseur peut être de l'eau souterraine, de l'eau circulant en circuit fermé via une tour de refroidissement, ou de l'eau mélangée le cas échéant à des agents tels que du glycol lequel, circulant en circuit fermé, transite via un système de réfrigération mécanique ou un circuit à eau glacée.

Dans le refroidissement cryogénique, l'aliment entre directement en contact avec le produit réfrigérant qui peut être du dioxyde de carbone solide ou liquide, ou de l'azote liquide. Tandis que le produit réfrigérant s'évapore ou se sublime, il extrait la chaleur présente dans l'aliment, ce qui provoque le refroidissement rapide de ce dernier. Les réfrigérants à base d'azote liquide ou de dioxyde de carbone sont incolores, inodores et inertes.

La fourniture d'aliments **réfrigérés** aux consommateurs dicte de faire appel à un système de distribution sophistiqué impliquant des entrepôts réfrigérés, un transport réfrigéré et des linéaires de vente au détail réfrigérés. Les aliments réfrigérés peuvent être groupés en trois catégories, suivant la température de stockage [225, Hendley B., 1985]. Une quatrième catégorie s'applique à la vinification.

- -1 à 1 °C pour les produits frais suivants : poisson, viandes, charcuterie, viande hachée, viande et poisson fumés
- 0 à 5 °C pour les produits en boîte pasteurisés suivants : viande, lait et produits laitiers, salades préparées, produits cuits au four, pizzas, pâte à cuire et pâtisseries
- 0 à 8 °C pour les produits suivants : viandes entièrement cuites et pâtés de poisson entièrement cuits, viandes salaisonnées cuites et non cuites, beurre, margarine, fromage et fruits mous.
- 8 à 12 °C pour l'industrie viticole. Le moût doit être maintenu dans cette fourchette de température pendant 6 à 24 heures.

L'équipement servant à congeler (voir section 2.1.7.2) peut aussi servir à **refroidir et entretenir un froid vif**.

La stabilisation par le froid est une technique de refroidissement des vins avant leur embouteillage, dans le but de provoquer la précipitation des cristaux de tartrate. Pour les spiritueux, cette technique consiste à porter le liquide à une température comprise entre -1 et -7 °C, ceci dépendant des opérateurs, et éventuellement à effectuer une stabulation, c'est-à-dire à stocker le liquide à basse température dans des réservoirs à des températures constantes pendant 24 à 48 heures. Un filtrage à froid, à env. -1 °C, permet de retenir les esters d'acide gras. Avec les vins, trois techniques sont utilisables : la stabilisation par le froid par charges successives avec stabulation, la stabilisation continue par le froid et la stabilisation par le froid par ensemencement de cristaux. Les deux techniques citées en dernier sont les plus couramment utilisées. Ces schémas de base peuvent exister en plusieurs variantes.

La stabilisation par le froid par charges successives et avec stabulation est la technique la plus ancienne. Elle consiste à porter le vin à une température inférieure à zéro, donc proche du point

de congélation, et à le conserver dans un réservoir isothermique pendant une période de cinq à huit jours.

$$\text{Point de congélation (°C)} = - (\% \text{ d'alcool (\% v/v)}/2) + 1$$

Dans la stabilisation continue par le froid, le réservoir de stabulation est remplacé par un cristalliseur cylindro-conique et un agitateur dans lequel le vin séjourne 30 à 90 minutes seulement.

La stabilisation par le froid est accomplie par ensemencement de cristaux : elle consiste à réfrigérer le liquide entre -1 et -2 °C, à l'ensemencer avec 4 g de cristaux tartriques par litre de liquide, à agiter le liquide pendant 2 à 4 heures et à le stocker ultérieurement dans des réservoirs avec décantation subséquente 12 à 48 heures plus tard.

2.1.7.2 Congélation (G.2)

2.1.7.2.1 Objectif

La congélation est une méthode de conservation. Pendant la congélation, la température de l'aliment descend en dessous du point de congélation et une partie de l'eau subit un changement d'état et forme des cristaux de glace. Le standard sectoriel prévoit, pour congeler les aliments, de réduire leur température à environ -18 °C.

2.1.7.2.2 Champ d'application

Il est possible de congeler différents types d'aliments dont par exemple les fruits, légumes, le poisson, la viande, les produits cuits au four et les aliments préparés comme les crèmes glacées et les pizzas.

2.1.7.2.3 Description des techniques, méthodes et équipements

Pendant la congélation, on retire la chaleur de l'aliment pour en abaisser la température jusqu'au point de congélation. Ceci inclut de retirer la chaleur produite par la respiration, ce qui est le cas avec les aliments frais. La chaleur latente de la cristallisation est ensuite retirée et les cristaux de glace se forment. Le Tableau 2.10 montre les points de congélation typiques de différents produits du secteur FDM.

Produit FDM	Point de congélation
Viande, volaille et poisson	-0,6 à -2,0 °C
Légumes dont les pois, les choux-fleurs, les oignons, les carottes et tomates	-0,9 à -1,4 °C
Fruits dont les poires, les prunes et les abricots	-1,8 à -2,5 °C
Baies dont par exemple les fraises et les framboises	-0,8 à -1,2 °C
Lait	-0,5 °C
Crèmes glacées	-4,0 à -6,0 °C

Tableau 2.10 : Points de congélation typiques de différents produits du secteur FDM [37, Environment Agency of England and Wales, 2000]

Une vaste gamme de méthodes et équipements est disponible pour congeler les produits alimentaires. Les congélateurs les plus courants sont des congélateurs à flux d'air soufflé, à tapis, à lit fluidisé, à surface refroidie, les congélateurs par immersion et les congélateurs cryogéniques. La cryo-extraction et la concentration par le froid sont également utilisées.

Dans les congélateurs à flux d'air soufflé, l'air à une température comprise entre -30 et -40 °C circule sur les aliments à une vitesse comprise entre 1,5 et 6 m/s. Dans les congélateurs de ce type opérant par charges successives, les produits alimentaires sont empilés sur des clayettes dans des pièces ou des chambres. Dans les équipements à circulation continue des produits, les clayettes couvertes de produits sont empilées sur des chariots ou les produits alimentaires se

déplacent sur des tapis convoyeurs à travers un tunnel de congélation. On se sert parfois de tunnels multiphasés comportant un certain nombre de tapis. Le produit chute d'un tapis sur l'autre, ce qui brise les aliments surgelés en morceaux. L'épaisseur de la couche d'aliments sur les tapis peut varier entre 25 et 125 mm. Dans les congélateurs à flux d'air soufflé, de grands volumes d'air sont recyclés, ce qui peut toutefois occasionner de brûlures par le froid et des altérations oxydatives aux aliments non emballés. L'humidité provenant des aliments est transférée, via l'air, aux serpentins de réfrigération, ce qui rend nécessaire un dégivrage fréquent. On applique également la congélation et la réfrigération par impact, avec de l'air circulant à 45 m/s maximum, à une température pouvant atteindre -50 °C.

Le principe de fonctionnement d'un congélateur à contre-courant, par exemple d'un congélateur à tapis ou d'un congélateur hélicoïdal est le même que celui du congélateur à flux d'air soufflé, sauf que les aliments en cours de transport traversent un flux d'air froid ou d'azote liquide circulant à contre-courant. Ceci réduit l'évaporation de l'eau présente dans les aliments.

Dans les congélateurs à lit fluidisé, les aliments sont fluidisés avec de l'air très froid compris entre -25 et -40 °C : l'air traverse verticalement, vers le haut, un plateau ou un tapis convoyeur, et un tapis d'aliment faisant entre 2 et 20 cm d'épaisseur. La forme et la taille des morceaux d'aliments déterminent l'épaisseur du lit fluidisé et la vitesse de l'air pour fluidiser. Dans ce système, l'aliment entre en contact plus extensif avec l'air que dans les congélateurs à air soufflé, de sorte que toutes les surfaces sont gelées simultanément et uniformément. Il en résulte une congélation plus rapide, une déshydratation moindre, et des dégivrages moins fréquents. La congélation à lit fluidisé est restreinte aux aliments à particules de petites tailles comme par exemple les pois, le maïs, les grains, les crevettes et les fraises.

Dans les congélateurs à surface refroidie, des plaques creuses verticales ou horizontales sont refroidies par un fluide frigorigène circulant à env. -40°C. On dépose les aliments en couches minces sur la surface. Parfois, les plaques sont légèrement pressées les unes contre les autres. Ceci améliore le contact entre l'aliment et les plaques de congélation. Un avantage de tels congélateurs réside dans le peu de déshydratation subie par l'aliment, ce qui réduit la fréquence de dégivrages. Le congélateur à surface de raclage constitue une forme spéciale. Cet appareil se compose d'un cylindre de congélation contenant des lames rotatives retirant la matière gelée de la surface congelante. Ce type d'équipement s'utilise par exemple dans la production de crèmes glacées.

Dans les congélateurs à immersion, les aliments conditionnés traversent un bain de glycol réfrigéré, de la saumure, du glycérol ou une solution de chlorure de calcium, ceci sur un convoyeur à treillis immergé. Cette méthode permet d'obtenir des rendements de congélation élevés. Elle sert par exemple à congeler du jus d'orange concentré dans des boîtes et à précongeler la volaille emballée sous film avant de la congeler à l'air soufflé.

Dans la congélation cryogénique, l'aliment entre directement en contact avec la substance frigorigène qui peut être du dioxyde de carbone solide ou liquide, ou de l'azote liquide. La substance frigorigène s'évapore ou se sublime et emporte ainsi la chaleur présente dans l'aliment provoquant ainsi une congélation rapide. L'azote liquide et le dioxyde de carbone sont des substances réfrigérantes incolores, sans odeur et inertes.

La cryo-extraction est une méthode d'enrichissement soustractive consistant à retirer l'eau présente dans des grappes de raisins pour accroître la teneur en sucre du moût. La cryo-extraction a pour but d'éliminer une partie de l'eau présente dans la matière première en opérant une congélation sélective. Les raisins sont placés dans une pièce dont la température se situe à mi-chemin entre la température de congélation des raisins les plus riches et de celle des raisins les moins riches. La durée de traitement de la récolte de raisin est comprise entre 12 et 20 heures, à des températures comprises entre -3 et -6 °C. Cette technique n'est appliquée qu'aux raisins récoltés manuellement et dans des caisses ajourées basses pour permettre un abaissement lent et homogène de la température sur tous les raisins. Le pressage permet de sélectionner les jus les plus mûrs, c'est-à-dire ceux qui coulent les premiers. La pression maximale de pressage utilisée s'élève à 4 bar.

Et enfin la concentration par le froid est une technique appliquée uniquement aux vins. Elle consiste à éliminer une partie de l'eau présente dans un vin pour en accroître la teneur alcoolique. Cette technique est réglementée. Le vin est refroidi jusqu'à une température inférieure à celle où les cristaux de glace se forment, mais l'alcool, lui, ne gèle pas. Une mixtion constante empêche les cristaux de se souder en congelant. Une fois qu'une quantité suffisante d'eau s'est ainsi solidifiée, on sépare le liquide des cristaux au moyen de centrifugeuses ou d'extracteurs commandés par pression.

2.1.7.3 Congélation-séchage / Lyophilisation (G.3)

2.1.7.3.1 Objectif

Le procédé de congélation-séchage ou lyophilisation consiste à retirer l'eau que contient un produit par sublimation ou désorption. Ce procédé a pour but de préserver la matière sensible qui ne tolère pas le séchage par évaporation. Il faut se méfier du risque que des composants spécifiques se dégradent à de hautes températures, ce qui provoquerait une perte de goût ou pénaliserait d'autres aspects qualitatifs.

2.1.7.3.2 Champ d'application

Cette technique est utilisée par exemple pour sécher les extraits de café, les épices, légumes pour soupes, les repas instantanés, le poisson et la viande.

2.1.7.3.3 Description des techniques, méthodes et équipements

L'équipement de lyophilisation se compose d'une chambre de séchage dotée de rayonnages à température contrôlée. Il peut s'agir d'une chambre remplie par charges successives, où les plateaux demeurent fixés sur les plaques de chauffage pendant toute l'opération de séchage, ou d'une chambre du type semi-continu dans laquelle les plateaux traversent un sas sous vide puis pénètrent dans un tunnel de séchage. L'équipement comprend aussi un condenseur pour piéger l'eau extraite du produit dans la chambre de séchage et faciliter le procédé de séchage, un système de refroidissement apportant la substance frigorigène aux rayonnages et au condenseur, et un système générateur de vide pour réduire la pression dans la chambre.

Si le produit entrant est liquide, s'il s'agit par exemple d'extrait de café, il est congelé en deux séquences, à deux températures et pendant deux durées différentes, puis est moulu. La matière solide est ensuite placée manuellement ou mécaniquement sur les plateaux dans la chambre de séchage. La température de cette chambre se situe bien en dessous de 0 °C. La température exacte dépend du produit à sécher. La chambre se trouve en dépression. Dans ces conditions, la glace s'évapore. Cette évaporation provoque une baisse supplémentaire de la température du produit, ce que l'on compense en ajoutant de la chaleur au produit au moyen de plaques chauffantes via les plateaux contrôlés en température. L'eau ainsi évaporée vient se recongeler à la surface du condenseur dont la température se situe bien en dessous de la température de sublimation dans les conditions régnant dans la chambre. De temps en temps, on fait chauffer la surface du condenseur pour en dégivrer la surface. L'eau est ensuite liquéfiée et évacuée. Le vide est maintenu par une pompe à cet effet. L'orifice de sortie de la pompe se situe dans l'atmosphère. Pour empêcher des solides d'entrer dans la pompe et de l'endommager, on place normalement un filtre à l'avant de celle-ci.

2.1.8 Opérations de post-traitement (H)

2.1.8.1 Conditionnement et remplissage (H.1)

2.1.8.1.1 Objectif

Le conditionnement a pour objectif d'utiliser tous produits, confectionnés à partir de toutes matières de quelque nature que ce soit pour contenir, protéger, manutentionner, livrer et présenter des marchandises. Le conditionnement peut s'appliquer aux matières premières et aux marchandises transformées. Le remplissage est un procédé consistant à placer d'une façon correcte le produit dans l'emballage.

2.1.8.1.2 Champ d'application

La majorité des produits alimentaires est conditionnée avant d'entrer dans la chaîne de distribution. Dans certains cas, l'emballage fait partie intégrante du procédé de production, ce qui signifie que le produit emballé subit un traitement subséquent. Exemple : la mise en boîte et en bouteille d'aliments et leur conservation subséquente par l'application de chaleur.

2.1.8.1.3 Description des techniques, méthodes et équipements

La Directive du Parlement et du Conseil Européen 94/62/EC [213, EC, 1994], énonce ceci :

Article 3

Définitions. Aux fins de la présente directive, on entend par :

1) « emballage », tout produit constitué de matériaux de toute nature, destiné à contenir et à protéger des marchandises données, allant des matières premières aux produits finis, à permettre leur manutention et leur acheminement du producteur au consommateur ou à l'utilisateur, et à assurer leur présentation. Tous les articles « à jeter » utilisés aux mêmes fins doivent être considérés comme des emballages.

L'emballage est uniquement constitué de :

- a) L'emballage de vente ou emballage primaire, c'est-à-dire l'emballage conçu de manière à constituer au point de vente une unité de vente pour l'utilisateur final ou le consommateur ;*
- b) L'emballage groupé ou emballage secondaire, c'est-à-dire l'emballage conçu de manière à constituer au point de vente un groupe d'un certain nombre d'unités de vente, qu'il soit vendu tel quel à l'utilisateur final ou au consommateur, ou qu'il serve seulement à garnir les présentoirs au point de vente ; il peut être enlevé du produit sans en modifier les caractéristiques.*
- c) L'emballage de transport ou emballage tertiaire, c'est-à-dire l'emballage conçu de manière à faciliter la manutention et le transport d'un certain nombre d'unités de vente ou d'emballages groupés en vue d'éviter leur manipulation physique et les dommages liés au transport. L'emballage de transport ne comprend pas les conteneurs de transport routier, ferroviaire, maritime et aérien.*

La plupart des produits FDM impliquent des procédés de mise sous emballage primaire, secondaire et tertiaire, tout au long de la chaîne de fabrication et de distribution.

Les matériaux d'emballage utilisés dans le secteur FDM sont les textiles, le bois, le métal, le verre, les plastiques rigides et semi-rigides, les films plastiques souples, le papier et le carton.

Les textiles n'ont pas de bonnes propriétés de barrière. On continue d'utiliser des sacs textiles pour transporter les produits en vrac tels que les grains, la farine, le sucre et le sel. Des conteneurs d'expédition en bois ont été traditionnellement utilisés pour toute une gamme de produits alimentaires tels que les fruits, les légumes, le thé, les vins, les spiritueux et la bière. Les conteneurs en bois ont été remplacés depuis longtemps dans certains secteurs ; aujourd'hui, on les remplace de plus en plus par des barils et caisses en plastique.

Les boîtes métalliques hermétiquement scellées offrent d'excellentes propriétés de barrière et peuvent résister aux températures élevées et basses. Les matériaux entrant dans les boîtes métalliques sont l'acier (fer blanc ou sans étain) et l'aluminium, mais susceptibles d'être revêtus d'étain ou de laques pour empêcher une interaction avec les aliments en boîte. Les boîtes en métal sont largement utilisées pour conditionner les boissons non alcoolisées et la bière. Elles servent aussi à conditionner les aliments stérilisés comme les fruits et légumes, le lait condensé et les produits carnés. Les boîtes métalliques sont recyclables. La feuille d'aluminium sert aussi beaucoup pour emballer plusieurs types d'aliments.

Le verre offre d'excellentes propriétés de barrière, il est chimiquement inerte et convient à la transformation thermique et aux micro-ondes. Toutefois, il présente deux inconvénients : son

pois et le risque de bris. Les bouteilles en verre et les bocaux sont utilisés à grande échelle pour contenir le lait, la bière, les vins et spiritueux, les conserves, les pâtes et purées, mais aussi certains aliments et boissons instantanées. Les bouteilles en verre et les bocaux sont réutilisables et recyclables.

Les conteneurs en plastique rigide et semi-rigide comprennent les bouteilles, les bocaux, les tasses, plateaux et tubes fabriqués à partir de polymères simples ou co-extrudés. Ils sont d'un poids réduit, tenaces et incassables, facile à sceller, offrent des propriétés de barrière suffisamment élevées et une grande résistance chimique. Différentes techniques sont disponibles pour produire ces conteneurs, telles que le thermoformage, le moulage par soufflage, le moulage par soufflage et injection, le moulage par extrusion-soufflage et le moulage par extension-soufflage. Les matériaux généralement utilisés sont le PVC (chlorure de polyvinyle), le PS (polystyrène), le PP (polypropylène), le XPP (polypropylène expansé, pour le thermoformage), le HDPE (polyéthylène haute densité), le PET (téréphtalate de polyéthylène) et les polycarbonates. Les contenants sont souvent fabriqués sur place. Certains des contenants sont réutilisables, par exemple les bouteilles de lait en polycarbonate. Les contenants servent normalement à recevoir du lait, des boissons non alcoolisées, des produits laitiers, des aliments secs et des crèmes glacées.

Les films souples sont formés de polymères plastiques non fibreux faisant normalement moins de 0,25 mm d'épaisseur. Les matériaux entrant généralement dans ces films souples sont le PE (polyéthylène), le LDPE (polyéthylène basse densité), le PP, PET, HDPE, PS et PVC. En général, les films souples sont relativement bon marché ; ils peuvent être dotés, à la fabrication, de toute une gamme de propriétés de barrière ; ils sont obturables à la chaleur ; ils ajoutent peu de poids ; ils se laissent laminier avec le papier, l'aluminium et d'autres plastiques et sont d'un maniement facile. Les films souples servent à emballer une vaste gamme de produits alimentaires mouillés et secs.

Et enfin le papier et le carton qui peuvent être fabriqués en différentes qualités et formes. Ils sont recyclables et biodégradables et se laissent aisément combiner avec d'autres matériaux. Les packs en carton laminé servent à grande échelle pour conditionner le lait et les jus de fruits. Le papier et le carton servent également à grande échelle pour conditionner les aliments et souvent aussi d'emballage secondaire.

L'étanchéification du conteneur ou des packs constitue une séquence importante dans le procédé de conditionnement. Le maintien de la qualité des aliments dépend largement d'une étanchéification adéquate des packs. Les joints constituent normalement la partie la plus faible et ce sont aussi eux qui souffrent le plus fréquemment d'anomalies pendant la production. Exemples : aliment piégé dans un joint, températures d'étanchéification incorrectes ou réglages incorrects de la machine à sertir les boîtes. Les boîtes sont serties, les bouteilles et pots en verre sont étanchéifiés à l'aide de capsules métalliques, plastiques ou de bouchons en liège. La technique de moulage – remplissage – étanchéification est bien établie aujourd'hui. Dans ce procédé, on forme le conteneur et l'étanchéifie en partie, on le remplit ensuite et l'obture au moyen d'une étanchéification intégrale.

Les exigences assignées au remplissage sont la précision pour assurer que la quantité de produit conditionnée est la bonne, et l'hygiène pour assurer que le remplissage du produit a lieu hygiéniquement et à la température correcte pour garantir la plus haute qualité possible et une durée de conservation optimale. La sélection d'une technique de remplissage appropriée dépend de la nature du produit et du rendement de production requis. Le remplissage peut avoir lieu par mesure du niveau, du volume ou du poids.

Le remplissage par mesure du niveau sert le plus fréquemment dans l'industrie des boissons, pour la bière plus spécialement. Le remplissage volumétrique s'applique aux liquides, pâte et poudres. Le système le plus courant est le dispositif de remplissage à piston. Finalement le remplissage par pesage s'applique aux matières à grosses particules, la confiserie par exemple. Le versement de ces matières dans les récipients fait appel à un dispositif photoélectrique pour

compter chaque pièce. Des dispositifs de pesage multitêtes sont en cours de développement ; ils visent à peser simultanément des produits différents avant d'en remplir le même récipient.

Il faut remplir les conteneurs avec précision, sans verser à côté et sans contaminer le joint. Le remplissage d'aliments liquides tels que le lait et les jus de fruits / légumes peuvent être classés en fonction de la température de l'aliment au moment du remplissage, soit donc à chaud, à la température ambiante, à une température fraîche - froide, ou en milieu aseptique. Les plages de températures impliquées dans le procédé de remplissage sont illustrées au mieux par les procédés de remplissage à chaud et le procédé de remplissage au frais / froid. Le remplissage à chaud a lieu à des températures pouvant atteindre 95 °C pour inactiver certains micro-organismes pertinents, tandis que maintes boissons sont formulées avec des ingrédients ne requérant pas de les thermotraitier pour les rendre microbiologiquement sûres ; ces boissons font donc l'objet d'un remplissage au frais / froid, soit à une température comprise entre 0 et 5 °C. Concernant le conditionnement aseptique, prérépété, par exemple au moyen de peroxyde d'hydrogène, il faut des conteneurs et le remplissage doit avoir lieu dans une zone stérile.

2.1.8.2 Rinçage au gaz et stockage sous gaz (H.2)

2.1.8.2.1 Objectif

Le rinçage au gaz est un procédé dans lequel les produits sont stockés dans une atmosphère générée artificiellement, normalement à l'intérieur d'un conteneur en plastique tel qu'un plateau ou une poche hermétiquement scellés. Ce procédé est également appelé conditionnement sous atmosphère modifiée (MAP) ; il sert à promouvoir la conservation de la teinte par exemple de la viande fraîche et des viandes salaisonées comme le bacon et le jambon cuit, particulièrement lorsque ces denrées ont été découpées en tranches. Le MAP sert aussi à allonger la durée de conservation. L'impact du MAP dépend de la combinaison produit - matériaux d'emballage - mélange gazeux.

Le stockage sous gaz s'applique aux vins. Pour remplacer le dioxyde de soufre (SO₂) on injecte un gaz inerte dans les réservoirs remplis de vins. Cette opération a pour but de préserver une teneur en CO₂ appropriée et les qualités organoleptiques du vin, de la protéger de l'oxydation et de prévenir les dérives bactériennes. Elle permet également de prévenir l'altération des réservoirs qui seraient vidés, ce qui est le cas par exemple lors de ventes en gros à des consommateurs privés. Et enfin elle permet de conserver les jus de fruits stériles.

2.1.8.2.2 Champ d'application

Le rinçage au gaz s'utilise principalement avec la viande et les produits carnés. Il sert également aux produits boulangers / pâtisseries. Le stockage sous gaz s'applique avant tout aux vins blancs, rosés et aux vins rouges primeurs.

2.1.8.2.3 Description des techniques, méthodes et équipements

Dans le rinçage au gaz, les mélanges de gaz varient selon qu'on veut protéger la viande fraîche ou salaisonée. La viande fraîche peut conserver plus longtemps sa couleur rouge vif, souhaitable, si on la stocke dans une atmosphère contenant un peu d'oxygène, tandis que la viande salaisonée rouge – mauve de la viande salaisonée non cuite d'une part, et la teinte rose de la viande salaisonée cuite d'autre part se conservent mieux dans une atmosphère complètement exempte d'oxygène. Dans tous les types de viandes ou produits carnés, on utilise des mélanges gazeux qui contiennent aussi du dioxyde de carbone (CO₂). Ceci inhibe la prolifération bactérienne sur la viande et allonge de façon marginale la durée de conservation. L'air atmosphérique contient 78 % d'azote, 21 % d'oxygène et moins de 1 % de CO₂. A titre de comparaison, les mélanges gazeux généralement utilisés avec la viande et les produits carnés figurent au Tableau 2.11.

	Azote	Oxygène	CO ₂
Viande fraîche	20 %	60 %	20 %
Viandes salaisonées	80 %	0 %	20 %

Tableau 2.11 : Composition typique du mélange gazeux utilisé dans le rinçage au gaz [1, CIAA, 2002]

Il est possible d'ajouter des pellets de CO₂ solides à la viande pendant la réduction de taille. Ceci a l'avantage de réduire rapidement la température du mélange et de créer une « couverture » de gaz inerte à la surface de la viande, la viande conservant ainsi mieux sa couleur. La teneur en CO₂ de l'air entourant l'équipement augmente temporairement, mais cette augmentation se dissipe rapidement.

On utilise parfois de l'azote ou du CO₂ solides ou liquides pour congeler partiellement les viandes avant de les détailler en tranches. Ceci implique de faire traverser les morceaux de viande dans un tunnel dans lequel on pulvérise du gaz liquéfié dessus pour ramener leur température à environ -8 °C. Dans de tels cas, les ventilateurs extracteurs sont situés près des extrémités du tunnel pour forcer le gaz excédentaire à se mélanger à l'air atmosphérique. Aucun effet contraire n'a été signalé.

Le **stockage sous gaz** consiste à mettre un gaz, qui peut être soit de l'azote en qualité alimentaire soit un mélange azote / CO₂, dans un réservoir présentant une très légère surpression (de 0,1 à 0,2 bar). L'azote s'utilise sous forme comprimée dans des conteneurs en acier. Le CO₂, lui, à l'état liquide sous pression.

2.1.9 Procédés utilitaires (U)

2.1.9.1 Nettoyage et désinfection (U.1)

2.1.9.1.1 Objectif

L'équipement de transformation et les installations de production subissent un nettoyage et une désinfection périodiques pour se conformer ainsi aux exigences légales d'hygiène. La périodicité de ces opérations peut varier considérablement en fonction des produits et procédé. Le but du nettoyage et de la désinfection est de retirer les résidus de produits, d'autres contaminants et micro-organismes

2.1.9.1.2 Champ d'application

L'ensemble du secteur FDM.

2.1.9.1.3 Description des techniques, méthodes et équipements

Avant de lancer le procédé de nettoyage, on vide l'équipement autant que faire se peut. Le nettoyage et la désinfection peuvent avoir lieu de différentes façons. Le nettoyage traditionnel a lieu à la main. Le nettoyage en place (CIP), le lavage sur place (WIP) et le nettoyage hors place sont autant d'expressions désignant différentes méthodes de nettoyage. La fourniture des produits nettoyants a lieu de différentes façons, par exemple dans des sacs, ce qui est le cas des produits nettoyants en poudre, en barils et en vraquiers. De nombreux produits nettoyants sont potentiellement dangereux pour la santé et la sécurité de l'opérateur, raison pour laquelle un dispositif de sécurité peut être fourni pour réduire les risques pendant le stockage, les manipulations, l'utilisation et la mise au rebut de ces produits.

Le CIP s'utilise plus spécialement avec les équipements et réservoirs utilisant un procédé fermé, qu'ils soient en poste fixe ou composés de petites unités de traitement mobiles. Sous l'action d'une pompe, la solution nettoyante traverse l'équipement et des buses la pulvérisent dans les récipients, réservoirs et réacteurs. Le programme de nettoyage tourne généralement de façon automatique et exécute les opérations successives suivantes : prérinçage avec de l'eau, circulation d'eau additionnée d'une solution nettoyante, rinçage intermédiaire, désinfection et rinçage final à l'eau. Dans les systèmes CIP automatiques, l'eau du rinçage final sert à nouveau, pour le prérinçage ou peut être recyclée / réutilisée dans le procédé. Les températures afférentes au CIP peuvent atteindre 90°C, en association avec de puissants agents de nettoyage. Les

systèmes CIP utilisés dans les installations ouvertes telles que les congélateurs sont presque entièrement automatiques, sauf pour certaines opérations de nettoyage à sec et l'ouverture des guichets. Les températures des systèmes opérant à une pression moyenne sont normalement inférieures à 50 °C et les pressions atteignent 10 à 15 bar.

Le nettoyage hors place s'utilise lorsqu'il faut démonter plusieurs composants de la machine, ceci habituellement avant que le nettoyage manuel ou automatisé de la machine ne démarre. Les composants déposés sont nettoyés séparément, hors de la machine. Les machines de moulage constituent un exemple d'une telle forme de nettoyage. Elles contiennent des vis sans fin, pistons, vannes, plaques de formage et joints qui tous demandent à être démontés avant de nettoyer la machine. Le nettoyage au jet haute pression impliquant des gels ou mousses peut avoir lieu manuellement ou automatiquement. La méthode de nettoyage appropriée combine de façon appropriée des facteurs de nettoyage tels que l'eau, la température de la solution nettoyage, des agents de nettoyage, c'est-à-dire des produits chimiques et des forces mécaniques. Le nettoyage manuel ne peut se dérouler que dans des conditions « douces » quant à la température et aux agents de nettoyage,

Le nettoyage au jet haute pression et le nettoyage à la mousse s'utilisent généralement sur les équipements ouverts, sur les murs et les sols. On pulvérise de l'eau, habituellement à une pression de 40 à 65 bar, sur la surface à nettoyer. Les agents nettoyants sont injectés dans l'eau à une température modérée pouvant atteindre 60 °C. Une importante partie de l'action nettoyante est due aux forces mécaniques.

Dans le nettoyage à la mousse, on pulvérise une solution de nettoyage sur la surface à nettoyer. La mousse adhère à la surface. Elle y reste dessus pendant 10 à 20 minutes puis un rinçage à l'eau sert à la chasser. L'application de mousse peut avoir lieu manuellement ou automatiquement. Le nettoyage au gel est similaire au nettoyage à la mousse.

Dans certains cas, le nettoyage a lieu uniquement à l'aide d'eau chaude, ceci dépendant toutefois de la nature du produit et du procédé. Néanmoins, le secteur FDM fait normalement appel à des agents de nettoyage. Ces agents sont généralement les suivants : substances alcalines c'est-à-dire l'hydroxyde de sodium et de potassium, le métasilicate et le carbonate de sodium ; substances acides c'est-à-dire l'acide nitrique, l'acide phosphorique, l'acide citrique et l'acide gluconique ; les agents de nettoyage contenant des agents chélateurs c'est-à-dire l'EDTA, le NTA, les phosphates, polyphosphates et phosphonates, les agents tensioactifs et/ou les enzymes. Les désinfectants tels que les hypochlorites, iodophores, le peroxyde d'hydrogène, l'acide peracétique et les composés ammonium quaternaires (CAQ) peuvent être utilisés.

2.1.9.2 Génération et consommation d'énergie (U.2)

2.1.9.2.1 Objectif

Dans le secteur FDM, la fabrication consomme de l'énergie électrique et thermique à pratiquement chaque séquence du procédé. Il faut de l'électricité pour l'éclairage, pour piloter le procédé de l'installation, pour le chauffage, la réfrigération et pour fournir au mécanisme la puissance motrice nécessaire. Cette énergie est habituellement générée et fournie par des compagnies distributrices. Lorsque la vapeur et l'électricité sont générées sur site, le facteur d'efficacité peut être considérablement plus élevé.

2.1.9.2.2 Champ d'application

L'énergie est nécessaire dans tous les procédés.

2.1.9.2.3 Description des techniques, méthodes et équipements

Il faut de l'énergie thermique pour chauffer les lignes de transformation et les bâtiments. La chaleur générée par la combustion de combustibles fossiles est transférée aux consommateurs

au moyen de fluides de transfert thermique qui, suivant les exigences, peuvent être de la vapeur, de l'eau chaude, de l'air ou de l'huile thermique.

De par leur conception de base, les chaudières / générateurs comprennent généralement une chambre où se déroule la combustion du fuel. La chaleur est initialement transmise par radiation suivie en aval d'un échangeur thermique tubulaire servant à transmettre la chaleur par convection. Les gaz de combustion très chauds et les fluides de transfert thermique sont séparés les uns des autres par un système d'échange thermique spécialement conçu. Les efficacités thermiques des générateurs thermiques dépendent beaucoup de l'application et du type de combustible. Les efficacités, calculées sur la base de la valeur calorifique la plus basse, sont comprises entre 75 et 90 %. Certains produits sont échauffés par radiation directe, avec des flammes nues ou par convection avec de l'air directement échauffé par le procédé. Dans ce cas particulier, c'est du gaz naturel ou un fioul extrêmement léger que l'on fait brûler.

La cogénération de chaleur et d'électricité (CHP) dans l'entreprise constitue une alternative précieuse pour les procédés de fabrication FDM dans lesquels les charges de chaleur et d'électricité sont équilibrées. Les concepts suivants de cogénération s'emploient dans le secteur FDM ; chaudières à vapeur / turbines à vapeur haute pression, turbines à gaz ou moteurs à gaz ou générateurs diesel avec récupération de la chaleur perdue pour générer de la vapeur ou de l'eau chaude. Le facteur général d'exploitation du combustible dans les systèmes CHP dépasse 70 % et s'élève généralement à 85 %. L'efficacité énergétique peut atteindre 90 ou 95 % lorsque les gaz d'échappement provenant d'un système récupérateur de chaleur, tels qu'une chaudière à vapeur, s'utilisent à d'autres fins de séchage. L'efficacité de conversion du combustible dépasse largement celle de toute centrale électrique commerciale, quelle que soit sa conception, même la plus récente génération de turbines à gaz à cycles combinés dont l'efficacité de conversion atteint 55 %. Parfois, les entreprises du secteur FDM peuvent vendre l'électricité excédentaire à d'autres usagers.

Le gaz naturel et le fioul sont les combustibles les plus pratiques. Toutefois, un petit nombre d'installations continue de faire brûler des combustibles solides tels que le charbon et les déchets processuels. L'utilisation des déchets processuels peut être une source pratique et compétitive d'énergie ; elle aide en outre à réduire le coût de la mise au rebut hors du site de l'entreprise.

2.1.9.3 Utilisation de l'eau (U.3)

2.1.9.3.1 Objectif

Une grande partie du secteur FDM ne peut pas fonctionner sans une quantité substantielle d'eau de bonne qualité. Sans une telle eau, il n'est pas possible de fabriquer des produits de haute qualité. Dans le secteur FDM, il faut respecter les standards d'hygiène et de sécurité alimentaire.

Une démarche systématique, dans le but de contrôler l'utilisation de l'eau et de réduire la consommation d'eau et sa contamination, est généralement efficace.

Chaque application d'eau requiert sa propre qualité spécifique. Dans le secteur FDM, les exigences de qualité dépendent du fait de savoir si l'eau peut ou non entrer en contact avec le produit alimentaire. A quelques exceptions près, peu nombreuses, l'eau qui entre en contact avec le produit doit être au moins conforme au standard sur l'eau potable. Les aspects chimiques et microbiologiques sont importants. Il est conseillé d'exécuter une vérification régulière des paramètres microbiologiques de l'eau aux endroits les plus critiques, c'est-à-dire au point d'utilisation. Ceci est normalement inclus dans le système d'analyse des risques aux points de contrôle critiques (HACCP). Les standards qualitatifs de l'eau potable sont énoncés dans la Directive du Conseil 98/83/CE [66, EC, 1998].

Le traitement requis pour produire une eau de qualité sûre dépend beaucoup de la source d'eau et de son analyse. Il n'y a pas de règle générale. Un concept de traitement minimum implique de filtrer l'eau, de la désinfecter et de la stocker, mais suivant les exigences afférentes à l'eau, il

peut aussi comprendre le déferrage, le désiliciage ou le passage en filtre au carbone activé. L'eau potable ainsi traitée est pompée depuis le réservoir de stockage et distribuée via le réseau de tuyauteries jusqu'aux utilisateurs.

Un traitement additionnel tel que l'adoucissage, la désalcalinisation, la déminéralisation et la chloration de l'eau est rendu nécessaire dans certains procédés alimentaires ou équipements spécifiques. Les procédés avec échangeurs d'ions et filtrage à membrane sont les techniques les plus couramment utilisées à cette fin.

Le contrôle de la pollution de l'eau peut être réalisé en réduisant le volume et la concentration des eaux usées produites, au moyen de techniques intégrées dans le procédé et permettant par exemple de supprimer certains polluants ou d'en réduire la concentration, dont par exemple des substances dangereuses ou à risques affectées d'une priorité ; il peut être réalisé en recyclant ou réutilisant l'eau ou à l'aide de techniques appliquées au point de rejet comme le retraitement des eaux usées ; ce contrôle peut aussi consister en un combinaison de ces techniques.

Les sources d'eau suivantes sont utilisées dans le secteur FDM : eau du robinet, eau souterraine, eau de surface, eau de pluie, eau issue de la matière première et eau processuelle.

L'eau du robinet est distribuée par une conduite générale. Le fournisseur répond habituellement de la qualité de l'eau livrée et a la charge de vérifier régulièrement la qualité de l'eau.

En général, la composition des eaux souterraines est raisonnablement constante et les teneurs microbiologiques sont basses la plupart du temps, spécialement dans les trous de forage profonds. Dans la plupart des cas, cette eau demande peu de traitement avant de pouvoir servir d'eau processuelle ou d'eau de refroidissement. Dans la plupart des pays, il faut une licence pour pouvoir extraire de l'eau souterraine. La qualité des eaux souterraines est surveillée par l'utilisateur. Parfois, les pouvoirs publics requièrent que leur soient présentés les résultats d'analyses régulières de la qualité.

Les eaux de surfaces ne peuvent pas servir d'eaux processuelles tant qu'elles n'ont pas été d'abord traitées. Lorsqu'elles sont disponibles, elles peuvent servir d'eau de refroidissement. Une telle utilisation peut être assujettie à la détention d'une licence.

Suivant la région, l'eau de pluie peut être une source d'eau. Ceci exige la présence d'un bassin de stockage. Après traitement et contrôle approprié, l'eau de pluie peut-être utilisée comme eau processuels dans les systèmes de refroidissement ouverts.

Certaines matières premières transformées dans le secteur FDM contiennent un pourcentage d'eau considérable sous forme de phase liquide qu'il est possible de séparer des constituants solides en vue d'une utilisation à part. Cette séparation peut avoir lieu par exemple par pressage, centrifugation, évaporation ou à l'aide de techniques à membranes. En voici quelques exemples : jus de fruits, jus de pommes de terre, jus de betterave sucrière et lait. De tels liquides ne peuvent être utilisés la plupart du temps que lorsqu'ils ne servent pas de produit primaire. Parfois, il est possible de les utiliser sans autre traitement, ce qui est le cas par exemple du condensat présent dans les premiers étages d'évaporateurs pour l'eau alimentatrice de chaudière, mais sinon un traitement approprié est nécessaire.

Il est possible d'utiliser, comme eau processuelle, par exemple l'eau provenant d'un générateur de froid vif, l'eau servant de joint d'étanchéité dans une pompe, le condensat récupéré, l'eau des rinçages finaux.

2.1.9.3.2 Champ d'application

Dans le secteur FDM, l'eau sert à ce qui suit :

- Transformation des aliments, là où soit elle entre en contact avec le produit, soit elle lui est ajoutée.
- Nettoyage des équipements
- Nettoyage de l'installation

- Lavage des matières premières
- Eau qui n'entre pas en contact avec le produit
- Lutte contre les incendies

En principe, l'eau utilisée dans le secteur FDM peut servir d'eau processuelle, d'eau de refroidissement ou d'eau alimentant une chaudière. Ces formes d'utilisation sont décrites aux sections 2.1.9.3.3, 2.1.9.3.4 et 2.1.9.3.5.

2.1.9.3.3 Eau processuelle

Dans le secteur FDM, l'eau processuelle entre dans la préparation directe de produits ou autres objets entrant directement en contact avec le produit, sert au nettoyage et à la désinfection, à la régénération d'équipements de traitement de l'eau et à différentes fins techniques. L'eau qui entre en contact avec le produit doit, à quelques exceptions près, être conforme au standard de l'eau potable. Pour produire des boissons non alcoolisées et de la bière, il faut souvent que l'eau réunisse des caractéristiques de qualité spéciales dépassant parfois celles de l'eau potable. Dans la transformation des fruits et légumes, la réutilisation de l'eau est une pratique courante, parfois assortie d'un traitement quelconque tel que la filtration, pendant le fonctionnement de l'installation antérieurement au blanchiment.

Voici quelques exemples d'eau processuelle servant directement dans la préparation de produits ou d'autres objets entrant directement en contact avec les produits :

- Démarrage de lignes processuelles continues telles que les pasteurisateurs et les évaporateurs.
- A la fin d'une séance de production, rinçage de l'équipement processuel pour en retirer les restes de produit
- Lavage des matières premières et produits
- Transport mouillé, par exemple dans une rigole d'écoulement
- Dissoudre des ingrédients et
- Production de boissons.

Pour nettoyer et désinfecter, il est possible d'utiliser une eau de qualité variable. Les principales séquences composant ces procédés sont le pré-rinçage avec de l'eau, le nettoyage avec des agents à cet effet, le post-rinçage à l'eau et la désinfection. L'eau sert aussi à nettoyer les surfaces extérieures des équipements, les murs et les sols. Dans ce cas, il est plutôt improbable qu'elle entre en contact avec les produits alimentaires, raison pour laquelle elle ne doit pas nécessairement avoir la qualité de l'eau potable. Toutefois et pour éviter de prendre des risques, il est fréquent que l'on utilise de l'eau en qualité eau potable.

Il faut de grandes quantités d'eau processuelle pour régénérer l'équipement de traitement de l'eau (enlèvement du fer et/ou du manganèse), pour adoucir le produit et pour la déminéralisation. Il faut que cette eau soit de bonne qualité pour prévenir la contamination bactériologique du matériau filtrant et supprimer la nécessité de retraiter l'eau ensuite. En outre, il est préférable que l'eau présente une teneur en fer et une dureté réduites pour empêcher l'encrassement et l'entartrage rapide des équipements.

Et enfin l'eau processuelle sert à d'autres fins techniques : eau servant par exemple à refroidir les joints des pompes, l'eau servant elle-même de joint dans les pompes à vide et eau pour circuits à eau chaude en circuit fermé et systèmes échangeurs de chaleur. L'eau sert également à conditionner l'humidité de l'air dans les zones de stockage et dans la transformation des matières premières. S'il y a un risque en cas de défaillance des équipements, une entrée en contact avec les produits alimentaires est possible, raison pour laquelle l'eau doit avoir la qualité de l'eau potable.

2.1.9.3.4 Eau de refroidissement

L'eau de refroidissement sert à ôter de la chaleur aux flux processuels et aux produits. Dans le secteur FDM, les systèmes de refroidissement communément utilisés sont les systèmes à

passage unique sans recirculation de l'eau de refroidissement, les systèmes de refroidissement en circuit fermé, ceux à circuit ouvert ou tours de refroidissement, et le refroidissement par contact direct avec l'eau de refroidissement.

L'eau de refroidissement utilisée entre en contact direct avec les aliments, par exemple après le blanchiment des fruits et légumes ; elle sert à refroidir par exemple les boîtes et les bocaux en verre après la stérilisation.

Dans les systèmes de refroidissement ouverts, c'est-à-dire dans les tours de refroidissement, il ne se produit pas seulement une évaporation de l'eau : une petite partie de l'eau est également pulvérisée. En outre, dans une telle tour, les conditions sont favorables à la prolifération des bactéries *Legionella*. Ceci signifie que l'aérosol provenant des tours de refroidissement risque, s'il est contaminé, d'être une source possible de la légionellose. Pour prévenir l'apparition de la légionellose, les sociétés qui exploitent de tels systèmes doivent se plier à la réglementation exigeant qu'ils les gèrent, entretiennent et traitent correctement [190, Health and Safety Executive, 2004]. Ceci signifie entre autres choses que l'eau doit être traitée et le système nettoyé régulièrement. La qualité de l'air en provenance des systèmes de refroidissement entre dans le champ d'application du « Cooling BREF » [67, EC, 2001].

2.1.9.3.5 Eau alimentatrice de chaudière

Dans le secteur FDM la vapeur est générée à l'aide de chaudières qui développent une pression opérationnelle atteignant environ 30 bar. Les pressions de la vapeur envoyée aux turbines génératrices d'électricité sont plus élevées. La vapeur sert à stériliser les réservoirs et tuyauteries. Une autre application est le traitement UHT avec injection directe de vapeur. Parfois, l'injection de vapeur sert à échauffer le produit ou à ajuster la teneur en eau de la matière première. Dans tous ces cas, un contact plus ou moins direct est possible entre la vapeur et le produit alimentaire, de sorte qu'il faut de l'eau ayant la qualité de l'eau potable.

Les exigences dépendent généralement de la pression et de la température opérationnelles de la chaudière, et de la conductivité de l'eau [68, European confederation of organisations for testing, 1984]. Plus la pression et la température sont élevées et plus les exigences qualitatives sont pointues. Ceci rend un traitement extensif de l'eau nécessaire, par exemple son déferrage, adoucissage et conditionnement chimique. La qualité de l'eau de chaudière est contrôlée par le biais de la qualité de l'eau alimentant la chaudière. La fréquence des purges d'eau de chaudière est également un moyen d'en contrôler la qualité.

Il est important que l'eau alimentant la chaudière ne provoque pas l'entartrage de celle-ci ou la corrosion du circuit de vapeur. Ceci signifie que l'eau alimentant la chaudière doit avoir un très faible degré de dureté et avoir été dégazée. Le condensat de retour peut également servir d'eau alimentant une chaudière à condition de traiter correctement l'eau d'appoint.

2.1.9.4 Génération de vide (U.4)

2.1.9.4.1 Objectif

Les vides servent en premier lieu à réduire la température à laquelle des opérations se déroulent, et à réduire du même coup la détérioration potentielle de qualité de la matière en cours de transformation ou, s'il s'agit de la transformation d'huile alimentaire, à éviter une oxydation indésirable du produit pendant sa transformation à des températures plus élevées.

2.1.9.4.2 Champ d'application

Le vide s'applique à de nombreuses formes d'exploitation dans le secteur FDM, dont par exemple le séchage, l'évaporation, la neutralisation et la filtration.

2.1.9.4.3 Description des techniques, méthodes et équipements

Il y a trois systèmes de base pour générer du vide : les injecteurs de vapeur, les pompes à pistons plongeurs et les pompes à vide rotatives.

Une buse à jet de vapeur, capable de générer des pressions absolues descendant à 1 ou 2 mm de mercure (133 ou 267 Pa), se compose d'une buse émettant un jet de vapeur à haute vitesse à travers une chambre d'aspiration raccordée à l'équipement. Le gaz est entraîné par la vapeur et emporté dans un diffuseur venturi convertissant l'énergie cinétique de la vapeur en énergie de pression. La vapeur et la matière vaporisée en provenance de la buse sont condensées soit directement en un aérosol d'eau, c'est le cas par exemple avec les condenseurs barométriques, ou indirectement avec des condenseurs du type à surfaces, ou subissent une condensation spéciale à basse température, cas par exemple de la condensation de glace à une température plus basse que -20 °C.

Avec les condenseurs barométriques, l'eau de refroidissement peut servir à un passage unique ou être recirculée, dans un circuit fermé par exemple. Dans la transformation des huiles alimentaires, pour saponifier les AGL, on y parvient par le biais de tours de refroidissement, c'est-à-dire dans des conditions de pH élevé. Avec les condenseurs indirects, il est possible de récupérer le condensat. La taille du condensat dépend de la température de refroidissement utilisée, et cette température permet également de contrôler la quantité de vapeur requise. Les systèmes de refroidissement vif (voir section 2.1.7.1) ou de congélation (voir section 2.1.7.2) peuvent être utilisés pour permettre une exploitation à basse température et réduire de la sorte l'utilisation de la vapeur.

La pompe à pistons plongeurs pouvant générer des pressions descendant jusqu'à 10 mm de mercure (1 333 Pa) est du type à déplacement positif. L'air est aspiré dans la chambre de la pompe puis comprimé au moyen d'un piston avant d'être refoulé. Les pompes à vide à pistons plongeurs peuvent être des dispositifs mono- ou multi-étagés. Le nombre d'étages dépend du taux de compression. Le taux de compression par étage est normalement limité à quatre.

Les pompes à vide rotatives pouvant générer des pressions absolues atteignant 0,01 mm de mercure (1,33 Pa) sont elles aussi du type à déplacement positif, c'est-à-dire avec un volume pratiquement constant et une pression de refoulement variable. La pression de refoulement varie en fonction de la résistance sur le côté refoulement du circuit. Sur la pompe à vide à anneau d'eau, les orifices d'entrée et de sortie se trouvent sur le moyeu de la roue à aubes. Tandis que la roue à aubes tourne, la force centrifuge plaque le liquide d'étanchéité contre les parois du carter elliptique, ce qui oblige l'air à être successivement aspiré dans l'aube et à être chassé à la pression de refoulement.

2.1.9.5 Réfrigération (U.5)

2.1.9.5.1 Objectif

La réfrigération a pour but de conserver les produits. Il faut un équipement de réfrigération pour réfrigérer, refroidir vivement et congeler (voir les sections 2.1.7.1 et 2.1.7.2).

2.1.9.5.2 Champ d'application

Dans de nombreux procédés de fabrication FDM, le refroidissement est une séquence importante du procédé. Souvent on utilise le refroidissement mécanique à l'aide d'un équipement de réfrigération. En outre, de nombreux produits sont stockés et distribués soit à une température très fraîche, soit congelés.

2.1.9.5.3 Description des techniques, méthodes et équipements.

Les principaux composants d'une installation mécanique de réfrigération sont l'évaporateur, le compresseur, le condenseur et la chambre d'expansion. Le fluide frigorigène circule par ces quatre organes et passe de l'état liquide à l'état gazeux, pour revenir ensuite à l'état liquide. Dans l'évaporateur a lieu l'absorption de la chaleur environnante. Ceci fait que le fluide

frigorigène s'évapore en partie. Lorsque le fluide utilisé est de l'ammoniac, les températures habituelles d'évaporation vont de -20 à -25 °C, ce qui représente une pression de 100 à 200 kPa.

La vapeur de fluide frigorigène se rend de l'évaporateur au compresseur qui porte sa pression à environ 1 000 kPa, ce qui correspond à une température d'env. 25 °C. La vapeur pressurisée se rend ensuite dans le condenseur où elle se condense. La chaleur absorbée par le fluide frigorigène dans l'évaporateur est libérée dans le condenseur. Ce dernier est refroidi par eau ou par air. Le liquide frigorigène qui en résulte se rend ensuite dans la chambre d'expansion où la pression et la température sont réduites pour relancer le cycle de réfrigération.

Les fluides frigorigènes couramment utilisés sont l'ammoniac (NH₃), les fluides frigorigènes halogénés, par exemple les hexafluorocarbones (CFC) et les CFC partiellement halogénés (HCFC). L'ammoniac offre d'excellentes propriétés de transfert thermique et n'est pas miscible dans l'huile ; il est par contre toxique et inflammable. Les fluides frigorigènes halogénés sont non toxiques, ininflammables et offrent de bonnes propriétés de transfert thermique. L'interaction des fluides frigorigènes halogénés avec l'ozone présent dans l'air a entraîné l'interdiction progressive de la commercialisation et de l'utilisation des substances appauvrissant la couche d'ozone, ainsi que des produits et équipements contenant ces substances [202, EC, 2000]. Le Parlement Européen et le Conseil proposent actuellement un Règlement visant certains gaz fluorés à effet de serre [246, EC, 2003].

Les condenseurs d'équipement de réfrigération peuvent être divisés en trois types. Dans les condenseurs refroidis par air, le fluide frigorigène traverse des éléments à ailettes autour desquels circule l'air de refroidissement. Dans les condenseurs refroidis par eau, l'eau de refroidissement circule dans les tubes. Ceci condense le fluide frigorigène sur la surface externe du tube. Le condenseur refroidi par de l'eau circulant selon le système à passage unique ou avec de l'eau qui transite par une tour de refroidissement. Le type le plus courant de condenseur refroidi par eau est le condenseur à tubes. Et enfin le condenseur à évaporation, qui combine un condenseur refroidi par air et une tour de refroidissement. L'eau s'évapore à la surface du condenseur.

2.1.9.6 Génération d'air comprimé (U.6)

2.1.9.6.1 Objectif

L'air comprimé est généré pour faire marcher des outils pneumatiques simples comme les systèmes de transfert pneumatique, ou pour accomplir des tâches plus complexes telles que l'exploitation de commandes pneumatiques.

2.1.9.6.2 Champ d'application

Utilisation très répandue dans le secteur FDM, par exemple sur les lignes de fabrication et de conditionnement.

2.1.9.6.3 Description de techniques

Le secteur FDM a besoin d'un air comprimé exempt d'huile. L'air utilisé doit être en qualité alimentaire. On y parvient en forçant l'air à traverser plusieurs filtres à la sortie du compresseur.

2.2 Application de formes d'activités dans le secteur FDM

Fournir une description détaillée de chaque procédé appliqué dans le secteur FDM ferait sortir du domaine d'application du présent document, raison pour laquelle les techniques de transformation les plus courantes ont été décrites à la section précédente. Le recours à ces formes d'exploitation dans certains des secteurs est récapitulé dans le Tableau 2.12.

Chapitre 2

Les principaux procédés utilisés dans certains secteurs FDM sont décrits aux sections suivantes. L'intention de ce document est de fournir un certain niveau d'information plutôt que d'aborder ces procédés jusque dans leurs moindres détails.

		Poisson	Vian- de	Pom- me de terre	Fruits et lég.	Hui- le	Lait	Ami- don	Conf- serie	Sucre	Bière	Malt	Boisson sans alcool	Spiri- tueux	Vin	Alim- ent. Ani- male	Café	Grains	Cérea- les	Pâtes sèches
A.1	Manutention et stockage des matières	oui	oui	oui	oui	oui	oui	oui	oui	oui	oui	oui	oui	oui	oui	oui	oui	oui	oui	oui
A.2	Trier / cribler, calibrer, décortiquer, équeuter/égrapper et réduire	oui	oui	oui	oui	oui		oui	oui		oui	oui		oui	oui	oui	oui	oui	oui	
A.3	Peler			oui	oui															
A.4	Laver	oui	oui	oui	oui			oui		oui			oui		oui					
A.5	Décongeler	oui	oui																	
B.1	Couper, découper en tranches, trancher, émincer, dépulper et presser	oui	oui	oui	oui		oui	oui	oui	oui					oui	oui				
B.2	Mixer / mélanger, homogénéiser et concher	oui	oui		oui	oui	oui	oui	oui				oui	oui	oui	oui	oui	oui		oui
B.3	Broyer / moudre et écraser	oui	oui		oui	oui		oui	oui		oui			oui	oui	oui	oui	oui	oui	
B.4	Former / modeler et extruder	oui	oui		oui	oui	oui	oui	oui				oui			oui			oui	oui
C.1	Extraction					oui			oui	oui					oui		oui			
C.2	Désionisation					oui	oui	oui												
C.3	Affinage										oui				oui					
C.4	Centrifugation et décantation					oui	oui	oui	oui	oui	oui				oui		oui			
C.5	Filtrage					oui	oui	oui	oui	oui	oui		oui	oui	oui		oui			
C.6	Séparation par membrane						oui	oui	oui				oui		oui		oui			
C.7	Cristallisation					oui	oui	oui		oui										
C.8	Enlèvement des acides gras libres (AGL) par neutralisation					oui			oui											
C.9	Blanchiment					oui														
C.10	Désodorisation par fractionnement à la vapeur					oui			oui								oui			
C.11	Décoloration							oui							oui					
C.12	Distillation					oui		oui						oui						
D.1	Trempage				oui							oui		oui						
D.2	Dissolution						oui	oui	oui		oui		oui							
D.3	Solubilisation / Alcalisation								oui											
D.4	Fermentation				oui		oui	oui			oui			oui	oui					
D.5	Coagulation						oui	oui	oui				oui							
D.6	Germination											oui								
D.7	Saumurage / salaison et macération	oui	oui		oui		oui													

D.8	Fumage	oui	oui				oui												
D.9	Durcissement					oui			oui										
D.10	Sulfitage							oui		oui					oui				
D.11	Carbonatation									oui	oui			oui					
D.12	Carbonation												oui		oui				
D.13	Enduction / pulvérisation / enrobage / agglomération / encapsulation	oui	oui		oui		oui	oui	oui							oui	oui		oui
D.14	Vieillissement													oui	oui				
E.1	Fusion					oui	oui		oui					oui					
E.2	Blanchiment			oui	oui														
E.3	Cuisson et ébullition	oui	oui	oui	oui				oui		oui			oui		oui			
E.4	Cuisson au four				oui				oui							oui			oui
E.5	Torréfaction								oui							oui	oui		oui
E.6	Friture	oui	oui	oui	oui				oui							oui			
E.7	Tempérage								oui							oui			
E.8	Pasteurisation, stérilisation et UHT	oui	oui		oui		oui	oui	oui		oui		oui		oui	oui			
F.1	Évaporation (liquide vers liquide)	oui	oui		oui	oui	oui	oui	oui	oui					oui		oui		
F.2	Séchage (liquide vers solide)			oui	oui	oui	oui	oui	oui							oui	oui		
F.3	Déshydratation (solide vers solide)		oui	oui	oui			oui	oui	oui		oui				oui	oui		oui
G.1	Refroidissement, application de froid et stabilisation par le froid	oui																	
G.2	Congélation	oui	oui	oui	oui				oui						oui	oui	oui		
G.3	Congélation – séchage / lyophilisation														oui		oui		
H.1	Conditionnement et remplissage	oui		oui															
H.2	Rinçage au gaz et stockage sous gaz	oui	oui				oui				oui	oui			oui		oui		
U.1	Nettoyage et désinfection	oui																	
U.2	Génération et consommation d'énergie	oui																	
U.3	Utilisation d'eau	oui		oui	oui	oui		oui	oui	oui		oui							
U.4	Génération de vide	oui			oui			oui	oui		oui								
U.5	Réfrigération	oui	oui	oui	oui	oui	oui		oui			oui	oui		oui	oui	oui		
U.6	Génération d'air comprimé	oui																	

Tableau 2.12 : Formes d'activités utilisées dans différents secteurs [1, CIAA, 2002, 87, Ullmann, 2001, 91, Italian contribution, 2001]

2.2.1 Viande et volailles

Les viandes de bœuf, de porc et de volaille sont les principaux types de viande transformés en Europe. Les activités du secteur de la viande peuvent être subdivisées en trois domaines : l'abattage (couvert par le « Slaughterhouses and animal by-products BREF » [181, EC, 2003]), la découpe de la viande et la poursuite de la transformation.

La découpe de la viande consiste à réduire les grands morceaux de matière alimentaire en pièces de taille moyenne. Pour réaliser la découpe, on utilise des couteaux, lames, fendoirs, des scies circulaires ou droites. Ces scies fonctionnent toutes à l'électricité. Les carcasses sont découpées en pièces de viande pour la vente au détail, après sectionnement des ligaments et enlèvement des os, de la peau et de la graisse. Après son découpage, la viande fraîche peut être stockée et distribuée réfrigérée. Elle peut être vendue en portions ou être combinée à d'autres produits. Des machines spéciales de découpage servent à séparer la couenne et le gras des carcasses de porc.

La poursuite de la transformation de la viande, par exemple en jambon, bacon et saucisses a lieu au premier chef à des fins de conservation, mais elle joue aussi un rôle important quant au goût. Dans le secteur de la viande, les viandes crues, soit les muscles entiers soit des particules de viande modifiées, sont restructurées pour obtenir les caractéristiques prédéterminées du produit.

Produits grossièrement moulus : les particules de viandes subissent une réduction substantielle puis sont restructurées sous une forme physique différente. Le but de la transformation d'un produit à base de muscle est de conserver, dans le produit fini, l'apparence originale du tissu carné intact. Les produits tels que le jambon, le rosbif et le blanc de dinde sont produits à partir de muscles entiers ou sectionnés. Un procédé d'émulsification forme une matrice dans laquelle la particule de graisse se retrouve encapsulée avec la membrane protéique.

Le broyage réduit la taille des particules, la mixtion garantit une composition chimique uniforme ainsi que l'extraction des protéines. Le hachage réduit aussi la taille des particules et produit des protéines solubles dans les sels. Les principaux équipements de transformation incluent des injecteurs et des systèmes masseurs pour produits à base de muscles, des broyeurs et des mixers pour les produits grossièrement broyés, et des hachoirs et émulsificateurs pour les produits émulsionnés. Les procédés d'injection et de massage facilitent la distribution de la saumure et l'extraction des protéines.

La conservation au moyen de chaleur, par exemple par cuisson ou friture, et la déshydratation, donnent des produits alimentaires qui peuvent être ensuite conditionnés et conservés pendant une période prolongée dans des conditions de stockage appropriées. Les techniques de conservation telles que la fermentation, le fumage, le saumurage / la salaison / la macération servent à diversifier les choix offerts au marché. En modifiant les conditions environnementales propices à la prolifération microbienne, tous ces procédés offrent une extension limitée de la durée de conservation.

L'injection sous pression d'une solution contenant des ingrédients de saumurage / salaison / macération est une technique largement répandue pour allonger la durée de conservation de la viande. Les ingrédients utilisés sont le sel de cuisine, c'est-à-dire le NaCl, souvent associé à du nitrite de sodium ou de potassium et à d'autres substances pour conférer à la viande des caractéristiques spéciales. Ce procédé est nécessaire aux produits entiers tels que le jambon, l'épaule, la bresaola (viande de boeuf séchée à l'air et dans le sel) et la viande de dinde. L'injection traditionnelle dans la veine a cessé et de nos jours, la technique fait appel à des injecteurs multi-aiguilles offrant une plus grande productivité et une vaste répartition du liquide de macération. L'injecteur injecte dans le jambon ou la masse de l'épaule une dose prédéterminée de liquide de macération contenant des différents additifs et ingrédients tels que des sels, polyphosphates, ascorbate, caséinate, nitrate, nitrite, glutamate et des épices.

Après les injections se déroule un procédé permettant l'homogénéisation complète, dans le produit, des ingrédients et des additifs. Ce procédé permet également d'extraire de la viande un fluide protéinique / salin détenteur d'un effet liant. Il implique de masser la viande à l'intérieur d'un récipient tournant de façon continue ou intermittente autour d'un axe vertical ou incliné,

sous vide et/ou à température réfrigérée. Le saumurage / la salaison au sel sec est nécessaire pour produire le jambon salaisoné non cuit, le bacon et la coppa. Les deux produits derniers cités peuvent également être élaborés dans la machine à masser.

Après ces procédés de préparation, les viandes crues sont bourrées dans des moules destinés à leur conférer une forme géométrique et une taille précises. Pendant ces procédés, les propriétés rhéologiques jouent un rôle critique envers les performances de l'équipement et la qualité du produit fini.

Pour récupérer la graisse des résidus carnés, on se sert de la fusion mouillée et de la fusion sèche. Dans le procédé de fusion mouillée, on chauffe la matière première dans une bouilloire en injectant directement de la vapeur à une température d'env. 90°. Il en résulte une phase aqueuse et une phase contenant la graisse. La séparation de ces phases a lieu par décantation et centrifugation. Dans le procédé de fusion à sec, la matière première est indirectement chauffée dans la bouilloire processuelle (bouilloire à gaine traversée par de la vapeur). Toute l'eau qui s'évapore est retirée de la bouilloire par application de vide. La séparation de la phase liquide ou graisse fondue et de la phase sèche, c'est-à-dire les résidus carnés dégraissés, a lieu par décantation.

Le secteur de la viande est un secteur très diversifié en terme de produits, ceci en raison des goûts et traditions locaux. Toutefois, trois procédés couramment utilisés sont la production de viande en boîte, de jambon cuit et de jambon salaisoné.

2.2.1.1 Viande en boîte (muscle de bœuf en gélatine)

Pour produire de la viande en boîte, il est possible d'utiliser différentes matières premières telles que la viande cuite et crue, viande à une température très fraîche ou viande congelée. La Figure 2.3 contient un organigramme général.

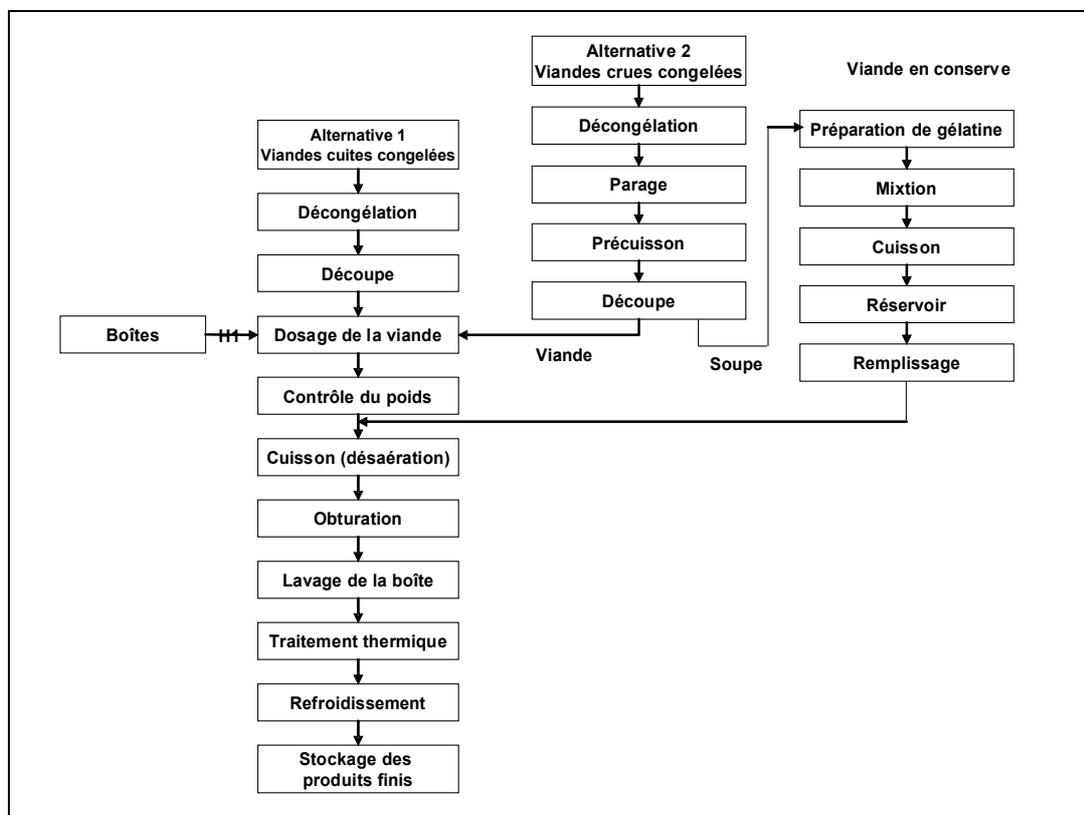


Figure 2.3 : Production de viande en boîte [91, Italian contribution, 2001]

2.2.1.1.1 Décongélation (A.5)

La viande congelée est généralement transportée dans des sacs en plastique placés à l'intérieur d'un emballage secondaire en carton. La viande est stockée à une température inférieure à -18 °C. La décongélation peut avoir lieu au contact de l'air présentant une température contrôlée, ou à l'aide d'une douche intermittente, ou par immersion dans de l'eau courante. Les deux premières méthodes permettent de réduire la consommation d'eau, mais prennent plus de temps et occupent de plus grandes surfaces. Par ailleurs, la viande risque de sécher et ses matières grasses insaturées, c'est le cas du porc, risque de s'oxyder. Lors de la décongélation dans un bain d'eau, on place la viande déballée dans des caisses en fer et on l'immerge complètement dans de l'eau d'une température comprise entre 15 et 18 °C. La consommation d'eau s'élève à env. 3 - 5m³/t.

2.2.1.1.2 Découpe (B.1)

La viande subit un découpe pour retirer la graisse excédentaire, et peut être désossée. Environ 12 % des sous-produits sont élaborés au cours de cette séquence.

2.2.1.1.3 Mixtion / malaxage (B.2)

La gélatine est préparée à partir de poudre industrielle. Elle peut provenir du bouillon obtenu pendant la cuisson de la viande si l'installation utilise de la viande fraîche non cuite. Le fait de faire cuire un volume de viande avec un volume d'eau donne 0,7 volumes de viande cuite et 1,3 volumes de bouillon. Le bouillon est ensuite filtré puis porté à ébullition jusqu'à précipitation des protéines insolubles, centrifugé et de nouveau filtré. Finalement, environ un volume de gélatine est produit. On ajoute à la solution de gélatine des ingrédients tels que des agents épaississants et des arômes.

2.2.1.1.4 Conditionnement et remplissage (H.1)

On dégaze la gélatine et la verse de façon dosée dans des boîtes au moyen d'un dispositif de remplissage sous vide contenant déjà la quantité requise de viande. Les boîtes sont ensuite étanchéifiées et lavées à l'eau très chaude pour retirer les résidus de viande ou de gélatine.

2.2.1.1.5 Stérilisation (E.8)

Les boîtes sont placées dans des paniers métalliques puis stérilisées en autoclaves opérant soit par charges successives, soit par passage continu, avant d'être refroidies.

2.2.1.1.6 Emballage secondaire (H.1)

Les boîtes refroidies et séchées sont envoyées au système de mise sous emballage secondaire utilisant des boîtes en carton ou des paquets à base en carton et à enveloppe thermorétractable.

2.2.1.1.7 Réfrigération (U.5)

Le produit offre une longue durée de conservation et ne requiert aucun soin particulier, sauf une bonne aération pour éviter la condensation sur les boîtes, susceptibles d'endommager leur surface externe.

2.2.1.2 Jambon cuit

La conservation de la viande par cuisson s'utilise avec plusieurs produits tels que les saucisses, le porc paré et la mortadelle. La Figure 2.4 illustre le procédé général.

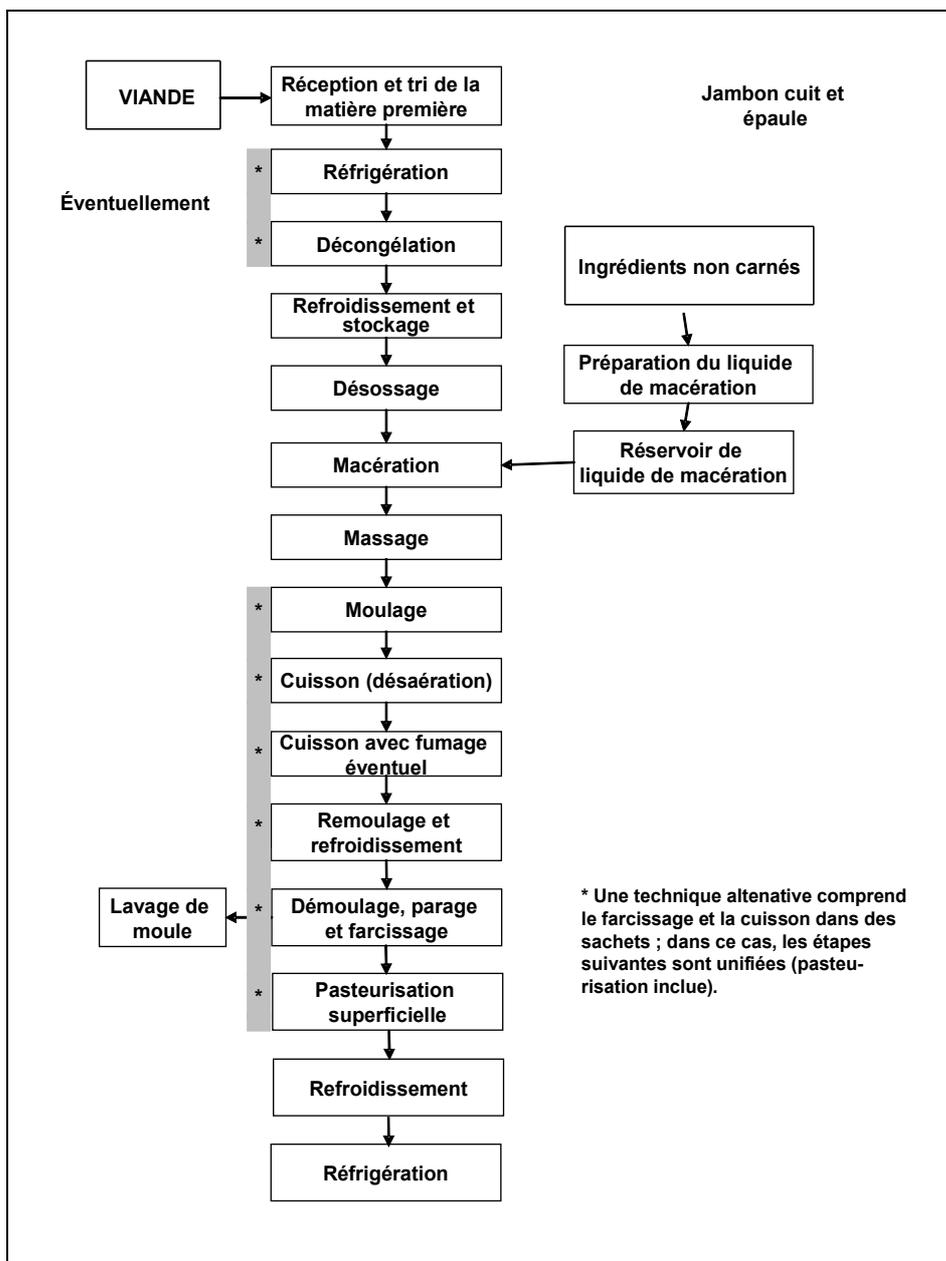


Figure 2.4 : Jambon cuit et production d'épaule
[91, Italian contribution, 2001]

Tout commence par la réception de la matière et son tri.

2.2.1.2.1 Décongélation (A.5)

Ce procédé est similaire à celui appliqué à la viande en boîte. Pendant la production de jambons ou épaules entiers, la viande est maintenue en chambre froide pendant 18 à 24 heures pour que la température s'uniformise dans la viande. Des pertes peuvent se manifester, dues à l'égouttage du jus de viande.

2.2.1.2.2 Découpe (B1)

Le jambon et l'épaule sont désossés et dégraissés manuellement (selon une méthode ouverte ou fermée) ou mécaniquement (selon une méthode fermée).

2.2.1.2.3 Macération (D.7)

L'injection du liquide de macération avait traditionnellement lieu « dans la veine » ; toutefois, elle est assurée aujourd'hui par des injecteurs multi-aiguilles générateurs d'une plus grande productivité et d'une distribution plus uniforme. L'injecteur injecte une dose prédéterminée de liquide de macération contenant différents additifs et ingrédients comme par exemple des sels, polyphosphates, de l'ascorbate, du caséinate, nitrate, nitrite et du glutamate, à l'intérieur de la masse du jambon ou de l'épaule.

2.2.1.2.4 Homogénéisation (B.2)

Le massage ou « barattage » permet d'obtenir l'homogénéisation complète des ingrédients et des additifs à l'intérieur du produit, et permet d'extraire l'exsudat protéinique / salin doté d'un effet liant. Ceci implique de masser la viande dans un récipient tournant autour d'un axe vertical ou incliné, de façon continue ou intermittente, sous vide et/ou à basse température.

2.2.1.2.5 Cuisson (E.3)

Après le moulage, le produit est dégazé et cuit et/ou fumé. La cuisson peut avoir lieu dans des fours à bain-marie, à douche, à vapeur ou à air chaud. Les fours à bain-marie s'utilisent avec les produits carnés entiers. Toutefois, il faut une grande quantité d'eau et d'énergie, la viande subit une forte perte de poids et l'eau se retrouve polluée du fait du lessivage de la viande, mais le transfert de chaleur est cependant homogène. Les fours à douche offrent une bonne uniformité de chauffage pour une moindre consommation d'eau et d'énergie. Les fours à vapeur génèrent une chaleur humide et moite ou l'aliment est cuit dans un environnement lui permettant de conserver sa saveur et son humidité. Les fours à air chaud requièrent un système de pilotage de l'humidité.

Le jambon peut aussi être remoulé puis refroidi. Les moules sont retirés puis nettoyés. Le jambon et l'épaule subissent normalement un parage et peuvent être saupoudrés de farine pour améliorer leur aspect. Le conditionnement a normalement lieu sous vide.

2.2.1.3 Jambon salaisoné

Les produits à base de jambon salaisoné, tels que le jambon de Parme en Italie, ou le Serrano espagnol, jouissent d'une bonne réputation en raison de leur haut niveau de qualité. Ils sont normalement élaborés à partir de viande crue de qualité spéciale et standard ; ainsi par exemple, les jambons salaisonés italiens sont réalisés à partir d'arrière-trains de porc âgés de 10 à 12 mois et pesant entre 150 et 180 kg. Un procédé similaire s'utilise avec d'autres produits tels que le salami, les saucisses sèches et le fromage de tête. Le procédé général est illustré par la Figure 2.5.

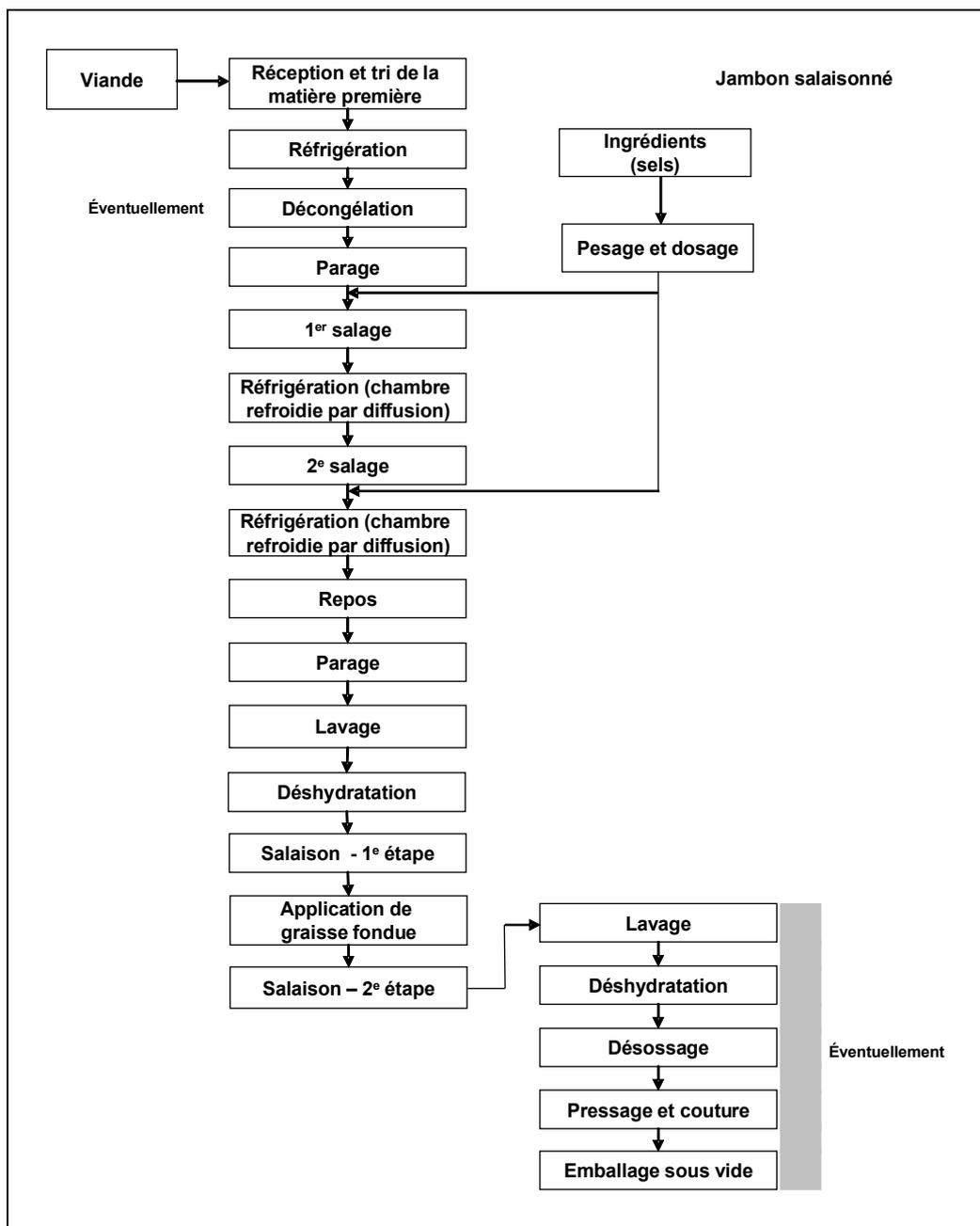


Figure 2.5: Production de jambon salaisoné [91, Italian contribution, 2001]

Le tri, la décongélation, la coupe et le parage sont des opérations toutes similaires aux procédés précédemment décrits. Suivant les coupes, un pelage partiel peut être nécessaire, par exemple pour les jambons et le bacon, ainsi qu'un pincement des veines.

2.2.1.3.1 Saumurage / salaison (D7)

La salaison au sel sec est une opération spécifique à la production de jambon et de bacon, et peut avoir lieu dans la baratte. Le constituant principal du sel de salaison est normalement le NaCl. Sa concentration dans les produits finis passe d'env. 6 % à moins de 2 %. Les nitrites peuvent servir à titre de protection contre *Clostridium botulinum* et d'autres bactéries facteurs de détérioration, mais ils confèrent aussi des caractéristiques de sapidité et d'aspect, à savoir un goût et une texture spécifique, ainsi qu'une teinte rose. Seule une petite quantité de nitrite résiduelle, < 10 ppm habituellement, demeure dans les viandes salaisonées de façon moderne.

2.2.1.3.2 Vieillessement (D.14)

La salaison du jambon est un procédé impliquant qu'il passe de longues périodes dans des conditions strictement contrôlées (température et humidité de l'air). Par le passé, le vieillissement pouvait prendre une à plusieurs années, mais aujourd'hui, avec le perfectionnement des technologies et les installations de transformation modernes associées à de vieux secrets gardés par les familles, un jambon de pays entièrement salaisonné peut être produit en 6 à 12 mois.

2.2.1.3.3 Lavage (A.4)

Le sel et les résidus carnés sont retirés par brossage et lavage. Cette séquence génère une quantité significative de déchets contenant de la matière grasse, des protéines et des sels. Avant le lavage, il vaut mieux parer la zone entourant la tête du fémur et couper la hanche.

2.2.1.3.4 Enduction (D.13)

Avant le séchage, les jambons font l'objet d'un contrôle puis on les enduit et le transporte vers les salles de séchage. L'enduction comprend l'enduction de la partie musculaire des pattes de porc avec de la graisse de porc ou un mélange de graisse et de sel, poivre et farine préalablement stérilisée. Le jambon séjourne ensuite plusieurs mois, jusqu'à un an dans ces salles. L'humidité et la température des salles sont contrôlées.

2.2.1.3.5 Conditionnement (H.1)

On retire les os de certains produits avant de les conditionner. D'autres produits, généralement plus traditionnels, sont vendus avec la patte entière.

2.2.1.3.6 Rinçage au gaz (H.2)

On se sert aussi souvent – outre des méthodes traditionnelles – du rinçage au gaz pour conditionner les jambons.

2.2.2 Poissons et fruits de mer

Ce secteur inclut le traitement des poissons à chair blanche ou pélagiques, des poissons gras, des fruits de mer, c'est-à-dire des crustacés et mollusques, et des poissons d'eau douce. La transformation du poisson est une activité très répandue et variée. De nombreux poissons, dont la morue, le thon, la hareng, le maquereau, le lieu jaune, le merlu, l'aiglefin, le saumon, l'anchois et la sardine font l'objet d'une production de masse. Les poissons marins représentent 90 % de la production de poisson dans le monde. Les 10 % restants sont formés des poissons d'eau douce et des poissons d'élevage. Environ 75 % de la production mondiale de poisson est destinée à la consommation humaine, les 25 % restants servant à fabriquer la farine de poisson et l'huile de poisson. Actuellement, environ 30 % de tous les poissons destinés à la consommation humaine sont commercialisés frais.

La transformation des poissons est assurée le plus couramment par des entreprises côtières. Toutefois, certaines parties de la transformation telles que l'éviscération, le nettoyage et parfois l'enlèvement de la tête des poissons peuvent avoir lieu en mer, à bord de bateaux de pêche, par exemple lorsqu'il s'agit de poisson blanc à faible teneur en huile. Ces poissons sont dans ce cas conservés dans de la glace ou congelés jusqu'à leur arrivée dans l'installation, lieu où on les décongèle ou recouvre à nouveau de glace et stocke jusqu'au moment venu de poursuivre leur transformation. Les poissons gras contiennent des huiles réparties dans tous les filets et dans la cavité ventrale. Leurs teneurs en huile sont différentes d'une espèce à l'autre, mais en moyenne, les filets gras peuvent contenir jusqu'à 30 % d'huile. Il est typique qu'ils ne soient pas éviscérés à bord, cette opération ayant lieu plus tard, dans les installations de transformation.

Le prétraitement du poisson à chair blanche implique d'enlever toute la glace et un criblage à des fins de calibrage des tailles. Les gros poissons peuvent aussi, en fonction du procédé, être écaillés, bien que cette opération n'ait pas lieu lorsqu'on les dépouille de leur peau.

L'enlèvement de la peau et la découpe incluent l'enlèvement des parties consommables du poisson, et son découpage en morceaux d'une taille appropriée. L'enlèvement de la peau peut avoir lieu manuellement ou automatiquement. Dans les séquences automatiques, le poisson est débarrassé de sa peau en forçant le filet à frotter contre un couteau automatique, tandis que les poissons gras sont débarrassés de leur peau en tirant le filet sur un tambour de congélation. Ensuite, le poisson est transporté du bâtiment de stockage par exemple via une rigole remplie d'eau, vers des tables de découpage puis éviscéré, c'est-à-dire la tête, les nageoires et les parties non consommables sont retirées. Chez les poissons de petite taille comme les sardines, on ne retire que la tête et les nageoires ; chez les poissons de moyenne et grande taille, on retire aussi les viscères. Chez les poissons blancs, cette séquence implique uniquement d'enlever la chair des filets tandis qu'avec les poissons gras ce procédé inclut de les éviscérer, décapiter et d'en retirer les filets.

Le poisson et les fruits de mer sont transformés et conservés au moyen d'une grande variété de méthodes et peuvent être consommés sous leur forme primaire, crus ou cuits. Ils peuvent aussi subir une poursuite de transformation afin de produire des aliments à base de poisson ou de fruits de mer tels que les produits moulés ou les plats précuisinés. Certaines méthodes de conservation impliquées dans la transformation du poisson et des fruits de mer comprennent la congélation, l'application d'un froid vif, la mise en boîte, la salaison, le séchage, le fumage, la fermentation et le conditionnement sous atmosphère modifiée (MAP).

2.2.2.1 Poisson transformé congelé / Produits à base de poisson moulu et bâtonnets de poisson pané

Pendant la transformation, les blocs de poisson congelés, composés soit de filets stratifiés, de poisson en vrac ou haché, sont découpés aux dimensions requises. Avec les produits moulés, on apporte à la machine de moulage les parures de poisson, l'assaisonnement et les liants ; la machine leur confère la forme requise. Le produit traverse ensuite une série de machines d'enrobage qui recouvrent le poisson avec de la pâte à frire et/ou de la panure, le nombre et le type d'enrobeuses dépendant du produit désiré. Après l'enrobage, le produit est frit dans de l'huile alimentaire. La température varie mais 190 °C représente une température typique. Les friteuses peuvent être chauffées par des moyens marchant soit à l'huile thermique, au gaz ou à l'électricité. Le produit frit se rend ensuite dans une unité de congélation où il reçoit un flux d'air froid destiné à le ramener à une température cible prédéterminée (généralement de -18 °C).

2.2.2.2 Conserves à base de poisson / fruits de mer

Le poisson cru est lavé, découpé en filets puis passé à la vapeur dans des tunnels de cuisson/refroidissement. Après l'enlèvement de la tête, le poisson à chair blanche est découpé en filets dans des machines comportant deux jeux de lames rotatives qui détachent les filets des arêtes et coupent les clavicules. Les lames reçoivent de l'eau pour les faire refroidir et pour en détacher la viande de poisson et les écailles.

Ensuite, les deux filets sont convoyés, peau en bas, vers la phase d'enlèvement de cette dernière. Les poissons gras sont orientés en avant et maintenus en position, à l'aide de jets d'eau, jusqu'à ce qu'une plaque butée les aligne. Ils sont décapités, les nageoires et les viscères sont retirés avant qu'ils n'entrent dans la machine à fileter. Les deux filets partent ensuite vers la séquence d'enlèvement de la peau. Le découpage des filets et l'enlèvement de la peau peuvent être réalisés manuellement. L'enlèvement des écailles a parfois lieu au moyen de bains caustiques. Les parures de poisson sont normalement transportées via des goulottes, des rigoles remplies d'eau ou des tapis convoyeurs vers la zone de collecte des déchets.

Après l'application de vapeur, le poisson est mis dans des boîtes conserve qui contiennent soit de la saumure, soit de l'huile, soit une sauce. Les boîtes sont étanchéifiées à leur passage dans une sertisseuse. La précuisson, l'enlèvement de la peau et la découpe ont lieu s'il s'agit de poisson de taille moyenne à grande. Les poissons de petite taille sont placés entiers dans les boîtes puis cuits directement dans celles-ci.

Après le sertissage, les boîtes traversent un autoclave de stérilisation. Ici, le produit est porté à une température suffisante pour désactiver tout micro-organisme capable d'empoisonner l'aliment. Le produit est ensuite refroidi à l'eau chlorée. Les fruits de mer sont transformés d'une manière similaire mais souvent transportés selon un mouvement de va-et-vient tandis qu'ils traversent un système d'ébouillantage pour forcer les coquilles à s'ouvrir et déloger la chair. Des séquences supplémentaires de lavage et de parage peuvent également être ajoutées pour retirer le sable et la boue.

La salaison et le fumage du poisson peuvent également avoir lieu, de même pendant la transformation des fruits de mer.

2.2.2.3 Crustacés

Une fois décapitées et lavées, les crevettes et crevettes roses sont conservées dans la glace ou par congélation dans la saumure avant d'être transportées vers les installations processuelles. Des produits chimiques dont par exemple le bisulfite de sodium servent à empêcher l'apparition des taches noires. Après la cuisson, elles sont décortiquées et refroidies avec de grandes quantités d'eau. Les crabes sont transportés vivants. La viande de crabe est prélevée soit manuellement soit mécaniquement.

2.2.2.4 Mollusques

Les types de mollusques transformés et consommés en Europe comprennent principalement les céphalopodes (seiche, calmar, poulpe) et les bivalves (huîtres, moules, palourdes, coquilles Saint-Jacques). La transformation comprend la congélation, la mise en boîte et la macération. Après la cuisson et l'enlèvement de la coquille, le lavage a souvent lieu en injectant de l'air au bas du bassin de lavage pour agiter la chair, tandis que le sable et les particules de coquille sédimentent. Certains mollusques comme les huîtres sont mis à macérer dans du vinaigre et des épices. Dans ce cas, la chair trempe dans une saumure à 3 % de sel, que l'on égoutte puis que l'on recouvre pendant 3 jours d'une solution vinaigrée à 3 % contenant 3 % de sel. Ensuite, la chair est égouttée, conditionnée puis recouverte d'un vinaigre épicé.

2.2.3 Fruit et légumes

Les traits caractéristiques des fruits et légumes résident en ce qu'il s'agit de produits végétaux comestibles tendres qui, en raison de leur teneur relativement élevée en humidité, sont périssables à l'état frais. Le Tableau 2.13 contient un résumé des itinéraires possibles de transformation de certains fruits et légumes.

Matière première		Transformation	Méthode de conservation
Légumes potagers	Pois, haricots, épinards, pommes de terre, asperges, maïs et lentilles	Mise en emballage, dans l'eau	Traitement thermique
	Olives, choux, artichauts, champignons, oignons, poivrons, carottes et concombres	Mise dans l'huile, macération / saumurage, sulfitage	Traitement thermique naturel ou artificiel
	Choux et concombres	Fermentation (acide lactique)	Traitement microbien
	Différents légumes potagers	Jus	Traitement thermique
	Différents légumes potagers	Séchés	Séchage
	Différents légumes potagers	Congélation, surgélation et légumes prêts à l'emploi	Refroidissement
Tomates	Tomates	Concentré	Déshydratation et traitement thermique
		Entières pelées	Traitement thermique
		Non entières, pelées (découpées en dés ou écrasées)	Traitement thermique
		Jus, passé au tamis, passata	Traitement thermique
		Poudre et flocons	Séchage
Fruit	Baies, poires, pommes, pêches, abricots, prunes, ananas, cerises et raisins	Mise dans l'eau, dans du sirop	Traitement thermique avec en option l'action synergique du sucre (réduction du a_w)
	Pêches, abricots, prunes, cerises, baies et figues	Confitures et gelées	Traitement thermique avec en option l'action synergique du sucre (réduction du a_w)
	Agrumes	Marmelade	Traitement thermique avec en option l'action synergique du sucre (réduction du a_w)
	Poires, pommes, pêches, abricots, prunes, fruits tropicaux et fruits poussant en sous-bois	Jus et nectars	Traitement thermique
	Fruits divers	Fruits confits	Action du sucre (réduction du a_w)
	Fruits divers	Concentrés	Traitement thermique (réduction du a_w)
	Fruits divers	Macérant dans l'alcool	(réduction du a_w)
	Fruits divers	Fruits secs	Séchage
	Fruits divers	Fruits congelés et surgelés	Congélation

Tableau 2.13 : Résumé des itinéraires de transformation possibles de certains fruits et légumes [91, Italian contribution, 2001]

2.2.3.1 Plats précuisinés contenant principalement des fruits et légumes

Certains fruits et légumes sont mis en conserves. A cette fin et suivant le type de fruit et de légumes, on utilise différents procédés et toute une variété de produits est élaborée, dont les plats précuisinés. La plupart des installations transforment simultanément un certain nombre de types de fruits et légumes, qui donnent ensuite des produits différents. La majorité des installations transforment des produits en vrac et dépendent des variations saisonnières, dans le sillage de la rotation des récoltes. Toutefois, certaines installations comportent des lignes de produits non affectées par les fluctuations saisonnières. La poursuite de transformation des

matières premières congelées a lieu toute l'année. Les capacités de production affectées à une telle forme de transformation connaissent une expansion permanente.

2.2.3.2 Jus de fruits

Les jus de fruits sont produits dans toutes les zones tempérées et tropicales du monde. Le jus d'orange prédomine dans les climats tempérés, et le jus d'ananas sous les climats tropicaux. Le gros de la production mondiale de jus de fruits est réalisé à partir d'agrumes, d'oranges la plupart du temps, et de fruits à pépins, de fruits du type pommes et poires et de fruits de la vigne. Certains jus de fruits à noyaux sont également élaborés mais en quantités bien moindres.

Dans un procédé généralement appliqué au jus d'agrumes, les fruits sont triés, calibrés et lavés pour retirer les matières indésirables tels que les bâtons et les feuilles, les salissures et insectes adhérents. Le fruit traverse un équipement extracteur d'huile où sa peau reçoit des centaines de petites incisions pour rompre les poches d'huile et libérer l'huile d'agrumes ensuite enlevée par lavage. L'extraction de l'huile peut avoir lieu après l'extraction du jus. Le jus de fruit est extrait mécaniquement et passé au tamis pour retirer la pulpe excédentaire, les morceaux de peau/d'écorce et les graines. Le jus tamisé est conservé à l'aide d'un certain nombre de méthodes telles que la mise en boîte, le traitement aseptique, l'inhibition chimique, la congélation et la séparation membranaire. Il peut faire l'objet d'une concentration avant le conditionnement, ceci dans le but de réduire les coûts de transport. Le jus peut être clarifié avant ou après application d'un traitement conservateur.

Un procédé typique d'obtention de jus de fruits à pépins comprend des procédés similaires mais sans la séquence d'extraction d'huile. Les fruits frais sont livrés à l'entreprise de transformation, sont déchargés, lavés, triés puis écrasés après avoir été dénoyautés, ce qui est le cas par exemple des pêches et des abricots. Les fruits blancs sont échauffés pour éviter un brunissage enzymatique.

Les jus d'orange, de pomme et de tomate sont souvent concentrés, normalement par évaporation ou dans certains cas par osmose inverse (OI) ou cryoconcentration. Le jus est obtenu soit à partir de fruits frais, soit à partir de jus concentrés reconstitués d'agrumes, ananas et d'autres fruits tropicaux. Il peut être conditionné directement (c'est le cas des jus) ou mélangé avec du sucre et de l'eau (c'est le cas des nectars). Les jus sont ensuite dégazés et versés chauds dans des bouteilles ou boîtes.

Vu que leur pH est bas, le remplissage avec un traitement par pasteurisation HTST est suffisant pour stabiliser le produit lorsque suit la stérilisation de la bouteille dans un tunnel à vapeur. Le conditionnement implique la pasteurisation, le refroidissement et le remplissage, opérations se déroulant toutes dans des conditions aseptiques. Le remplissage a lieu dans des briques en carton ou dans des briques préformées.

2.2.3.3 Fruits traités à la chaleur

Dans les procédés typiques afférents aux fruits en conserve, l'idéal consiste à utiliser les fruits le plus tôt possible après leur livraison, bien que parfois il faille les stocker un certain temps dans des conditions de froid vif (c'est le cas des pommes par exemple). Les fruits sont d'abord lavés, puis triés et si possible parés, puis calibrés et dénoyautés avant d'être pelés. Toute une variété de méthodes sont utilisées pour peler les fruits, y compris le pelage abrasif, caustique, à la vapeur ou mécanique. Les fruits pelés peuvent subir un blanchiment ou sont transférés dans des réservoirs contenant des matières telles que de la saumure ou des solutions d'acide ascorbique pour empêcher le brunissage. Si nécessaire, les fruits peuvent être découpés en tranches. Les produits tels que les quartiers d'orange sont soumis à des trempes acides / alcalines visant à en retirer les fibres filandreuses avant la mise en boîte. Avant l'étanchéification, ces fruits peuvent être échauffés doucement pour retirer les gaz prisonniers, procédé connu sous le vocable d'épuisement (« exhausting »). Le remplissage dans des conditions de vide supprime la nécessité de l'épuisement. Le contenant est ensuite étanchéifié, traité thermiquement puis refroidi. Avec les fruits, un traitement de pasteurisation à une température inférieure à 100 °C suffit.

2.2.3.4 Fruits congelés

La congélation des fruits est à juste titre une méthode majeure de conservation, largement utilisée pour conserver les fruits dont le traitement doit se poursuivre avec, par exemple, la fabrication de confiture. Les fruits destinés à la congélation sont généralement lavés et inspectés avant de subir une congélation individuelle rapide (IQF), ou conditionnés dans du sirop ou réduit en purée avant la congélation. Les méthodes de congélation rapide typiques comprennent le contact direct avec un solide refroidi, comme avec les congélateurs à tapis et à tambour, le contact direct avec de l'air refroidi ou d'autres mélanges gazeux dont l'air soufflé, le lit fluidisé et les congélateurs en spirale, l'immersion directe dans un liquide refroidi, par exemple les congélateurs à saumure ou les congélateurs cryogéniques. La Figure 2.6 illustre le procédé afférent aux fruits et légumes surgelés.

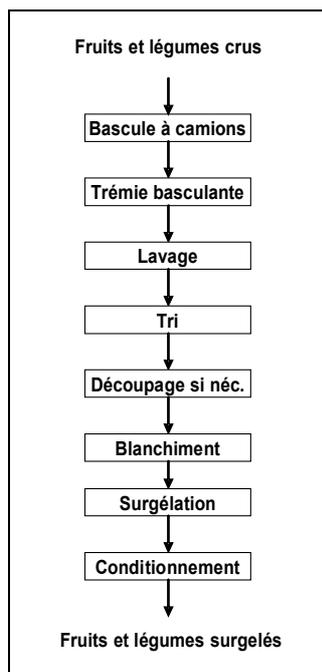


Figure 2.6 : Le procédé des fruits surgelés

2.2.3.5 Confitures de fruits et assimilées

Cette forme de conservation inclut la fabrication de confitures, gelées, marmelades et de mincemeat. Cette opération consiste essentiellement à mélanger des fruits et du sucre et les faire cuire ensuite. Il en résulte un produit goûteux d'une teneur en sucre suffisamment élevée, d'un indice a_w bas et d'une qualité synonyme une durée de conservation satisfaisante. Une pasteurisation est appliquée à 85 °C ou au dessus. Les confitures sont élaborées à partir de pulpe et de jus de fruits comme les agrumes par exemple pour obtenir de la marmelade, et de jus clarifié pour obtenir des gelées. Les ingrédients de base de cette forme de conservation sont les fruits, les agents édulcorants (généralement le sucrose et/ou divers sirops de sucre) ; les acides (généralement l'acide citrique ou malique) ; des substances tampon (telles que le citrate trisodique) ; les matières grasses dans les caillés / le mincemeat ; le zeste d'agrumes pour le mincemeat et la marmelade ; les agents gélifiants tels que la pectine habituellement, et les agents anti-mousse lors de l'utilisation de fruits congelés et sulfités. Dans un procédé typique, les fruits arrivent habituellement préparés d'avance, soit congelés soit sulfités. Les fruits préparés, la pectine, le sucrose, le sirop de glucose et d'autres ingrédients en petites quantités sont ensuite mélangés dans un récipient de mixtion. Le mélange est ensuite mis à bouillir soit à la pression atmosphérique, soit sous vide, à l'aide de la méthode des charges successives ou de la méthode continue. Après l'ébullition, la confiture est conditionnée dans des récipients dont la contenance varie de la portion individuelle au réservoir de confiture en vrac pour applications boulangères.

2.2.3.6 Fruits secs

La transformation des fruits secs fait appel à des matières premières telles que les raisins, les abricots, les poires, les bananes et les prunes. Un procédé de base consiste à trier, calibrer, laver, sécher et conditionner ces fruits. De nombreux fruits sont mis à sécher au soleil, bien que de nombreux producteurs recourent à des méthodes mécaniques, généralement des tunnels traversés par de l'air très chaud. Certains fruits subissent un sulfitage avant de sécher, pour les conserver et attendrir les tissus du fruit, ce qui provoque une perte plus rapide d'humidité pendant le séchage. Dans certains cas, on pulvérise une solution de carbonate de potassium sur les fruits après la récolte, ou on les trempe dedans ; cette solution contient aussi de l'huile de trempage. La composition de cette huile varie d'un producteur à l'autre. Ainsi par exemple, certains producteurs recourent à l'huile d'olive, d'autres utilisent des mélanges d'éthyle esters d'acides gras et d'acide oléique libre.

2.2.3.7 Tomates

En 2000, quelque huit millions de tonnes de tomates ont été transformées, dont cinq millions en Italie. Des quantités importantes sont également transformées en Espagne, au Portugal, en Grèce et en France. On confère aux tomates différentes formes pour obtenir différents types de produits. Le produit principal est le concentré de tomate entre 28 et 30° Brix, obtenu par concentration du jus. Autres produits : les tomates pelées entières, découpées en dés ou réduites en purée, les jus de tomate tels que la passata, et les produits secs tels que la poudre et les flocons. Les procédés fondamentaux impliqués dans la fabrication de la tomate sont illustrés par la Figure 2.7.

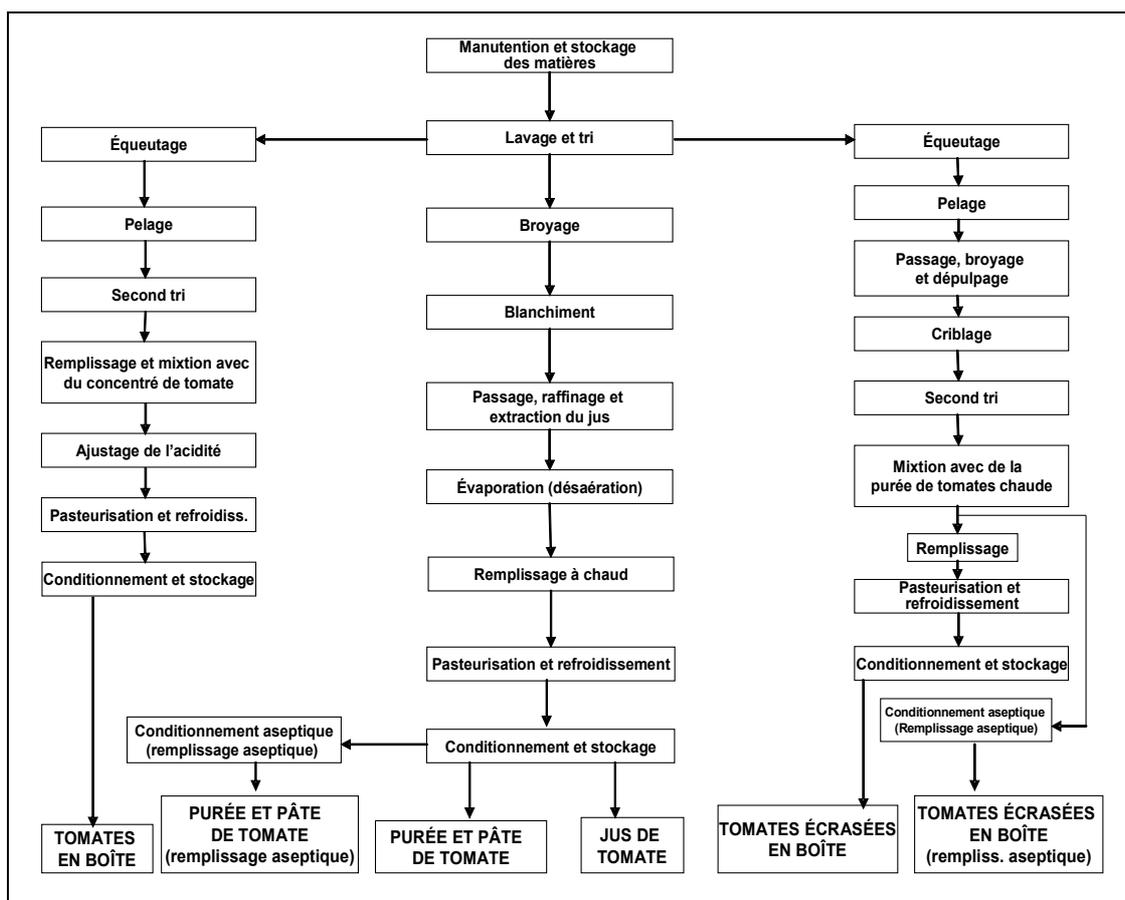


Figure 2.7 : Fabrication de différents produits à base de tomates [91, Italian contribution, 2001]

2.2.3.8 Pommes de terre

Deux des principaux produits à base de pommes de terre sont les chips et les frites. La fabrication de ces deux produits consiste principalement à peler la matière première, à la découper à une taille appropriée et à la blanchir, puis à la frire pour atteindre les propriétés sensorielles requises. Pour prévenir la coloration des chips, les Pays-Bas utilisent une substance appelée le pyrophosphate. Ce produit est une source très importante de pollution dans eaux usées en provenance des installations transformatrices des pommes de terre. Le métabisulfate de sodium peut également être utilisé pour empêcher les pommes de terre de se décolorer. Les chips sont généralement vendues congelées et peuvent avoir été frites partiellement ou intégralement. Les frites sont de plus en plus vendues en sachets sous atmosphère modifiée.

Que la pomme de terre doive donner des frites, de la purée ou un autre produit à base de pomme de terre, de la mousse peut apparaître dans le bain de lavage, susceptible d'engendrer des difficultés sérieuses à la transformation. La mousse d'amidon est très stable et difficile à enlever. Les méthodes mécaniques de contrôle de la mousse sont d'une efficacité tellement limitée que l'ajout d'agents destinés à maîtriser la mousse peut s'avérer la solution la plus pratique [87, Ullmann, 2001].

2.2.3.8.1 Frites de pommes de terre

Les pommes de terre sont livrées à l'installation et triées pour en retirer les pierres, les galets et d'autres corps étrangers. La matière première est ensuite lavée, calibrée et pelée. Un certain nombre de méthodes de pelage sont disponibles, y compris le pelage mécanique, à la vapeur et caustique. Les tubercules de grande taille sont généralement triés pour entrer dans la production de frites. Les pommes de terre sont découpées à la taille requise à l'aide de lames multiples entraînées indépendamment. Les chutes, les lamelles et les morceaux brisés sont retirés avant le blanchiment. Les frites sont blanchies à l'aide de vapeur ou d'eau à une température généralement comprise entre 60 et 85 °C. Le blanchiment peut se dérouler en plusieurs séquences.

Il faut retirer l'humidité excédentaire des frites à la fois pour préserver la durée de l'huile de friture et pour abaisser la teneur en humidité des frites. Ceci entraîne aussi une réduction du temps de cuisson. Les séchoirs à convoyeurs s'utilisent dans les grandes installations de transformation. Les frites passent au bain de friture d'une température généralement comprise entre 160 et 180 °C, le temps de friture varie selon que les produits doivent être complètement ou partiellement frits. La graisse excédentaire est retirée des frites avant leur congélation. Certains fabricants récupèrent la matière grasse pour la réutiliser. La congélation sur lit fluidisé peut servir pour congeler le produit, bien que la congélation sur tapis constitue, selon les rapports, une option plus efficace au plan énergétique.

2.2.3.8.2 Chips de pommes de terre

Les méthodes de transformation entrant dans la production des chips varient grandement, mais consiste généralement en ceci : lavage, pelage, parage et tri, découpage en tranches, rinçage, séchage partiel, friture, salage, ajout d'arômes, refroidissement et conditionnement. Les pommes de terre sont dans un premier temps lavées dans des laveuses à tambour ou à flottation, ce qui permet de retirer les pierres, le sable, les salissures et tous corps étrangers. Elles remontent ensuite dans des laveuses et sont pelées par abrasion. Les pommes de terre pelées sont parées pour en retirer les yeux, les meurtrissures et parties moisies. Le découpage en tranches à l'aide d'une série de lames montées sur une plaque circulaire stationnaire et un tambour rotatif. De l'eau arrive pour évacuer l'amidon de l'équipement. Les pommes de terre découpées en tranches sont lavées, habituellement dans des laveuses à tambour pour en retirer l'amidon et les sucres superficiels.

Certains fabricants blanchissent les chips avant de les faire frire ; ils se servent de réservoir remplis d'eau et à gaine dans laquelle circule de la vapeur. Les températures de blanchiment sont généralement comprises entre 65 et 95 °C ; le blanchiment dure une minute ou plus. Après

le lavage, l'humidité superficielle est retirée par différentes méthodes, y compris l'air comprimé et les ventilateurs, des tapis à mailles vibrantes et de l'air échauffé. La friture des chips peut avoir lieu par charges successives ou en continu. Les températures de friture sont comprises entre 160 et 190°C, les temps de cuisson typiques entre 1,5 et 3 minutes. Lorsque les chips quittent la friteuse, on les agite pour en retirer l'huile excédentaire puis les verse sur un tapis circulant en dessous d'une salière. Les arômes peuvent avoir été mélangés au sel ou être saupoudrés / pulvérisés sur les chips dans des tambours rotatifs. Les chips enfin refroidissent puis sont conditionnées.

2.2.3.9 Jus de légumes

Des quantités significatives de jus sont produites à partir de légumes tels que les carottes, le céleri, les betteraves rouges et les choux. En général, on commence d'abord par laver ces légumes et les trier avant de les broyer grossièrement puis de les presser pour en extraire le jus. La plupart des jus de légumes présentent une faible acidité, c'est-à-dire un pH > à 4,5, raison pour laquelle ils requièrent un procédé de stérilisation pour se conserver. On acidifie parfois les jus avec des acides organiques ou minéraux pour abaisser leur pH et rendre ainsi un traitement thermique doux possible, tel que la pasteurisation. Certains jus de faible acidité sont mélangés à des jus d'une haute acidité tels que les jus de tomate, de rhubarbe, d'agrumes, d'ananas ou de choux qui les rendent suffisamment acides pour ne plus nécessiter que la pasteurisation. Certains légumes peuvent subir un blanchiment avant l'acidification et l'extraction. Les légumes à racine comestible sont habituellement pelés avant macération et extraction.

2.2.3.10 Légumes thermotraités et congelés

Les conditions de procédés varient suivant le type de légume, mais les opérations préliminaires auxquelles sont soumis tant les légumes thermotraités que ceux congelés sont similaires à celles décrites à la section 2.2.3.3 pour les fruits. Elles impliquent habituellement le lavage, calibrage et criblage pour retirer les corps étrangers tels que les pierres et les salissures. Après le lavage, Les légumes sont pelés et peuvent être parés. Après le pelage, on peut laisser les légumes entiers ou les découper d'un certain nombre de manières (en tranches ou en dés). Certains légumes sont blanchis après le découpage en tranche pour retirer l'amidon superficiel. La plupart des légumes requièrent un blanchiment. Le blanchiment à la vapeur ou celui à l'eau constituent les méthodes les plus courantes. On refroidit ensuite le produit rapidement. Après le refroidissement, le produit peut faire l'objet d'une nouvelle inspection et d'un nouveau criblage avant de subir un congélation rapide ou d'être versé dans des boîtes ou bocaux en verre, en général avec du liquide chaud contenant par exemple du sucre, du sel ou de l'acide, puis il subit un traitement thermique. Les légumes subissent généralement un procédé de stérilisation intégral vu que leur pH, trop élevé, ne suffit pas pour empêcher l'activité microbienne.

2.2.3.11 Macération des légumes

Dans un procédé typique de macération, les légumes crus sont livrés, lavés puis criblés pour retirer les corps étrangers tels que les pierres. Suivant les légumes dont il est question, la matière première peut être cuite à la vapeur puis refroidie. Le produit est ensuite pelé, généralement à l'aide de vapeur, puis réinspecté avant d'être découpé aux dimensions requises, c'est-à-dire découpé en tranches / dés ou déchiqueté, puis transporté jusqu'à la ligne de remplissage. Les légumes hachés sont ensuite versés dans des récipients. Une liqueur acidifiante est mélangée à des épices et transférée à la ligne de remplissage à utiliser pour servir dans la sauce de macération. Cette liqueur se compose généralement d'acide acétique, vinaigre au malt, vinaigre de spiritueux, vinaigre de malt distillé, sucre liquide et sel, ceci dépendant de la formulation. La liqueur acidifiante est déposée dans le récipient. Le récipient est étanchéifié et subit à titre de traitement typique une pasteurisation avant le refroidissement et la mise sous emballage.

2.2.3.12 Séchage des végétaux

Le séchage des végétaux fait appel à des matières premières telles que les pommes de terre, des tomates, champignons et oignons. Le procédé de base est le même que pour la transformation des fruits, c'est-à-dire triage, calibrage, lavage, séchage et conditionnement. De nombreux légumes subissent un séchage au soleil sur le lieu de production. Il est également possible d'utiliser des méthodes mécaniques.

2.2.4 Huiles et graisses végétales

Les huiles et graisses sont naturellement présentes dans une vaste gamme de sources, mais environ 22 huiles végétales seulement sont transformées à une échelle commerciale dans le monde. La production se résume ainsi :

- Production d'huile à partir de graines oléagineuses comme la graine de tournesol, la graine de soja, la graine de colza, la graine de carthame, la graine de moutarde, la graine de coton et les graines d'arachide
- Production d'huiles extraites de la pulpe de fruit, des olives par exemple
- Production de graisses animales
- Production d'huiles de poisson.

Les huiles produites en quantités les plus importantes proviennent des graines de soja, arachides, olives, graines de tournesol, graines de carthame, graines de coton, graines de moutarde et graines de colza ; l'huile tirée de cette graine dernière citée est aussi connue sous le nom d'huile de colza. Les pays méditerranéens produisent 95 % de la production totale mondiale d'huile d'olive, estimée à 2,4 millions de tonnes par an. Les graisses animales destinées à la consommation humaine sont généralement produites par fusion de la graisse, et par extraction de l'huile de poisson. La production de graisse animale et d'huile de poisson se situe dans le champ d'application du document « BREF Abattoirs et produits dérivés de l'animal » [181, EC, 2003].

La préparation des matières premières comprend le décorticage, nettoyage, écrasement et conditionnement. Les procédés d'extraction sont généralement mécaniques, par exemple la portée à ébullition des fruits et le pressage des graines et des noix, ou impliquent l'utilisation de solvants tels que l'hexane. Après l'ébullition, l'huile liquide subit un écumage. Après le pressage de l'huile a lieu son filtrage. Après extraction des solvants, l'huile brute est séparée et le solvant évaporé est récupéré. Les résidus sont conditionnés, c'est-à-dire séchés, puis retraités pour donner des sous-produits tels que de la nourriture animale. Le raffinage de l'huile brute comprend son dégommeage, sa neutralisation, sa décoloration, sa désodorisation et un raffinage avancé. La transformation des huiles peut se poursuivre dans le but de produire de la margarine.

2.2.4.1 Extraction de l'huile des graines

La production d'huile à partir des graines oléagineuses de légumes crus est un procédé en deux séquences. La première séquence du procédé implique le nettoyage, la préparation, c'est-à-dire le séchage, décorticage, l'effilage, le conditionnement et le pressage des graines oléagineuses. Le pressage a lieu en une ou deux séquences donnant une huile pressée brute et une galette d'une teneur en huile comprise entre 12 et 25 %. Aucune extraction subséquente à l'hexane n'a lieu si le tourteau de pressage ne contient plus qu'une teneur en huile comprise entre 6 et 12 %. Les graines contenant 20 % d'huile et moins ne sont pas pressées du fait de leur faible teneur en matière grasse ; l'extraction a lieu directement après le nettoyage et la préparation.

La seconde séquence du procédé comprend l'extraction de l'huile, au moyen d'hexane, présente dans le tourteau pressé ou les graines effilées. L'extraction a lieu dans un flux à contre-courant. La transformation du mélange d'hexane et d'huile, appelé miscella, se poursuit avec un procédé de distillation visant à récupérer l'hexane présent dans l'huile végétale. Le solvant traverse un système technique visant à séparer l'hexane de l'eau, puis il ressort dans le procédé d'extraction. L'hexane résiduel présent dans le tourteau est récupéré par un procédé de fractionnement à la

vapeur. Ce procédé de suppression du solvant / de toastage réduit également l'activité enzymatique et micro-organique dans la farine. Les vapeurs d'hexane/d'eau sont utilisées dans le procédé de distillation du miscella pour récupérer le solvant et la chaleur. La farine est ensuite séchée et refroidie à l'air avant son ensilage ou son chargement.

Il existe toute une variété de méthodes de fabrication, associées à une très large gamme de sources, qui permettent de libérer l'huile et d'améliorer l'extraction subséquente. On passe toujours, généralement, par un certain nombre de séquences clés. On commence par retirer les matières étrangères grossières telles que le bois, les pierres et le métal au moyen par exemple de tamis ou d'électro-aimants. Les impuretés fines telles que les résidus de plantes, la poussière et le sable sont ensuite retirées au moyen par exemple de tamis vibrants, de criblesuses à vent et de cyclones. Les peaux et enveloppes des graines, dont de soja et de tournesol, sont retirés puis les graines sont fendues, triées par air pour exposer la chair de la matière première. Après cela, la chair est conditionnée ou séchée jusqu'à atteindre le taux d'humidité requis, 9 – 10 % généralement, puis roulée en flocons.

2.2.4.2 Raffinage des huiles et matières grasses alimentaires

Le raffinage a pour effet de retirer les composés indésirables tels que les gommages, les AGL, les pigments, arômes indésirables et d'autres composés. Il existe en général deux méthodes pour raffiner les graines oléagineuses : le raffinage physique et le plus classique raffinage chimique. Le raffinage chimique conventionnel, tel qu'appliqué aux huiles crues par exemple, comprend le dégommeage destiné à retirer les phospholipides, la neutralisation visant à retirer les AGL et le blanchiment pour décolorer et désodoriser le produit.

Le dégommeage implique l'ajout d'eau pour hydrater toute gomme présente ; il est suivi d'une séparation par centrifugation. Le retrait des gommages non hydratables a lieu en les convertissant d'abord sous une forme hydratable, à l'aide d'acide phosphorique ou citrique, et en ajoutant ensuite de l'eau et en centrifugeant.

La séquence suivante est la neutralisation, au cours de laquelle un alcali aqueux, de la soude caustique ou du carbonate de sodium généralement, est déversé dans l'huile chauffée au préalable à 75 – 95 °C. La substance alcaline réagit avec les AGL présents dans l'huile, pour former des savons dont la séparation a lieu par décantation ou centrifugation. Une séquence de séchage peut être incorporée après la neutralisation pour assurer l'enlèvement complet de l'eau ajoutée.

L'huile neutralisée est blanchie pour en retirer les matières colorantes telles que les caroténoïdes et d'autres constituants mineurs tels que les produits issus de la dégradation oxydative ou les traces de métaux de transition. Le blanchiment fait appel à de la terre de Fuller et à des traitements généralement situés dans une plage de température de 90 à 130 °C pendant 10 à 60 minutes. La terre est aspirée dans l'huile sous vide puis retirée par filtrage.

L'huile blanchie est distillée à faible pression pour retirer les impuretés volatiles, y compris les odeurs et saveurs indésirables. Ce procédé connu sous le nom de désodorisation se déroule à une température comprise entre 180 et 270 °C et peut prendre de 15 minutes à 5 heures en fonction de la nature de l'huile et de sa quantité, ainsi que du type d'équipement utilisé. Ainsi par exemple, en cas d'utilisation d'un désodoriseur à charges successives, l'opération prend entre 4,5 et 5 heures, ceci en fonction du type et de la quantité d'huile. Toutefois, si les mêmes huiles étaient traitées dans un désodoriseur opérant en semi-continu, le procédé ne prendrait qu'environ 15 minutes. La Figure 2.8 montre l'organigramme du raffinage chimique de l'huile brute. L'huile d'olive et l'écale issue du raffinage de l'huile de marc sont similaires au raffinage de l'huile de graine oléagineuse.

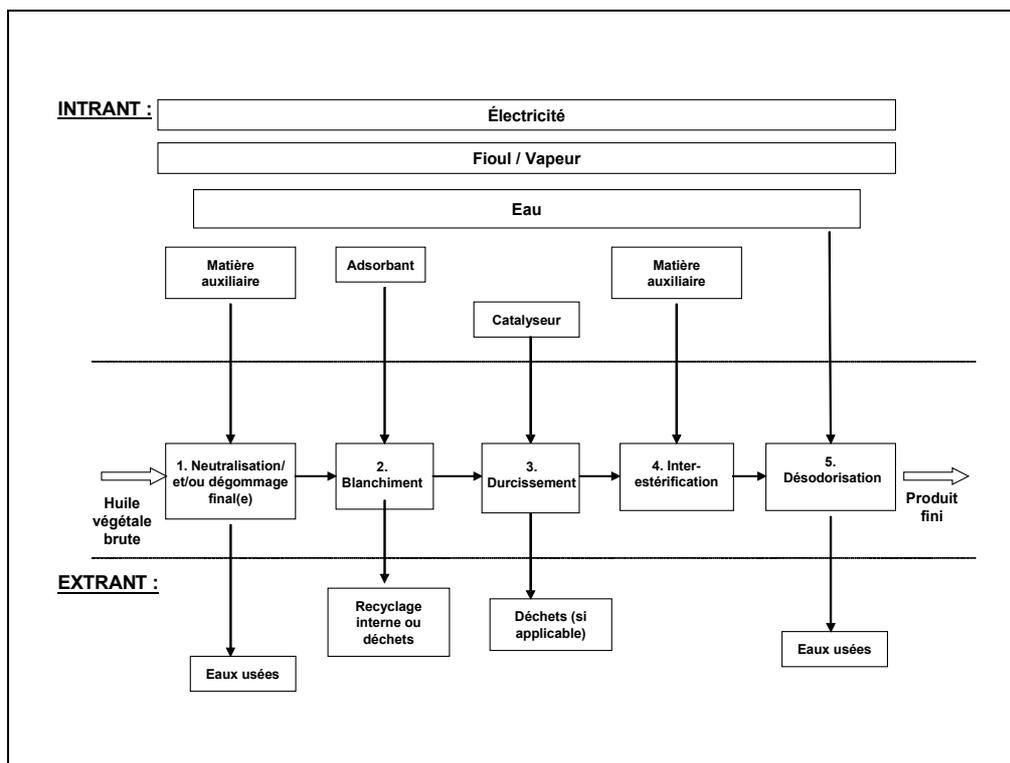


Figure 2.8: Raffinage chimique de l'huile brute
 [79, Italian contribution, 2001]

Le raffinage physique est un procédé plus simple dans lequel l'huile brute est dégommée et blanchie, procédé suivi d'un fractionnement à la vapeur pour retirer les AGL, les odeurs et les matières volatiles en une séquence. L'huile est portée à des températures pouvant atteindre 270 °C puis raffinée en la faisant couler – à contre-courant par rapport au flux de la vapeur de fractionnement – sur une série de plateaux. Les avantages du raffinage physique résident en un rendement plus élevé, des coûts plus bas et un moindre nombre de produits chimiques. L'un des inconvénients, comparé à la neutralisation chimique, peut être une moins bonne qualité du produit fini.

Il existe trois autres procédés pouvant être accomplis pendant le raffinage de l'huile, ceci dépendant de la source de l'huile. Il s'agit de l'hivernage, consistant pour l'essentiel à retirer la cire qui pourrait sinon causer de la turbidité. Ce procédé s'utilise par exemple avec l'huile de tournesol. Il inclut le refroidissement de l'huile suivi de son filtrage à l'aide d'un auxiliaire de filtration pour retirer la cire. Le second procédé est le fractionnement. Ce procédé peut s'accomplir généralement sur de l'huile brute ou raffinée. Il implique de faire entièrement fondre l'huile solide, de la faire refroidir ensuite pour séparer les fractions solides des liquides détentrices chacune de propriétés fonctionnelles différentes (voir section 2.2.5.3). Le troisième procédé est l'interestérification. Elle implique de séparer les triglycérides en acides gras et en glycérol et d'opérer une recombinaison ensuite. La réaction a lieu en utilisant de l'acide citrique ou phosphorique avec en plus un catalyseur, du méthoxyde de sodium généralement. L'interestérification modifie les propriétés fonctionnelles de l'huile traitée et peut être accomplie après neutralisation ou désodorisation.

2.2.4.3 Cristallisation des huiles et graisses alimentaires

La cristallisation des huiles et graisses alimentaires, également appelée fractionnement, est basée sur le principe selon lequel la solubilité des composants à plus haut point de fusion dans la phase liquide change à différentes températures. Il est possible d'étendre cette différence en utilisant un solvant organique ayant pour effet d'abaisser la viscosité et de conduire à un meilleur lavage des cristaux.

L'équipement comprend des réservoirs de préchauffage, des réservoirs à système de remuage et refroidissement pour la cristallisation, des filtres à tapis ou à membrane pour séparer les cristaux de la liqueur et des récipients de distillation pour récupérer le solvant. L'huile est chauffée environ 10°C au dessus du point de fusion du triacylglycérol présent le plus élevé, pour donner une matière de départ entièrement liquide ; ainsi par exemple, la température de chauffage typique de l'huile de palme s'élève à 75 °C. L'huile fondue est ensuite refroidie et remuée pour former les nuclei cristallins, et la température est abaissée et maintenue généralement à 28 – 30 °C sur 12 heures dans le cas de l'huile de palme pour induire la croissance des cristaux. Si l'on utilise un solvant, on l'ajoute à l'huile fondue avant le refroidissement. Les mélanges contenant les solides cristallisés et les liquides dissous sont séparés par des filtres. Si l'on se sert d'un solvant, il est retiré des fractions par distillation.

2.2.4.4 Poursuite de la transformation des huiles et graisses alimentaires – margarine

Les principaux produits fabriqués à partir d'huiles et matières grasses alimentaires sont la margarine, les graisses alimentaires, huiles alimentaires et la mayonnaise. Vu de son importance éminente et majeure, seule est décrite ici la production de margarine.

La plupart des installations exécutent une hydrogénation pour produire des matières grasses détentrices de qualités de rétention supérieures et offrant des points de fusion plus élevés. L'hydrogénation s'accomplit habituellement en dispersant de l'hydrogène gazeux dans l'huile, en présence d'un catalyseur au nickel finement divisé appuyé par de la diatomite. Les graisses hydrogénées qui en résultent sont filtrées pour en retirer le catalyseur de l'hydrogénation, soumises à un léger blanchiment à la terre et désodorisées avant de pouvoir servir à des fins alimentaires. Après son durcissement, l'huile est mélangée avec une solution aqueuse pour produire une émulsion. Le mélange émulsionné est ensuite pasteurisé, refroidi et cristallisé pour obtenir le produit fini.

2.2.4.5 Huile d'olive

L'appellation « huile d'olive » signifie le produit obtenu à partir d'*Olea europea*. Il se compose d'environ 98 % de glycérides, les 2 % restants étant différents composants naturellement présents dans les olives et dont certains jouent un rôle fondamental dans les caractéristiques olfactives et gustatives, et qui sont importants également pour la stabilité et la qualité du produit. Les huiles d'olive et huiles d'écales sont classées sur la base de dénominations et définitions découlant de la directive 136/66/CEE du 22 septembre 1966 et visant l'établissement d'une organisation commune du marché des huiles et matières grasses [215, EC, 1996].

Les huiles extra vierges, les huiles vierges et les huiles vierges ordinaires sont comestibles ; toutefois, seules les huiles extra vierges et vierges peuvent être commercialisées car elles sont destinées à la consommation directe. Les huiles vierges ordinaires sont communément utilisées mélangées à des huiles d'olive raffinées et huiles d'écale raffinées. Les huiles acides présentant une acidité supérieure à 3,3 degrés doivent être raffinées.

La qualité de l'huile d'olive dépend de la maturité des olives, du type de récolte, par exemple par cueillette ou secouage, du type de stockage temporaire et du type de traitement accompli. Les olives contiennent 38 à 58 % d'huile et jusqu'à 60 % d'eau. Les olives mûres devraient être traitées aussi rapidement que possible étant donné que les lipases présentes dans la pulpe sont susceptibles d'hydrolyser rapidement l'huile, fait préjudiciable à ses qualités alimentaires. Les huiles de la plus haute qualité sont élaborées à partir d'olives fraîches cueillies à la main, subissant une réduction de taille, transformation en pâte et un pressage à froid. Dans la production d'huile d'olive, trois systèmes sont actuellement utilisés pour extraire l'huile : l'extraction traditionnelle par pressage, la séparation en trois phases et la séparation en deux phases.

Dans la production traditionnelle d'huile d'olive, on les mout en une pâte dans des moulins à pierres ; de nos jours toutefois, on utilise aussi des équipements de mouture modernes. La mouture est suivie d'une réduction en purée, avec addition de sel le cas échéant. La pulpe est

ensuite pressée et l'huile de pressage clarifiée par décantation ou centrifugation. Les pressoirs traditionnels à cage ouverte sont en cours de remplacement par des expellers à vis continue. La pulpe réduite en purée peut aussi être séparée dans un décanteur horizontal, auquel cas l'huile brute est recentrifugée après addition d'eau de lavage. A titre d'alternative, il est possible d'utiliser des machines pour dénoyauter la pulpe, les résidus étant ensuite séparés au moyen de centrifugeuses à décharge automatique. Le pressage à froid, qui donne des qualités vierges, est généralement suivi d'un pressage à chaud à env. 40 °C. L'huile d'olive pressée à froid est une huile alimentaire de grande valeur.

En Espagne, la plupart des installations utilisent les centrifugeuses du type à deux phases, tandis que dans la majorité des autres pays méditerranéens les entreprises d'assez grande taille recourent à la technique des trois phases, celles de moins grande taille continuant généralement d'utiliser le pressage traditionnel. Tandis que la technique à deux phases génère des déchets ressemblant à de la pâte, les systèmes traditionnels et à trois phases produisent une phase liquide, à savoir l'eau résiduaire du moulin à huile d'olive, aussi appelée alpechin, et un tourteau de pressage connue sous le nom de marc, écale ou orujo. Il est possible de poursuivre la transformation de ce produit (huile d'écales ou de marc). L'écale solide qui en résulte subit un séchage ramenant sa teneur en humidité à 3 – 6 %, ce qui permet de l'utiliser comme combustible. L'huile de noyaux d'olive s'obtient par pressage et extraction au solvant des noyaux nettoyés. Cette huile est similaire à l'huile d'olive, mais avec cette saveur typique en moins.

Les spécifications commerciales sont en premier lieu fondées sur la teneur en AGL et sur l'évaluation de la saveur. Dans certains pays, l'huile d'olive pressée à chaud et offrant une acidité élevée est raffinée par neutralisation, blanchiment et désodorisation, puis aromatisée en la mélangeant à l'huile pressée à froid. Le tourteau de pressage contient entre 8 et 15 % d'une huile relativement sombre appelée senza ou orujo, extractible à l'hexane et utilisée à des fins techniques. Après le raffinage, elle également apte à la consommation alimentaire..

2.2.4.6 Huile de marc d'olive

Les installations à marc d'olive traitent le marc resté après extraction de l'huile hors des olives. L'huile est extraite avec des solvants, ce qui donne de l'huile de marc brute et des écales épuisées. L'huile est envoyée aux raffineries et sert plus tard dans l'industrie alimentaire, tandis que le marc épuisé sert principalement de combustible. Les huiles raffinées de marc d'olive sont mélangées à des huiles vierges différentes des huiles lampantes. Cette huile est également classée sur la base des dénominations et définitions visées dans la directive 136/66/CEE [215, EC, 1996].

2.2.5 Produits laitiers

Le lait se compose approximativement de 87 % d'eau, le reste étant des protéines, matières grasses, du lactose, du calcium, du phosphore, du fer et des vitamines. C'est le lait de vache qui est le plus fortement consommé, mais les laits de chèvre et de brebis sont eux aussi consommés en quantités significatives. Un certain nombre de produits laitiers sont produits à partir du lait : la crème, le fromage et le beurre.

2.2.5.1 Lait et crème

Le lait cru très froid est reçu à la laiterie et transféré dans des réservoirs de stockage. Le lait peut subir une séparation par centrifugation pour produire du lait écrémé ou demi écrémé et une part de crème. Il est ensuite thermotraité selon toute une variété de méthodes telles que la pasteurisation ou la stérilisation, également connues sous le sigle de UHT. Le traitement thermique peut se faire par charges successives ou en continu, ceci dépendant de la quantité de lait à transformer et de la méthode employée.

Le traitement du lait commence par son homogénéisation. L'homogénéisation disperse les globules de matière grasse et empêche la séparation du composant crémeux. Pour parvenir à une

stabilité suffisante de la crème dans les laits pasteurisés offrant une durée de conservation relativement courte, il faut ramener le diamètre moyen des globules gras du lait à 1 ou 2 micron, les laits UHT longue conservation requérant de leur côté une réduction beaucoup plus forte de la taille des globules gras (< 0,7 microns).

Un autre effet de l'homogénéisation est d'accroître fortement la surface grasse exposée, ce qui favorise grandement l'action des lipases. Pour cette raison, c'est une pratique courante que de pasteuriser le lait immédiatement après l'homogénéisation pour désactiver les lipases. La Figure 2.9 montre un organigramme du procédé afférent au lait pasteurisé à durée de conservation courte.

Les paramètres de chauffage typiques afférents au procédé de pasteurisation continue sont 72 °C pendant 15 secondes. Ce procédé est aussi connu sous le nom de pasteurisation haute température courte durée (HTST). Le lait très chaud sert souvent à échauffer en partie le lait froid entrant, au cours d'une séquence d'échauffement connue sous le nom de régénération. Après avoir été pasteurisé, le lait est rapidement refroidi à <7 °C. Le lait qui n'est pas thermotraité dans son emballage est versé dans des emballages ensuite étanchéifiés, ces deux opérations se déroulant dans des conditions de propreté et d'asepsie. Le lait entrant peut être homogénéisé après la séquence de régénération, avant d'être pasteurisé.

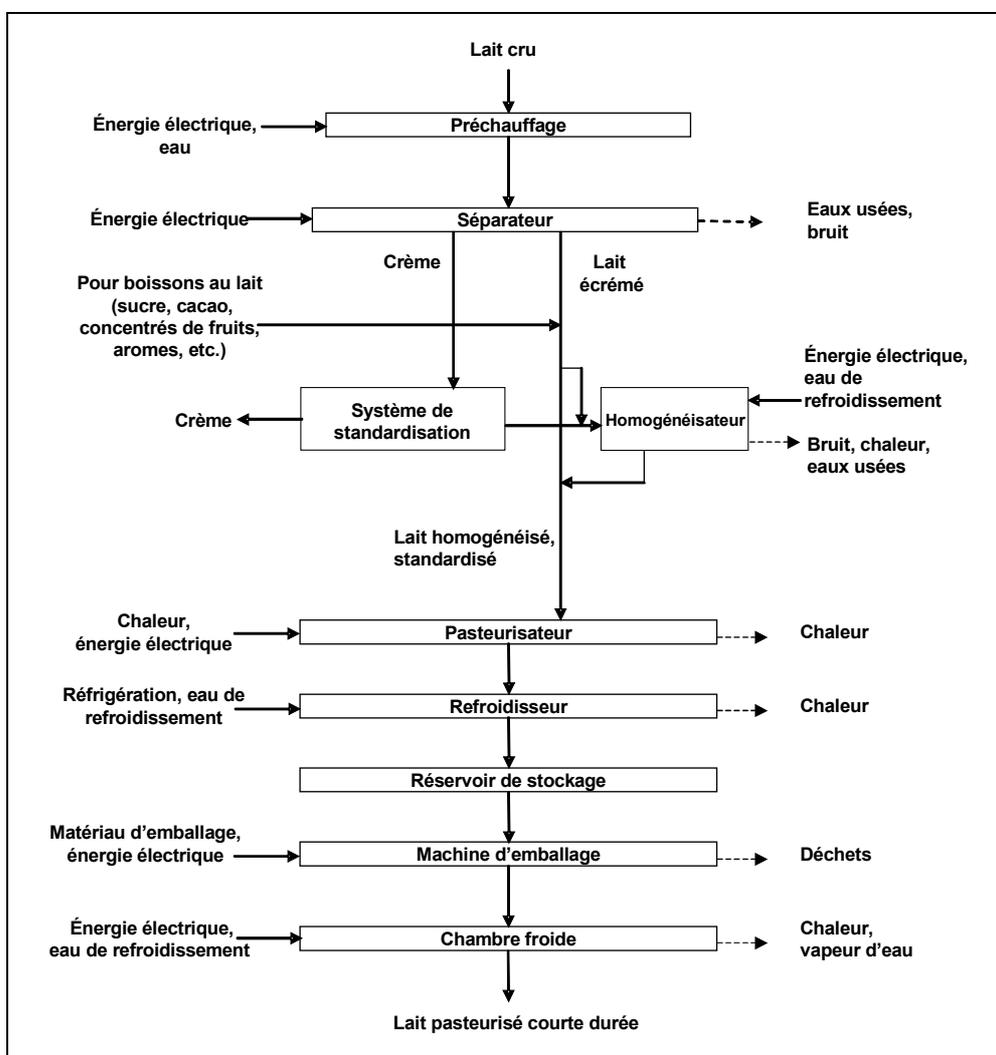


Figure 2.9 : Procédé du lait à courte durée de pasteurisation [79, Italian contribution, 2001]

On recourt au procédé UHT ou à la stérilisation pour accroître la durée de conservation du produit. On utilise l'UHT en continu, à 135 °C minimum pendant 1 seconde. Ce procédé peut se dérouler de deux façons différentes. L'échauffement est indirect, à l'aide d'échangeurs thermiques équipés de différents types de plaques et conduites, ou en deux séquences, la

première consistant par exemple à échauffer le lait indirectement à environ 80 °C puis à l'échauffer directement en mélangeant de la vapeur et du lait. Le rapport pondéral entre la vapeur et le lait utilisés est d'environ 1:10. Si le chauffage direct est appliqué immédiatement après le traitement thermique, on fait refroidir le lait par expansion dans le vide pour extraire la vapeur qui s'était mélangée au produit en phase de stérilisation. Ce procédé est aussi appelé refroidissement éclair. La température finale du lait revient immédiatement au niveau qui était le sien avant son mélange avec la vapeur. S'ensuit le refroidissement par échange indirect avec le fluide de refroidissement ou à contre-courant avec le produit entrant. La Figure 2.10 résume la production de lait UHT.

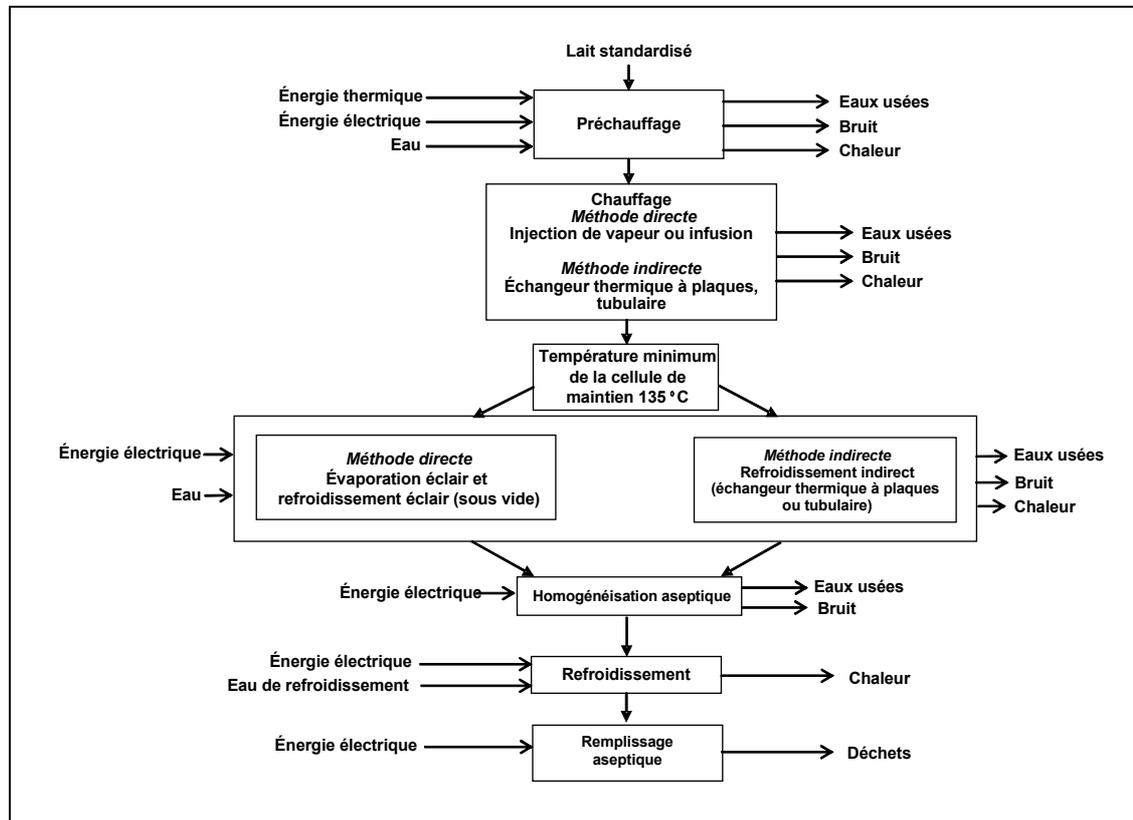


Figure 2.10: Production de lait UHT
[79, Italian contribution, 2001]

Le traitement thermique du lait stérilisé longue conservation se décompose en deux phases. La première phase est un traitement thermique continu (ou prétéralisation) similaire à celui décrit pour le traitement UHT. La seconde phase est un traitement final de l'emballage fermé, après remplissage et étanchéification de cet emballage contenant le produit prétéralisé. Le second traitement thermique se déroule généralement dans un autoclave, par charges successives ou dans un autoclave à passage continu, fonctionnant à une température comprise entre 110 et 125 °C pendant 20 à 40 minutes, et avec une phase finale de refroidissement par aspersion. Le lait stérilisé longue conservation et d'autres produits laitiers sont conditionnés dans des emballages hermétiques tels que des bouteilles en plastique ou en verre. La Figure 2.11 résume la production de lait stérilisé.

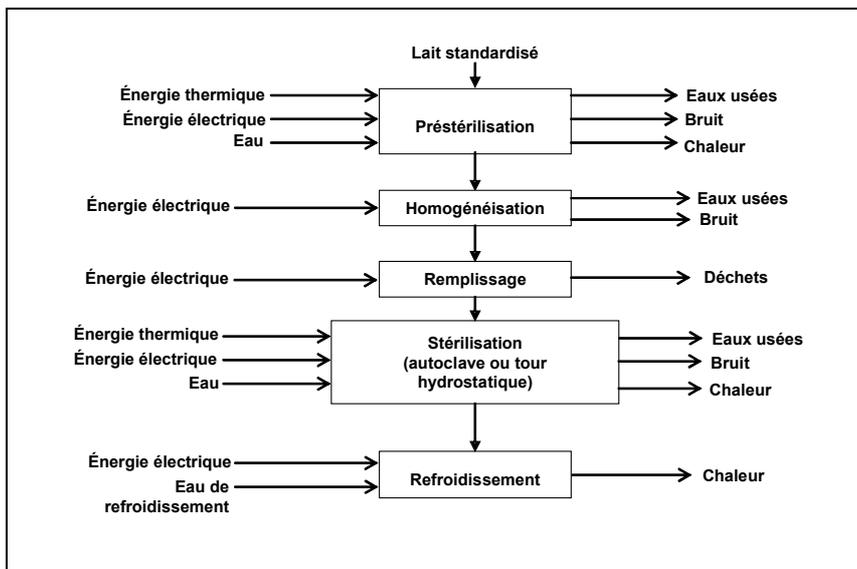


Figure 2.11 : Production de lait stérilisé
[79, Italian contribution, 2001]

2.2.5.2 Lait condensé et lait en poudre

La première séquence, dans la production de lait condensé et de lait en poudre, consiste à concentrer le lait cru. Le lait homogénéisé est habituellement concentré avec des évaporateurs. Les évaporateurs à film tombant sont généralement utilisés suivis d’une séquence de séchage à l’aide d’un séchoir à pulvérisations (voir section 4.2.9). A titre d’alternative, on peut recourir à l’osmose inverse (OI) pour retirer une partie de l’eau présente dans le lait sans devoir pour cela lui appliquer de la chaleur. L’électricité sert à pomper le liquide à travers une membrane semi-perméable visant à accroître la concentration des solides. Le doublement de la concentration du lait et du petit-lait est courante.[39, Verband der Deutschen Milchwirtschaft (German Dairy Association), 2001]. La poudre est généralement agglomérée pour améliorer la reconstitution. Le lait sec entier est susceptible de rancir par oxydation et peut être conditionné sous atmosphère protectrice pour allonger sa durée de conservation. Ces procédés sont illustrés par la Figure 2.12 et la Figure 2.13.

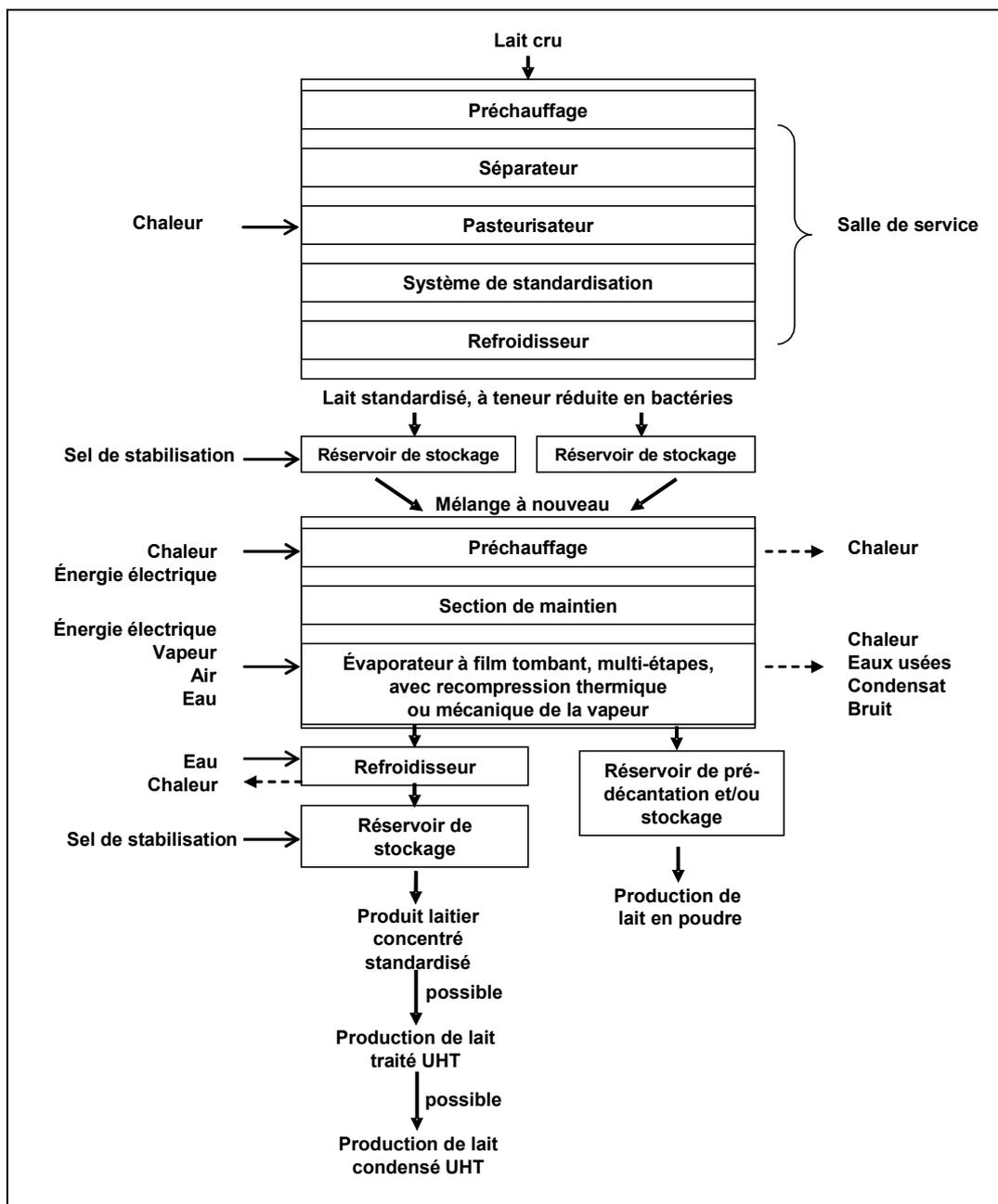


Figure 2.12 : Organigramme des procédés afférents aux produits condensés (par exemple le lait condensé UHT) et aux produits intermédiaires (par exemple les concentrés à base de lait) [9, Verband der Deutschen Milchwirtschaft (German Dairy Association), 1999]

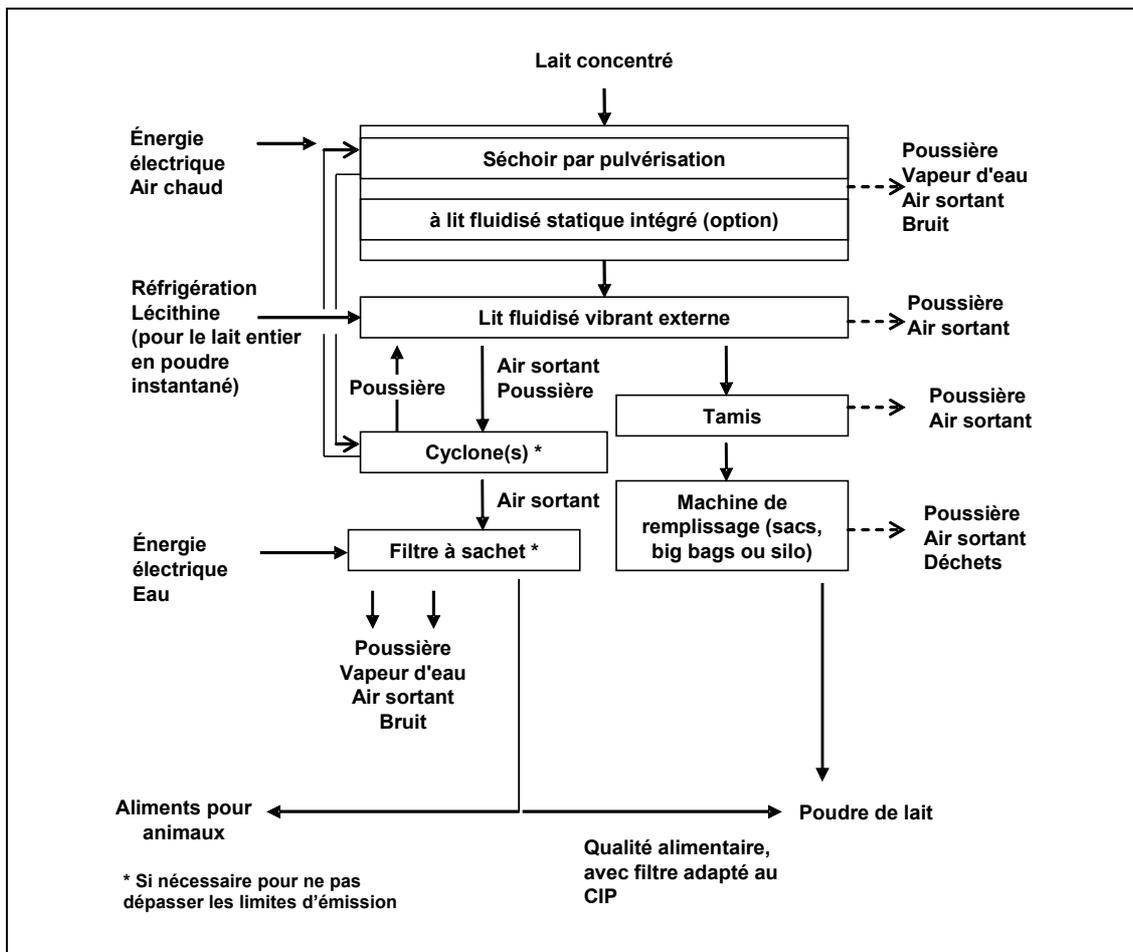


Figure 2.13 : Organigramme de la production de lait en poudre [9, Verband der Deutschen Milchwirtschaft (German Dairy Association), 1999]

2.2.5.3 Beurre

Le beurre est produit à partir de crème séparée par centrifugation du lait pasteurisé. La crème contient environ 35 à 40 % de matière grasse du lait. Le procédé est d'une manière fondamentale un procédé mécanique dans lequel la crème, une émulsion d'huile dans l'eau, est transformée en beurre, une émulsion d'eau dans l'huile. On y parvient par un procédé de barattage en charges successives ou continu. La crème est rapidement refroidie et maintenue à cette température pour une période fixée dans un procédé dénommé vieillissement. La crème est ensuite soumise au barattage et à un travail. Le barattage agite la crème pour décomposer en partie l'huile dans l'émulsion d'eau, jusqu'à ce que les globules de matière grasse se lient pour former des grains de beurre. La phase liquide appelée babeurre est retirée et les grains de beurre sont lavés dans l'eau. On peut ajouter du sel avant que la période de travail du procédé commence. Ce travail implique une agitation lente des grains les soumettant à une action de pétrissage et pliage. Le beurre est ensuite conditionné et stocké ; il s'agit généralement d'un stockage au froid vif ou à un froid de congélation. Un certain nombre de techniques sont disponibles, telles que les méthodes dans lesquelles la crème est soumise à un barattage à grande vitesse et à un travail continu. La Figure 2.14 résume la fabrication de beurre en continu.

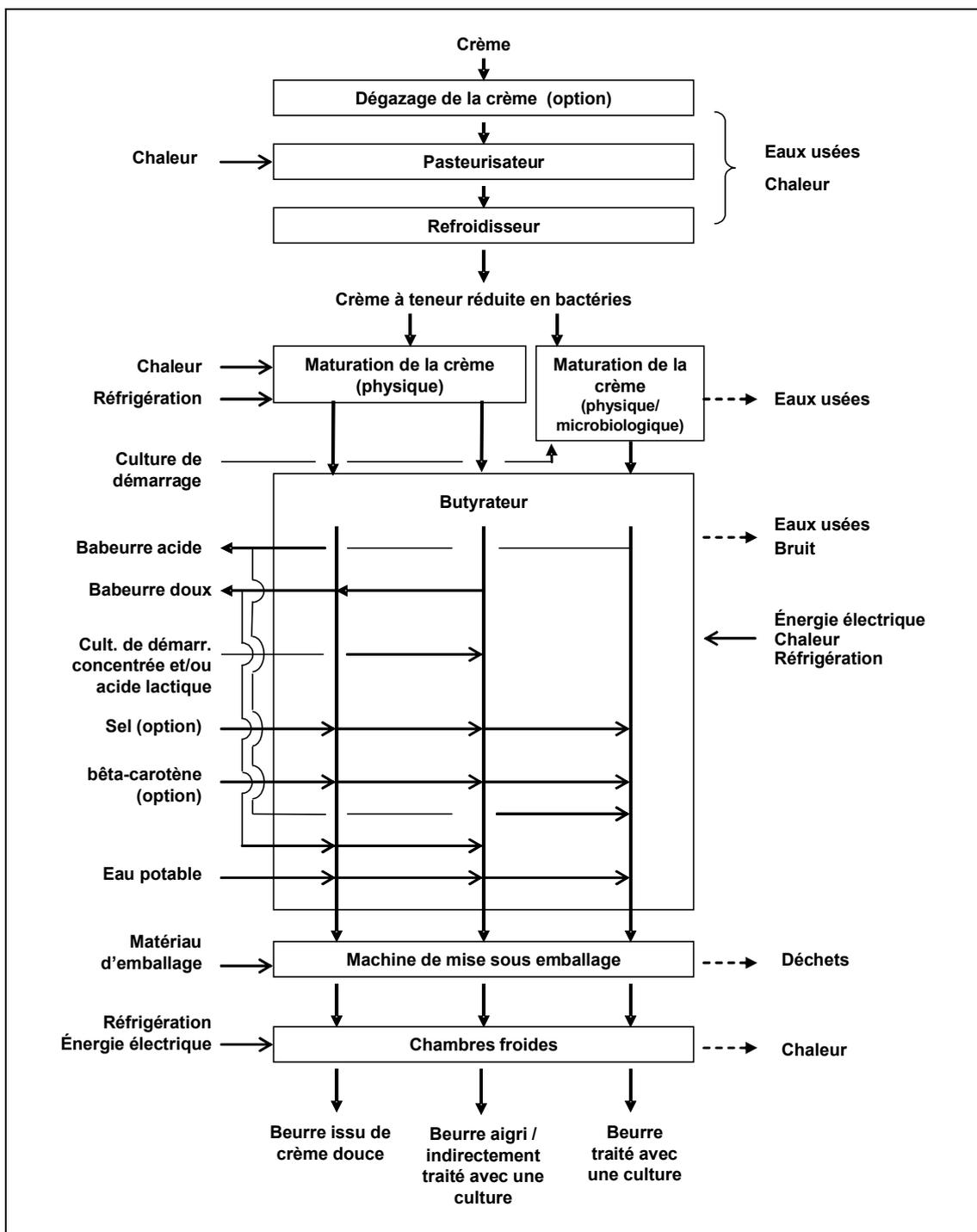


Figure 2.14 : Fabrication de beurre en continu
[9, Verband der Deutschen Milchwirtschaft (German Dairy Association), 1999]

2.2.5.4 Fromage

Il existe une très vaste gamme de variétés de fromages et de nombreuses différences subtiles dans les méthodes de transformation. En général toutefois, le procédé implique les séquences suivantes : production d'un coagulat (dû à l'action de la présure et/ou de l'acide lactique), séparation des caillés produits et du petit-lait, manipulation des caillés pour conférer au fromage les caractéristiques désirées.

La fabrication traditionnelle du fromage est un procédé manuel ; les procédés modernes de leur côté sont hautement mécanisés. Les cultures de démarrage sont ajoutées au lait pour produire de l'acide lactique et l'on se sert ensuite de présure pour coaguler les protéines du lait. On sépare

les caillés et le petit-lait, lave les caillés et on les découpe en cubes. La texturisation du fromage implique de compresser et étirer les caillés, opérations qui peuvent se dérouler dans des systèmes à tour. Les blocs de caillé sont moulus, on leur ajoute du sel, puis on les presse. On enveloppe le fromage ainsi pressé pour le protéger contre la perte d'humidité et la croissance de moisissures pendant le stockage. Le fromage mûrit pour développer sa saveur et sa texture, dans des dépôts contrôlés en température et humidité, et subit un retournement régulier de ses surfaces. La Figure 2.15 montre un organigramme de la fabrication de fromage.

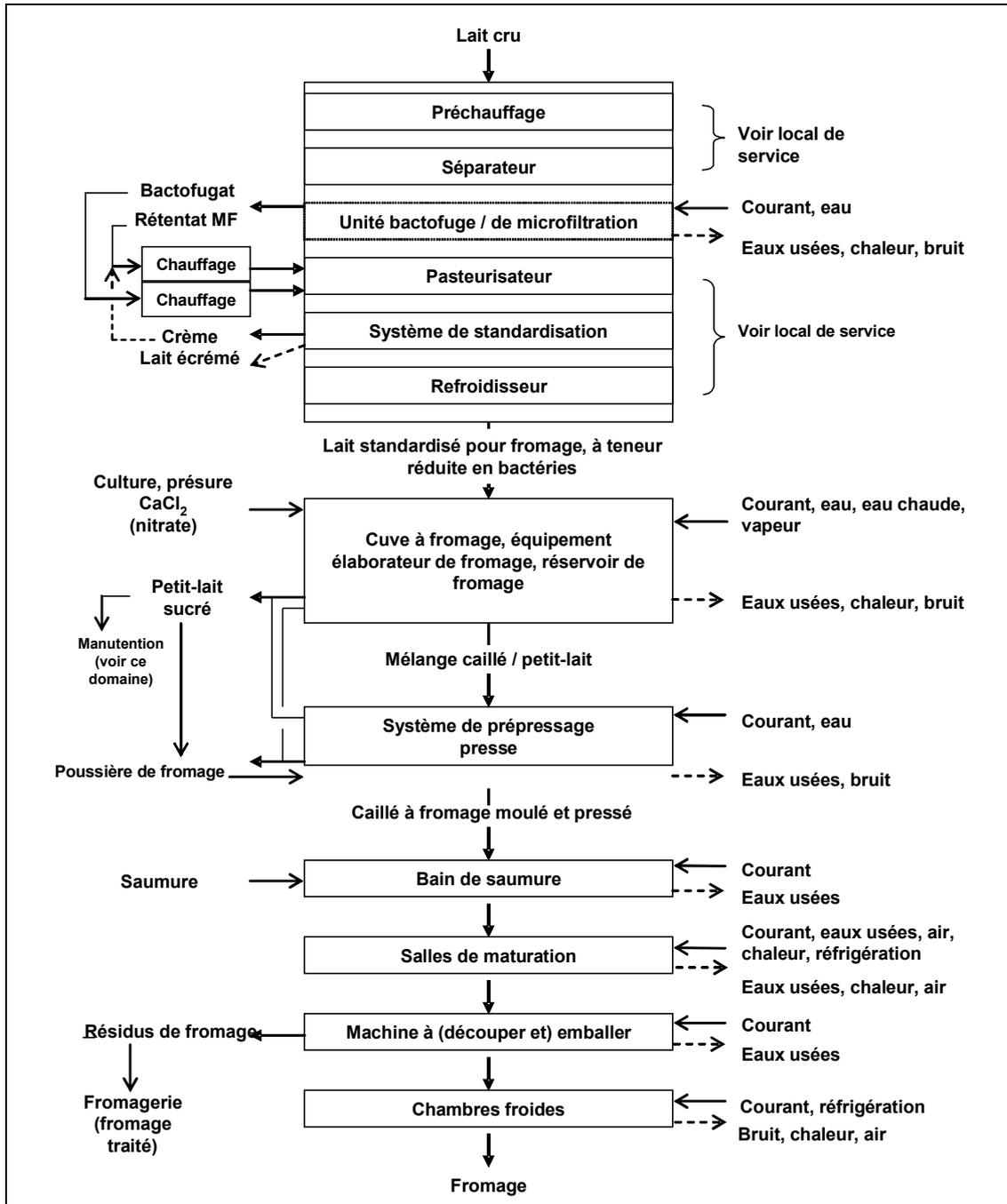


Figure 2.15 : Fabrication du fromage [9, Verband der Deutschen Milchwirtschaft (German Dairy Association), 1999]

Un autre procédé implique la fusion. Le fromage moulu et d'autres ingrédients sont mis dans un chaudron de transformation et portés à une température normalement non inférieure à 75 °C

pour assurer la pasteurisation complète du fromage traité. L'agitation, pendant le procédé, est un aspect important pour obtenir l'émulsification complète du fromage traité. La température et la durée du procédé dépendent du type de fromage traité que l'on cherche à obtenir et de la nature du fromage brut.

2.2.5.5 Yaourt

Le yaourt est un produit laitier fermenté qui diffère du fromage en ce qu'on ne lui ajoute pas de présure et que l'épaississement résulte d'une acidification opérée par des bactéries génératrices d'acide lactique. Les principaux ingrédients du yaourt comprennent le lait, les poudres de lait ou le lait concentré ou ultrafiltré, et des agents stabilisants tels que les amidons modifiés. La plupart des yaourts produits sont fabriqués en vrac avant de leur ajouter des fruits et/ou des saveurs.

Les principales séquences dans la fabrication du yaourt sont les suivantes : on commence par hausser la teneur en solides gras et non gras du lait en ajoutant des poudres de lait. Des agents stabilisants peuvent être ajoutés à ce stade. Le lait est ensuite homogénéisé à une température avoisinant les 55 °C puis thermotraité à 80 – 90 °C pendant 30 minutes dans un procédé à charges successives, ou entre 90 et 95 °C pendant 5 minutes dans un procédé continu. Le lait thermotraité est ensuite ramené à 40 – 43 °C puisensemencé avec deux organismes de démarrage, *Streptococcus salivarius* sous-espèce *thermophilus*, et *Lactobacillus delbrueckii* sous espèce *bulgaricus*. La fermentation prend environ 4 heures. A la fin du procédé, le produit est ramené à 15 – 20 °C à l'aide soit de serpentins refroidissant le réservoir, soit plus communément d'échangeurs thermiques tubulaires ou à plaques. Les fruits et saveurs sont incorporés au yaourt ensuite mis à refroidir jusqu'à moins de +5 °C, puis a lieu le conditionnement en pots prêts pour le stockage et la distribution. La Figure 2.16 illustre le procédé de production des yaourts.

L'ajout des colorants et saveurs a lieu au stade de la maturation. On se sert de congélateurs opérant en continu pour porter rapidement la crème glacée à une température d'environ $-6\text{ }^{\circ}\text{C}$, en introduisant de l'air comprimé dans la crème glacée pendant le procédé de congélation. Cette augmentation de volume due à l'ajout d'air est une méthode aussi connue sous le nom de foisonnement. Les crèmes glacées sont ensuite versées dans des récipients et leur congélation se poursuit dans des tunnels opérant entre -30 et $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$.

2.2.5.7 Petit-lait

Normalement, on fait évaporer le petit-lait jusqu'à obtention d'une solution sursaturée affichant une teneur en matière solide comprise entre 60 et 73 % afin de produire du lactose. Pendant que la solution refroidit, la cristallisation démarre et les cristaux commencent à croître. On les retire de la phase liquide par centrifugation. Suivant le niveau de qualité requis, la purification et le raffinage peuvent se poursuivre en forme d'un lavage des cristaux, ou en les dissolvant à nouveau puis en les recristallisant, opérations suivies d'un traitement au carbone activé pour retirer toutes impuretés.

2.2.6 Produits à base de grains moulus

Un certain nombre de céréales jouent un rôle important en tant que sources alimentaires. Il s'agit du blé, de l'orge, du maïs, de l'avoine, du seigle et du riz. Les grains de blé et de seigle sont moulus pour obtenir de la farine. Le blé dur est moulu en semoule et sert d'une manière générale à confectionner des pâtes. Le blé est l'ingrédient de premier choix entrant dans la préparation du pain et des biscuits. Dans certains pays, le seigle sert à faire du pain. L'orge entre principalement dans l'alimentation animale. L'orge d'une certaine qualité est transformé en malt puis utilisé par exemple en brasserie et distillation. Le maïs sert comme source d'amidon mais aussi comme ingrédient dans les céréales du petit-déjeuner et les snacks. L'avoine entre dans les céréales de repas, les gâteaux et les biscuits, mais également dans l'élaboration du pain croustillant. Le riz est, avec le blé et le maïs, l'une des céréales les plus consommées dans le monde et sert de nourriture à une grande partie de la population mondiale. Le riz est perlé et parfois précuit.

Le grain de blé a trois principaux composants, la peau ou son, l'embryon ou germe et l'endosperme qui représente la majorité du grain. L'objectif du procédé de mouture consiste à séparer l'endosperme du son et du germe avec la contamination la plus réduite possible. Les principales opérations associées à la mouture de la farine sont le nettoyage, le conditionnement, le bris, le scalpage, la purification, la réduction et le parage.

Le grain entrant est transféré dans des silos de stockage en vrac avant la poursuite du traitement. Un traitement au gaz ou à la chaleur peut être appliqué pour prévenir l'infestation par les insectes. Le grain est dans un premier temps lavé au passage par une série d'opérations de criblage, récurage, brossage et aspiration. Ces procédés retirent les matières étrangères telles que d'autres céréales, pierres, contaminants métalliques, menue paille, couches détachées de son, graines et poussières. Après le lavage, le grain est conditionné pour optimiser le procédé de mouture. Ceci implique d'humecter les grains au moyen d'un ajout mesuré d'eau, ce qui les lie immédiatement. Le conditionnement peut avoir lieu au moyen de vapeur. Ce conditionnement remplit un certain nombre de fonctions telles que fortifier le son et lui permettre de se séparer plus facilement de l'endosperme, ce qui permet de réduire plus efficacement ce dernier au cours des séquences subséquentes du procédé.

Le grain ainsi conditionné entre dans le système briseur du moulin, consistant en deux rouleaux ondulés tournant en sens opposés et à des vitesses différentes. Cinq jeux de rouleaux de cassure sont courants, avec des interstices progressivement décroissants, l'ondulation devenant de son côté de plus en plus fine d'un jeu au suivant. Le grain est partagé par les rouleaux casseurs et l'endosperme se détache du son par raclage. Une opération de tamisage aussi appelée scalpage ou calibrage est accomplie après chaque rouleau casseur. Cette opération sépare

- les particules grossières contenant les restes du grain et un peu d'endosperme restant à récupérer,
- les particules de taille intermédiaire contenant de gros fragments d'endosperme appelés semoule ou remoulage, ceci dépendant de la taille des particules et de leur pureté
- la farine.

La semoule ou le remoulage traversent un système de purification consistant à les tamiser et à les classer pneumatiquement. Ceci enlève les particules d'endosperme à son adhérent, en vue d'une poursuite du traitement dans des rouleaux finement cannelés quelque part en aval dans le procédé. La semoule ou le remoulage sont ensuite transférés sur des rouleaux réducteurs qui sont lisses et dont le but est d'écraser l'endosperme. Comme dans l'étage de cassure, cet étage du moulin comporte une série de rouleaux et d'opérations de criblage pour que la farine soit évacuée par tamisage tandis que l'endosperme, plus grossier et retenu par les tamis, passe à un autre jeu de rouleaux réducteurs pour subir une nouvelle réduction de taille. A la fin du procédé de réduction, la majeure partie de l'endosperme a été converti en farine, le son grossier a été retiré et il reste un troisième flux d'endosperme composé de matière contenant le son fin impossible à séparer de façon pratique. Le procédé peut compter jusqu'à 12 séquences de réduction. La farine traverse normalement un dispositif de redressage final, à la fin du procédé de mouture ou du stockage en vrac, destiné à retirer tous corps étrangers résiduels. La farine peut être séchée et classée en fractions par des tamis. La pratique varie dans les différents États membres : au Royaume-Uni par exemple, 25 % de la farine sont ensachés avant livraison aux boulangers et à d'autres fabricants de produits alimentaires, et 70 % livrés en vrac, tandis qu'au Portugal les proportions sont exactement inverses.

Les grains tels que l'avoine et l'orge, à enveloppe très adhérente, ne se laissent pas séparer dans un moulin à blé traditionnel et passent habituellement, avant la mouture, par un procédé d'abrasion appelé le perlage.

2.2.7 Pâtes sèches

Dans les fabriques de pâtes modernes, la fabrication est un procédé continu. La semoule est stockée dans des silos. Ensuite, des convoyeurs pneumatiques l'envoient dans la zone de production. La semoule est tamisée puis mélangée à de l'eau pour former une pâte. Au départ, la semoule a un taux d'humidité compris entre 10 et 14 %. Dans l'opération de mixtion, on ajoute 22 à 30 kg d'eau à 100 kg de semoule. Le taux d'humidité pendant la mixtion varie entre 30 et 35 %, ceci suivant la qualité et le type de semoule, ainsi que de la forme des pâtes à produire. Le poids de la semoule et le flux d'eau arrivant au procédé sont constamment surveillés et régulés au moyen de micro-ordinateurs. A ce stade du procédé, il est important que la semoule soit bien hydratée et de façon uniforme pour que la pâte conserve une consistance égale. Ceci garantit la qualité du produit final en prévenant par exemple son effritement, les défauts superficiels et une faible aptitude à la cuisson.

L'opération finale dans la mixtion est une opération de dégazage dans un mélangeur sous vide qui a pour but de retirer l'air introduit pendant la phase de mixtion antérieure. Ceci empêche les pigments de la semoule ou des œufs de s'oxyder (cas de la semoule aux œufs), et confère un aspect brillant au produit. La pâte est pressée, extrudée et laminée, ceci dépendant de la géométrie que doit avoir le produit final. Ceci s'accomplit à l'aide d'une vis sans fin tournant dans un cylindre refroidi de l'extérieur. Cette action physique force les protéines hydratées à interagir pour former du gluten. La pâte est extrudée à des pressions comprises entre 4 et 12 MPA à travers une filière en bronze ou en acier dont l'orifice a exactement la forme que doit prendre le produit. Si les orifices de la filière sont téflonisés, on obtient une pâte lisse, sinon c'est une pâte d'aspect rugueux qui sort. Les pâtes sortant des filières ont une teneur en humidité d'env. 30 %. La teneur finale en humidité ne devrait pas excéder 12,5 % pour obtenir la consistance spécifique requise et offrir une longue durée de conservation. Ceci et les caractéristiques de cuisson du produit sont obtenues en faisant sécher les pâtes en trois séquences distinctes : le préséchage, le séchage central et le séchage final.

La préséchage comprend une ventilation intensive destinée à créer une zone superficielle mince et sèche destinée à empêcher les différents morceaux de pâtes de s'écraser et de coller les uns contre les autres. On utilise de l'air filtré exempt de poussière et d'autres impuretés. On contrôle la température et l'humidité pour réguler le taux d'évaporation et prévenir la fragilisation, chose qui arrive lorsque la pâte sèche trop vite. De la moisissure apparaît si le procédé est trop lent. Le préséchage prend entre 10 et 60 minutes et permet de retirer 15 à 20 % de la teneur en humidité. Cette phase n'est pas nécessaire avec les pâtes longues vu qu'elles sont transportées suspendues à des cannes, situation réduisant le risque de collage et déformation.

Le séchage central s'obtient à l'aide d'un autre flux d'air chaud, répété après des phases alternées de repos aussi appelées tempéragé. Le tempéragé permet de redistribuer uniformément à la surface l'humidité demeurée à l'intérieur des pâtes. Certaines lignes de production des pâtes n'ont pas besoin du tempéragé. Pendant le séchage central, jusqu'à 60 % de l'humidité présente disparaît.

Pendant le séchage final, la pâte traverse plusieurs chambres où elle subit l'action d'un puissant flux d'air très chaud et sec pour retirer 25 à 30 % de l'humidité initiale. Cette dernière phase se déroule à des températures variables susceptibles de dépasser 80 °C. La température et la durée du cycle varient suivant le type de technologie employé et le type de pâtes requises. Suivant le type de ligne de production, le séchage peut s'accomplir dans des chambres séparées ou dans un tunnel ininterrompu subdivisé en trois séquences continues.

La conception des lignes de production varie suivant la géométrie des pâtes ; ainsi par exemple, les lignes pour pâtes longues présentent des expanseurs destinés à maintenir les bandelettes rectilignes et distantes les unes des autres ; les lignes à lasagnes, à pâtes en nids et pâtes emmêlées présentent des agencements et lignes spéciaux produisant des pâtes courtes, même chose pour les pétrisseurs initiaux. A la fin de la ligne de séchage, une chambre de refroidissement abaisse la température de la pâte séchée avant son convoyage vers les silos de stockage. La pâte est ensuite transférée pour recevoir son premier emballage composé de feuilles de plastique ou de boîtes en carton, puis viennent un second emballage, la palettisation et le stockage avant l'expédition. Le procédé de production des pâtes sèches est résumé à la Figure 2.17.

Pour les pâtes aux œufs, le procédé de production est le même que pour les pâtes sèches, sauf la présence d'un appareil dosant automatiquement le mélange à base d'œufs. [150, Unione Industriali Pastai Italiani, 2002].

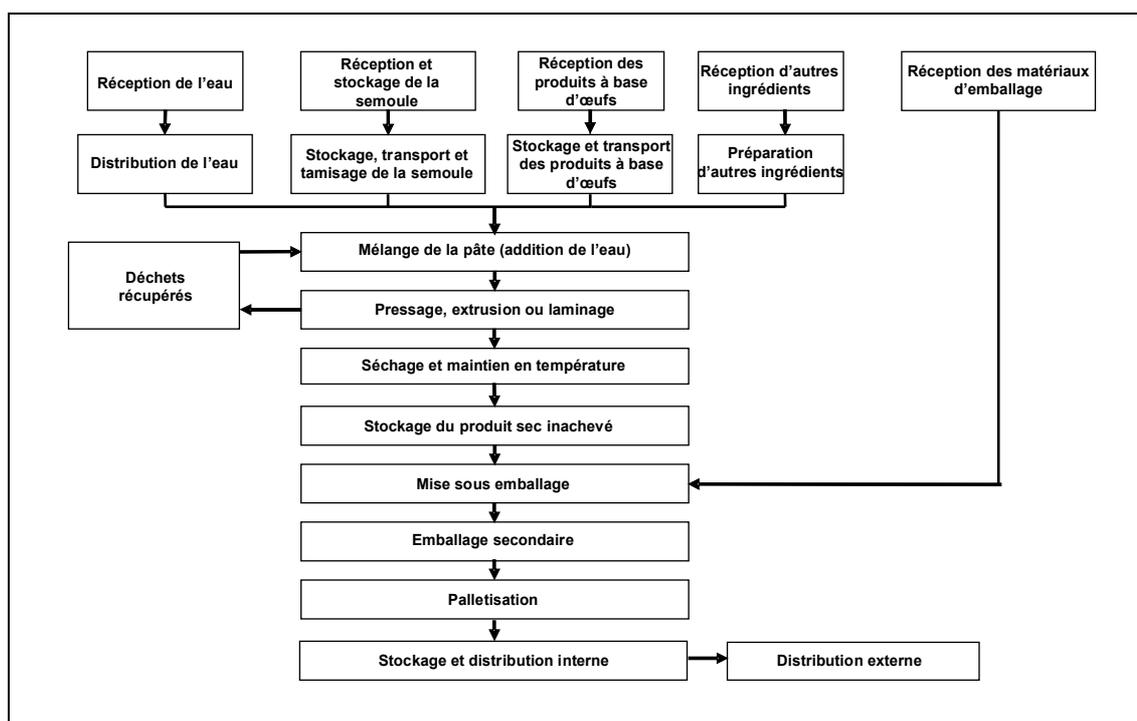


Figure 2.17 : Résumé du procédé de production des pâtes sèches [183, CIAA-UNAFPA, 2003]

2.2.8 Amidon

L'amidon est un hydrate de carbone à masse molaire élevée naturellement présent dans les plantes dont il constitue une réserve énergétique. L'amidon et ses sous-produits servent dans plusieurs secteurs, y compris l'alimentation humaine, l'alimentation animale, le papier et le carton, les textiles, produits pharmaceutiques et les cosmétiques. L'amidon purifié se présente habituellement sous la forme d'une poudre blanche. L'amidon et ses sous-produits peuvent être utilisés dans l'industrie alimentaire pour épaissir, lier, gélatiniser, colorer, empêcher la cristallisation et édulcorer. Les amidons physiquement ou chimiquement traités sont produits spécifiquement pour exhausser certaines propriétés fonctionnelles. L'hydrolyse de l'amidon par de l'acide ou des enzymes donne toute une variété de sirops de sucre appelés édulcorants liquides, que l'on peut aussi sécher et utiliser en confiserie, dans les boissons, l'alimentation des nourrissons, les produits laitiers, boulangers et pâtisseries. L'hydrolyse incomplète donne un mélange de glucose, maltose et de fractions non hydrolysées. Le germe est un coproduit de la fabrication de l'amidon, il peut être utilisé pour produire des huiles. D'autres coproduits sont les fibres, le gluten et la farine dégraissée tous utilisés ou vendus à d'autres fins, y compris l'alimentation animale.

Les principales matières premières utilisées en Europe pour produire de l'amidon et ses sous-produits sont les céréales, c'est-à-dire le maïs, le blé, l'orge et le riz, des variétés dédiées de pommes de terre. Techniquement, chaque entreprise se consacre habituellement à une matière première [10, Environment Agency of England and Wales, 2000, 84, European Starch Association, 2001]. Le présent document ne décrit que la production d'amidon à partir du maïs, du blé et des pommes de terre.

2.2.8.1 Amidon de maïs

La séparation commerciale de l'amidon pur du maïs s'obtient par un procédé de mouture mouillé généralement considéré comme efficace. Ce procédé se déroule dans un système fermé dans lequel l'eau processuelle ressort en circuit fermé. L'addition d'eau douce est limitée à un point du procédé de production.

La matière première est lavée par aspiration et criblage pour retirer la poussière, la menue paille, les grains brisés, les épis et d'autres matières étrangères. Le maïs est trempé dans l'eau additionnée de dioxyde de soufre (SO₂) ou de bisulfite de soude (NaHSO₃) pendant environ 36 heures, au cours d'un procédé connu sous le nom de trempage. Ce trempage retire les matières solubles du maïs, attendrit le grain pour améliorer la séparation des différents composants et freiner l'activité microbienne. Après le trempage, le maïs passe par plusieurs opérations de broyage et séparation jusqu'à ce qu'il ne reste plus que l'amidon et le gluten. Le grain est d'abord grossièrement moulu et les germes sont retirés du grain grossier. Après enlèvement du germe, le grain est moulu finement et les fibres retirées au cours d'une opération de criblage. L'amidon et le gluten sont séparés, généralement au moyen de méthodes de centrifugation. Cet amidon brut est lavé à l'eau potable circulant à contre-courant, dans une série de quatre à six centrifugeuses. A une extrémité, l'amidon brut constitue l'intrant, et l'eau processuelle constitue l'extrait, et à l'autre extrémité, l'amidon raffiné constitue l'extrait et l'eau potable fraîche l'intrant. L'amidon, appelé amidon raffiné à ce stade, est ensuite débarrassé de son eau et séché. L'amidon raffiné présente généralement un taux de pureté de 99 % et se compose de 85 à 88 % de matière solide sèche. L'amidon natif est l'état de l'amidon raffiné avant qu'il ne subisse des modifications physico-chimiques. Le gluten et les fibres sont collectés séparément en tant que coproduits. La Figure 2.18 montre un exemple du procédé d'extraction de l'amidon de maïs.

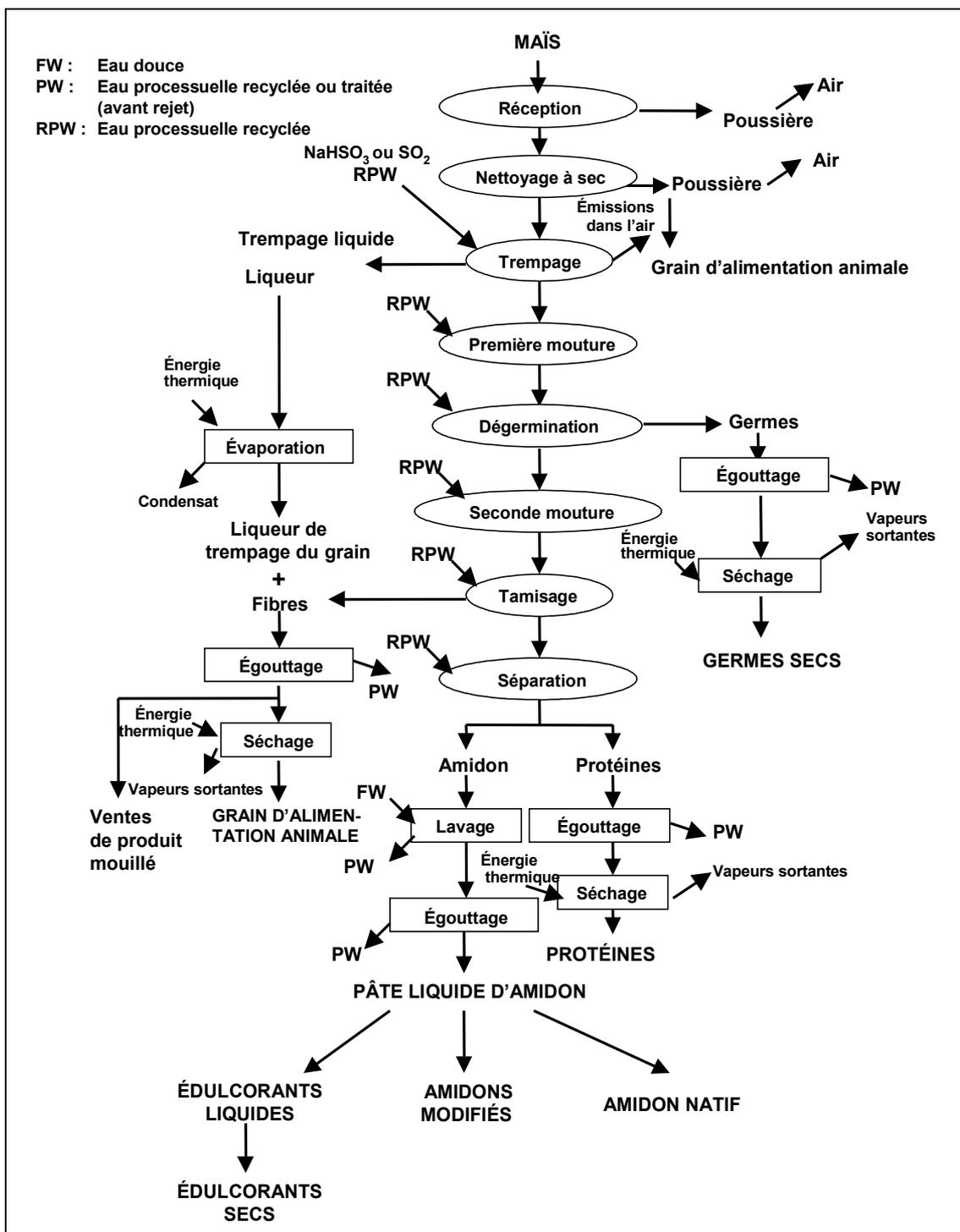


Figure 2.18 : Exemple de procédés de production d'amidon à partir du maïs [84, European Starch Association, 2001]

2.2.8.2 Amidon de blé

La séparation commerciale de l'amidon pur du blé s'obtient par un procédé en deux phases. Dans la première, on moule le grain de blé ou le convertit en farine par un procédé de mouture à sec. La seconde phase sépare ensuite le blé moulu ou la farine en ses différents composants, c'est-à-dire l'amidon, le gluten, les éléments solubles et éventuellement les fibres, au moyen d'un procédé de séparation par voie humide. Le procédé s'effectue dans un système en enceinte dans lequel l'eau processuelle subit un recyclage en circuit fermé. L'eau douce est utilisée à certains stades du procédé. La Figure 2.19 résume un exemple du procédé extractif de l'amidon

de blé. Le procédé consistant à laver l'amidon brut de blé pour produire de l'amidon raffiné est le même que pour l'amidon de maïs (voir la section 2.2.8.1).

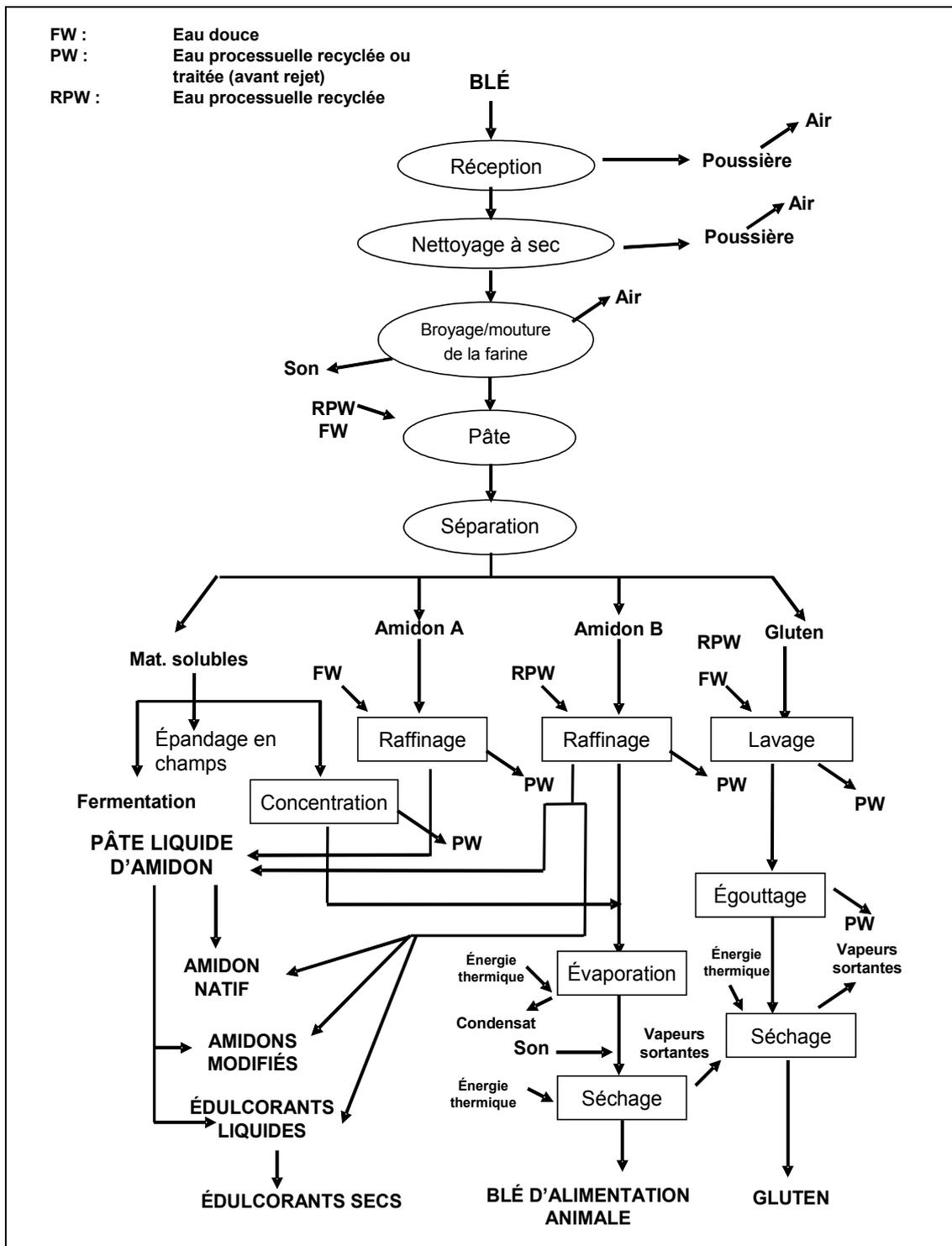


Figure 2.19 : Exemple du procédé de production de l'amidon de blé [84, European Starch Association, 2001]

2.2.8.3 Amidon de pomme de terre

L'extraction de l'amidon de pomme de terre fait appel à un procédé mouillé. Il implique de désintégrer le tubercule en une pulpe ensuite déshydratée et séchée pour donner le produit fini. La fibre et le jus de fruits sont également générés à partir du tubercule. La Figure 2.20 résume un exemple de procédés extractif de l'amidon de pomme de terre. Le procédé consistant à laver

l'amidon brut de pomme de terre pour produire de l'amidon raffiné est le même que pour l'amidon de maïs (voir la section 2.2.8.1).

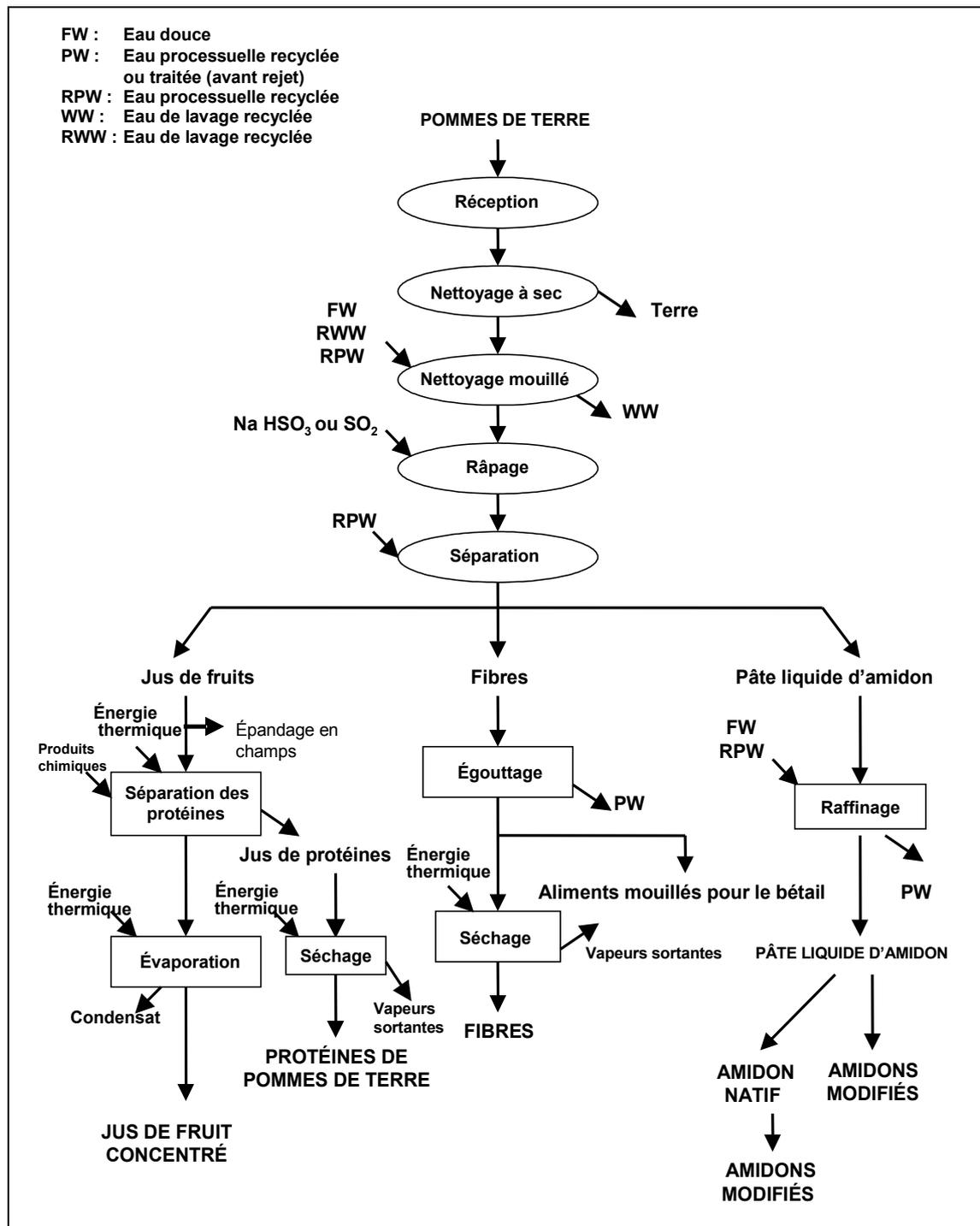


Figure 2.20 : Exemple du procédé de production de l'amidon de pomme de terre [84, European Starch Association, 2001]

2.2.8.4 Édulcorants

La pâte d'amidon constitue la matière première de départ dans la confection des édulcorants ou sirops de sucre. Ces produits sont élaborés en faisant agir des acides, enzymes ou les deux combinés, sachant toutefois que les enzymes sont plus communément utilisés. Dans un procédé typique, on chauffe la pâte d'amidon pour le gélatiniser, puis on le mélange à des acides et/ou des enzymes et le fait réagir dans différents réacteurs de liquéfaction, saccharification et isomérisation. La température est ensuite portée à env. 140 °C. La conversion de l'amidon ne prend que quelques minutes. La pâte est neutralisée et, après plusieurs séquences de purification, c'est-à-dire de séparations des substances insolubles, de déminéralisation et de décoloration, le produit obtenu subit une évaporation. La liqueur est habituellement filtrée et traitée au carbone activé ou avec des résines échangeuses d'ions pour retirer la couleur, la cendre ou les impuretés mineures comme les minéraux par exemple. L'édulcorant liquide qui en résulte peut être vendu comme tel ou séché ou cristallisé pour produire des édulcorants secs.

2.2.8.5 Amidon (physiquement / chimiquement) modifié

Les propriétés de l'amidon natif sont modifiables pour donner de l'amidon modifié. La modification peut avoir lieu à l'aide de produits chimiques, d'enzymes ou physiquement. Les produits chimiques ajoutés peuvent être soit secs soit mouillés, de sorte qu'un séchage final peut être nécessaire. Dans le procédé de modification chimique à sec, on utilise de l'amidon déshydraté et séché. Le produit est de l'amidon chimiquement modifié. Dans le procédé par voie mouillée, la pâte liquide d'amidon, ou l'amidon natif reconverti en pâte liquide est directement envoyé dans le réacteur avec des produits chimiques et la réaction se déroule sous la forme liquide. La pâte liquide qui en résulte peut être lavée et/ou déshydratée avant son séchage. Cet amidon modifié a donc subi un traitement physico-chimique.

2.2.9 Alimentation animale

L'industrie des aliments composés pour animaux comprend deux secteurs distincts : l'alimentation pour animaux d'élevage et l'alimentation pour animaux de compagnie. Les aliments pour animaux d'élevage sont secs de façon prédominante, tandis que les aliments pour animaux de compagnie ont une teneur significative en humidité. Dans ces deux secteurs, la fabrication implique le mélange de toute une gamme d'ingrédients tels que des céréales, sources de protéines, vitamines, minéraux, matières grasses et huiles, pour produire des aliments équilibrés au plan nutritionnel.

Les aliments pour chiens et chats constituent, et de loin, les gammes d'aliments pour animaux les plus importantes. Ces aliments sont classés en fonction de leur humidité, de leurs systèmes de conditionnement et de transformation, et comprennent les aliments humides et semi-humides. Au Royaume-Uni, bien que la plupart des aliments humides représentent actuellement la majeure partie du marché, les aliments semi-humides gagnent de plus en plus en popularité. Les aliments humides ont une teneur en humidité comprise entre 60 et 85 % et leur conservation s'obtient habituellement par la chaleur. Le traitement thermique peut être appliqué avant ou après la mise sous emballage. Les aliments humides peuvent être subdivisés en aliments en conserves, aliments humides premium, fromages de tête et viandes congelées.

2.2.9.1 Aliments pour animaux d'élevage et aliments secs pour animaux de compagnie

Les principaux types d'aliments pour animaux sont les aliments composés. Ils se composent de toute une variété d'ingrédients mélangés. La composition varie suivant le type et l'âge de l'animal à nourrir, mais elle inclut généralement des ingrédients tels que les céréales, les protéines animales et végétales, les sources de fibres, des minéraux et suppléments sous forme de vitamines, antibiotiques et d'autres additifs. Certains de ces ingrédients sont des coproduits et des sous-produits du secteur FDM.

Les matières premières arrivent dans l'installation alimentatrice et peuvent être convoyées pneumatiquement ou transférées mécaniquement vers des silos de stockage en vrac. Certains ingrédients de petite taille, susceptibles d'être rajoutés pendant le procédé, peuvent avoir été envoyés pré-ensachés en quantités appropriées. Les ingrédients sont automatiquement pesés dans des installations modernes et transférés vers des bacs de retenue avant leur broyage, généralement au moyen de broyeurs à marteaux. Après le broyage, les ingrédients sont mélangés de façon homogène et tous les suppléments éventuels sont ajoutés. Le mélange peut sortir sous forme de farine ou d'aliment réduit en purée, ou pressé pour produire des granulés. Plus communément se poursuit la transformation du mélange en granulés alimentaires. On injecte de la vapeur dans l'aliment au cours d'un procédé de conditionnement avant de forcer l'aliment à traverser les trous de la filière de granulation. Les granulés qui en résultent varient en taille suivant l'utilisation prévue. A ce stade de la fabrication, les granulés sont séchés puis refroidis, généralement dans des refroidisseurs dans lesquels les granulés entrent par le haut, de l'air de refroidissement étant de son côté injecté par le bas. Pour compenser la perte d'humidité pendant la granulation, le séchage et le refroidissement, on peut ajouter de l'eau à certains aliments lorsqu'ils se trouvent au stade de la mixtion. Ensuite, les granulés sont soit stockés en vrac soit conditionnés. Certains aliments pour animaux peuvent être enrobés de matière grasse avant la mise sous emballage.

2.2.9.2 Aliments humides pour animaux de compagnie

Les matières premières utilisées dans la production d'aliments humides pour animaux de compagnie sont généralement des coproduits du secteur FDM. Ces coproduits doivent être adaptés à la consommation humaine bien qu'il n'est pas courant qu'on les utilise à cette fin. Les ingrédients doivent inclure des coproduits issus de la transformation de la viande, des grains entiers, des céréales, des arômes, des suppléments vitaminiques et minéraux. Les aliments pour animaux de compagnie sont conçus pour être nutritionnellement équilibrés et pour répondre aux besoins alimentaires du type particulier d'animal concerné.

2.2.9.3 Aliments semi-humides pour animaux de compagnie

Les matières premières utilisées dans la plupart des aliments pour animaux de compagnie sont généralement des coproduits du secteur FDM. Les ingrédients incluent communément des sources de céréales sèches, des suppléments vitaminiques et minéraux ainsi que des pâtes carnées liquides. Les ingrédients sont mélangés, conditionnés et extrudés sous la forme de morceaux de petite taille. Ces morceaux sont ensuite séchés et des extraits de matière grasse ou de viande peuvent être pulvérisés sur la surface. Ce type d'aliment est souvent un aliment multi-composants. Après le séchage, différentes fractions confectionnées de façon similaire sont mélangées pour produire l'aliment fini. L'aliment est ensuite mis sous emballage.

2.2.10 Pain

L'un des principaux produits de boulangerie est le pain. Le pain inclut plusieurs produits de boulangerie et les types varient de façon significative d'un pays à l'autre.

En **France**, environ 80 % du pain est encore produit dans de petites boulangeries. Le pain le plus couramment consommé est la baguette. Sa production mobilise quatre substances de base, à savoir la farine, l'eau, le sel et la levure. Elle représente plus de 50 % de la production de pain français. D'autres spécialités boulangères françaises comprennent le pain de gruau, le pain viennois et les biscottes [87, Ullmann, 2001].

En **Allemagne**, les produits boulangers se subdivisent en deux types. La production de pain autorise un maximum de 10 parts de sucre et/ou de matière grasse pour 90 parts de farine. Les produits contenant plus de 10 parts de sucre et/ou de matière grasse pour 90 parts de farine sont appelés produits de pâtisserie fine ou « feine Backwaren ». Le pain se subdivise en cinq principaux groupes :

- Pains de blé, contenant au moins 90 % de blé.
- Pains mixtes de blé et seigle, contenant au moins 50 % de blé
- Pains mixtes de seigle et blé, contenant au moins 50 % de seigle
- Pains de seigle, contenant au moins 90 % de seigle
- Spécialités boulangères.

Chacun des quatre premiers groupes a été établi sur la base des proportions de blé et de seigle dans la formule. Chaque groupe se subdivise à son tour en sous-groupes, en fonction des matières premières moulues utilisées, par exemple du pain à la farine d'un taux d'extraction bas, le pain à la farine et le pain à la farine entière. Des pains spécialités peuvent également être préparés. Ils contiennent des grains non boulangers comme l'avoine, l'orge, le riz et le maïs ; des matières premières d'origine végétale telles que des graines oléagineuses, des germes et des raisins secs, des matières d'origine animale comme le lait, le beurre, le yaourt et le petit-lait. Ils peuvent sinon être confectionnés à l'aide de techniques de cuisson spéciales, par exemple dans des fours chauffés au bois, des fours à vapeur ou des fours en pierres. Sur la consommation totale de pain allemand, environ 15 % a lieu sous la forme de petits pains, et cette part va croissant. Récemment, les pains à grains sans vocation boulangère sont devenus très populaires. De même, la production des pains noirs tels que les pains à la farine entière va en augmentant [87, Ullmann, 2001].

Le pain à sandwich généralement consommé au **Royaume-Uni** est un pain d'un grand volume, d'une texture moelleuse, la structure de sa mie est finement poreuse et il se caractérise aussi par des propriétés de longue conservation. Les spécialités boulangères comprennent les pains aux germes additionnés de 10 à 25 % de germes de blé et les pains à forte teneur en protéines, contenant du gluten de blé, du lait et parfois des protéines de soja. Le pain de malt produit au Royaume-Uni est un pain collant, sucré et foncé, également susceptible de contenir des morceaux de fruits secs. Le pain de seigle consommé au Royaume-Uni se compose habituellement d'un mélange 50:50 de farine blanche de blé et de farine de seigle. [87, Ullmann, 2001].

Pour fabriquer du pain, on combine de la farine, de l'eau, du sel et de la levure. Le blé est le grain céréalier le plus important qui soit produit et négocié dans le monde pour produire du pain et d'autres produits boulangers/pâtisseries. La production commerciale de pain peut aussi impliquer l'ajout d'agents de conservation et d'additifs destinés à améliorer la saveur, la texture et empêcher la croissance microbologique. La fabrication de la majorité des produits boulangers/pâtisseries contenant de la farine de blé commence par un mélange d'ingrédients afin de former une pâte. Pendant la mixtion, il est nécessaire d'incorporer de l'air dans la pâte pour obtenir un pain cuit d'un bon volume, d'une structure et d'une texture satisfaisante. Tandis que la pâte devient cohésive, elle commence à incorporer de l'air et du même coup sa densité diminue.

Après la fermentation en vrac, la pâte est partagée en morceaux individuels faisant la taille d'un pain, puis on laisse à la pâte le temps de reposer avant de la mouler. L'opération de moulage est essentiellement une opération d'abaissement en feuille suivi d'une ondulation avec roulage et application de pression. Tandis que la pâte est abaissée en feuille, c'est-à-dire qu'elle passe entre deux rouleaux pour l'aplatir au cours des différents procédés, il faut que cet abaissement ait lieu dans des directions différentes. La préparation mécanisée de la pâte dans une seule direction alignerait les fibrilles protéiques et donnerait une pâte mécaniquement solide dans une direction mais fragile dans la direction opposée de 90° à celle dans laquelle la feuille a été abaissée. Après le moulage, le pain est prêt pour la levée. Elle se déroule habituellement à 30-35 °C et avec un taux d'humidité relative de 85 %. Vu que maintenant les propriétés de viscosité-fluidité de la pâte sont limitées, elle remplit le moule par expansion. La levée prend entre 55 et 65 minutes ; la pâte augmente fortement de volume. Après la levée, la pâte est prête pour la cuisson.

Les temps et températures de cuisson ainsi que les profils de températures de cuisson varient très fortement, ceci dépendant du type de pain. Ainsi par exemple, la cuisson d'un pain de blé prend entre 35 et 40 minutes à 220 – 230 °C. Au Royaume-Uni, la cuisson se déroule normalement à une température comprise entre 220 et 270 °C, pendant 21 à 30 minutes. La chaleur est transférée directement ou indirectement au pain. La source d'énergie la plus

courante est la combustion de gaz naturel, bien que l'électricité puisse aussi être utilisée. Les gaz de combustion et matières volatiles provenant du four s'échappent via un conduit de cheminée. Après le refroidissement, le pain peut être découpé en tranches avant d'être enveloppé prêt pour la distribution.

Les méthodes typiques de panification recourent à la pâte directe, le levain-levure, le levain et le procédé de Chorleywood.

Dans le procédé à pâte directe, on la laisse fermenter 2 à 3 heures. Après fermentation, la pâte est partagée en morceaux faisant la taille d'un pain, arrondie en boule que l'on laisse lever entremis pendant 10 à 20 minutes, puis elle est mise en moule et en récipient de cuisson.

Dans le procédé à levain-levure, on prépare la pâte à l'aide d'environ 65 % de farine, d'eau et de levure. On se contente de mélanger la pâte juste ce qu'il faut pour avoir une mixture uniforme et on la laisse fermenter 3 à 4 heures. Après la fermentation, la pâte retourne au mélangeur où on lui incorpore les ingrédients restants de la recette. A ce stade, la pâte est malaxée pour en obtenir un développement optimal. Après malaxage, on laisse la pâte reposer 15 à 20 minutes.

L'utilisation du procédé au levain est la méthode de panification traditionnelle à l'agent levant. Les pâtes à pain contenant d'assez fortes proportions de farines de différentes qualités requièrent plus d'acidification que ne permet d'en obtenir un procédé au levain. Pendant la fermentation au levain, une microflore typique se développe, comprenant les bactéries *lactobacilli* de l'acide lactique, et des levures. Différents procédés au levain tels que les procédés multi-séquences, à deux et une séquence variant entre 2 et 24 heures ont été conçus pour accroître la croissance des levures et des bactéries de l'acide lactique pour conférer au levain l'acidité finale requise et plus spécialement le rapport acide lactique / acide acétique voulu, et parvenir à la consistance de pâte requise. On ajoute souvent de la levure de boulanger, *Saccharomyces cerevisiae* pour accélérer le procédé de fermentation. Par conséquent, la période de levée du pain au levain est longue, de l'ordre de plusieurs heures. La production de pain de seigle requiert une acidification.

Au Royaume-Uni, la majorité des boulangers commerciaux utilisent le procédé de Chorleywood. Dans ce procédé, la mixtion de la pâte et son développement se déroulent en une seule opération, en présence d'un agent oxydant tel que de l'iodate de potassium, du bromate de potassium ou de l'acide ascorbique. Ce procédé requiert une farine de blé de haute qualité avec une teneur protéique de 12,5 % de matière sèche, assortie à un haut niveau d'endommagement de l'amidon, donc une absorption élevée de l'eau. A ce stade, on mélange un améliorateur oxydant, gras ou émulsifiant, un supplément d'eau et de la levure. L'ensemble du procédé de mixtion et de développement dure entre 2 et 5 minutes. Tous les systèmes opérant sur une courte durée requièrent des teneurs élevées en agents oxydants. Les ingrédients de la pâte sont mélangés avec un apport intensif d'énergie et transférés dans une trémie dans laquelle on pulvérise parfois de l'huile. On partage la pâte en morceaux de la taille d'un pain. A ce stade, la pâte reçoit un arrondi préliminaire. On la laisse reposer ensuite (première levée), avant de lui conférer un moulage finale et de la placer normalement dans des boîtes. Ces dernières peuvent avoir été chemisées d'huile pulvérisée avant le remplissage. On laisse la pâte fermenter une seconde fois et il peut arriver qu'on la coupe avant la cuisson.

2.2.11 Confiserie / Pâtisserie

2.2.11.1 Biscuits

Les principaux ingrédients utilisés dans la fabrication des biscuits sont la farine de blé, la matière grasse et le sucre. L'eau joue un rôle important dans le procédé de biscuiterie mais la cuisson en retire la majeure partie. Les produits cuits sont normalement décorés et l'on utilise aussi des ingrédients tels que les fruits secs et mouillés, la crème et la crème anglaise.

Il existe deux types fondamentaux de pâtes : les pâtes dures et les pâtes courtes. Quel que soit le type de pâte, les séquences processuelles fondamentales entrant dans la confection des biscuits sont la mixtion de la pâte, la formation de morceaux de pâtes, la cuisson, le refroidissement et la mise sous emballage. Les méthodes utilisées à chaque séquence varient considérablement suivant le type de produit. Les matières premières sont habituellement reçues en vrac et dosées automatiquement avant leur entrée dans des pétrins. Les ingrédients en petites quantités tels que le sel et le bicarbonate de soude peuvent être pesés et ajoutés à la main. Les ingrédients sont incorporés les uns dans les autres puis, dans le cas des pâtes dures, mélangés dans le but de favoriser un réseau de gluten dans la pâte. Dans le cas des pâtes courtes, la mixtion est conçue de sorte à limiter délibérément le développement du gluten. La formation des morceaux de pâte varie en fonction du type de biscuit. Les crackers et biscuits mi-doux sont découpés dans des feuilles continues de pâte dure passée au rouleau. Les crackers requièrent une transformation considérable vu qu'ils se développent dans une série de couches minces. La plupart des pâtes courtes sont formées par moulage rotatif, mais les pâtes molles destinées aux biscuits sont habituellement découpées au fil. Les biscuits passent au four, des fours tunnels d'habitude. Les temps et températures peuvent varier en fonction du produit. Les fours peuvent être à chauffage direct ou indirect, au gaz ou électrique. Les biscuits cuits sont mis à refroidir puis conditionnés ou transférés vers une transformation secondaires, par exemple la dépose de garnitures crémeuses. Les crackers peuvent recevoir un aérosol d'huile immédiatement après la cuisson. Le refroidissement s'obtient généralement en transportant les biscuits sur convoyeur autour de l'installation pendant une période fixe.

2.2.11.2 Cakes

Les principaux ingrédients utilisés dans la fabrication des cakes sont la farine de blé, la matière grasse, les œufs, le sucre, la poudre de lait, les agents de sapidité aqueux et les agents levants. Les cakes sont généralement fabriqués en utilisant soit la méthode de la pâte à frire sucrée, soit celle de la pâte à frire à base de farine. Dans la première méthode, on mélange la matière grasse et le sucre en crème et l'on ajoute les œufs par séquences. Plusieurs ajouts alternés de farine et de liquide ont lieu pendant la mixtion. Dans la méthode avec la pâte à frire à base de farine, on mélange la matière grasse et la farine. Les œufs et le sucre sont battus ensemble puis incorporés par séquences à la matière grasse et à la farine. Les quantités de liquide requises sont ensuite ajoutées en petites quantités au fur et à mesure que la mixtion avance.

Dans les systèmes de mixage continus tels que les mélangeurs à cake Oakes et Mondo, on mélange les ingrédients de façon préliminaire puis on les introduit sous la forme d'un flux continu et plat dans la tête du mixeur. Le mélange haute vitesse « tout inclus » des cakes s'utilise de plus en plus. Dans cette méthode, on ajoute tous les ingrédients sauf les fruits et un certain quantum de mixtion s'accomplit. Les fruits sont ajoutés sous forme de bouffées brèves.

Les pâtes à frire sont généralement déposées dans des plateaux enduits d'huile pulvérisée ou sur des feuilles continues pour les produits tels que les gâteaux suisses. Après la cuisson, les cakes sont retirés des moules puis mis à refroidir. Les moules vides sont nettoyés, rincés, séchés puis mis à refroidir.

2.2.11.3 Cacao

Le cacao buvable se compose généralement de poudre de cacao, de vanilline, de cannelle, sel, cassia et d'autres épices en poudre. Les fèves de cacao brutes sont réceptionnées et soumises à une série d'opérations de lavage pour en retirer les corps étrangers tels que les fibres, pierres, gravillons, métaux, amas de grains et grains non mûrs. Ces deux dernières formes de grains peuvent servir à confectionner le beurre de cacao. Les grains sont ensuite torréfiés. Les conditions de torréfaction varient suivant l'équipement et le produit désiré, mais sont généralement situées dans une plage de 100 à 140 °C pendant 4 à 6 minutes. Les grains entiers ou les fragments séparés peuvent être torréfiés.

Le vannage sert à séparer la coquille extérieure de la fève des nibs comestibles et consiste généralement à fendre les fèves torréfiées entre des rouleaux, opération suivie d'une classification pneumatique pour retirer les fragments de coquilles. Les parties comestibles sont broyées pour produire de la liqueur de cacao dont des moulins à broyer, refroidis par eau, réduisent plus encore la taille des particules. La taille des particules joue un rôle important dans la fabrication des boissons chocolatées, mais moins important dans celle du chocolat vu que ce dernier requiert un raffinage plus poussé. La liqueur ou les nibs comestibles des grains torréfiés ou non peuvent être soumis à un procédé appelé alcalinisation qui a pour but d'améliorer la distribuabilité de la poudre de cacao dans le lait ou dans l'eau lorsque utilisé dans les boissons. Ce procédé sert également à modifier la teinte du cacao. Seuls des acides, alcalis et émulsifiants autorisés peuvent être utilisés dans ce procédé.

La poudre de cacao est produite par pressage hydraulique de la liqueur de cacao pour en exprimer le beurre de cacao et pour abaisser la teneur en graisse du tourteau de pressage jusqu'au niveau voulu. Le beurre de cacao ainsi exprimé entre dans la fabrication du chocolat. Le tourteau de pressage est pulvérisé pour produire de la poudre de cacao. Le produit fini est ensuite mis sous emballage.

2.2.11.4 Chocolat

Les ingrédients de base entrant dans la fabrication du chocolat comprennent la liqueur de chocolat, le sucre, d'autres édulcorants, le beurre de cacao, la matière du beurre, la poudre de lait, la mie au lait et les émulsifiants. Les opérations de base impliquées dans la production de chocolat sont la préparation et la mixtion d'ingrédients, le raffinage et le conchage. Le conchage implique d'agiter la matière raffinée, dans le but d'induire des changements physiques désirables dans le produit final et pour améliorer la saveur. Traditionnellement, la production de chocolat avait lieu dans un appareil appelé mélangeur et qui intègre toutes les séquences impliquées. Toutefois, les mélangeurs sont de plus en plus remplacés par des machines spécialisées de grande taille.

La séquence de raffinage, dans la fabrication du chocolat, sert à réduire la taille des particules solides de cacao dans le mélange, ce qui permet de conférer une consistance onctueuse au mélange. On y parvient en faisant passer le mélange à travers des rouleaux montés verticalement et qu'il faut refroidir par eau pour empêcher les distorsions engendrées par la chaleur frictionnelle. Un certain nombre de systèmes sont disponibles pour concher, activité spécialisée destinée à induire des changements complexes dans le chocolat. Le traitement du chocolat au lait dans une conche opérant par charges successives prend un peu plus d'un jour, tandis que les systèmes modernes, opérant en continu, parviennent au même résultat en environ 4 heures. Le chocolat fini est généralement stocké en vrac et doit être thermostaté par un cycle de refroidissement et d'échauffement avant utilisation finale.

Les produits chocolatés peuvent être produits en versant le chocolat dans des moules, opération suivie d'un refroidissement et du démoulage. De telles méthodes peuvent être utilisées pour produire des blocs de chocolat solides ou des coquilles pouvant être vides ou remplies d'une préparation pâtissière comme le fondant. A titre d'alternative, le chocolat liquide peut servir comme confiserie d'enrobage, dans des unités dénommées enrobeuses.

2.2.11.5 Bonbons en sucre cuit

Les bonbons en sucre cuit sont des solutions hautement concentrées de sucre, de sirop de glucose et parfois de sucre inverti, et qui contiennent des saveurs ajoutées. Ces solutions arrivent dosées dans des dissolveurs opérant en continu. Le mélange alimente des cuiseurs différemment conçus comme les cuiseurs à film fin, des cuiseurs à serpentin et des cuiseurs sous vide à charges successives. L'eau s'évapore rapidement du sirop, lequel est ensuite déchargé et en partie refroidi par évaporation. La pâte sucrée bouillie est transférée vers des tables refroidies par eau et des acides, saveurs et couleurs sont ajoutés à la pâte partiellement refroidie, ceci dans un procédé par charges successives ou continu. Le mélange est ensuite transféré au machinisme

de moulage. Les bonbons ainsi moulés sont refroidis puis enveloppés le plus rapidement possible dans des emballages résistants à l'humidité.

2.2.12 Sucre

Le sucre (sucrose) est produit à partir de deux sources principales, la betterave sucrière et la canne à sucre. Les betteraves tendent à être cultivées en Europe et la canne à sucre dans les climats assez chauds [134, AWARENET, 2002], tels que celui des Antilles, cas dans lequel l'extraction n'a pas lieu en Europe. Le sucrose est également disponible sous forme liquide aqueuse, dans certains partiellement ou entièrement inverti. Les cristaux de sucre peuvent être moulus pour confectionner des sucres en poudre ou sucres de confiseur. Des agents anti-agglomérants tels que l'amidon de maïs peuvent être ajoutés pour préserver la libre coulabilité de ces sucres.

2.2.12.1 Extraction du sucre de la betterave sucrière

En général l'extraction du sucre, de la betterave et de la canne à sucre, est similaire. On découpe les betteraves en tranches appelées cossettes. On les fait passer dans un appareil d'extraction à base d'eau à contre-courant appelé diffuseur, et elle ré-émergent sous forme de jus de sucre impur et de pulpe de betterave. L'eau douce utilisée dans le procédé d'extraction est en fait de l'eau condensée provenant des séquences d'évaporation subséquentes associée à de l'eau en recirculation issue du pressage de la pulpe. La température à l'intérieur du diffuseur est comprise entre 68 et 72 °C.

On utilise trois types de diffuseurs. Les diffuseurs horizontaux sont de grands tambours rotatifs séparés en cellules par une hélice fixée contre la surface intérieure. Tandis que le tambour et l'hélice tournent, le jus, qui demeure au fond du récipient, est transporté en sens opposé de celui des cossettes, ceci signifie que la pulpe de betterave épuisée quitte le diffuseur par la même extrémité que celle par laquelle l'eau neuve entre. Les diffuseurs verticaux se composent d'un extracteur et de deux parties principales et distinctes, à savoir le mélangeur à contre-courant et la tour d'extraction. La tour est en fait un cylindre de 14 à 20 mètres de haut. A l'intérieur de la tour, un arbre tubulaire tourne lentement. Des pièces hélicoïdales spéciales ou volées, en acier, sont fixées contre l'arbre et font monter les cossettes. Le jus et les cossettes se déplacent chacun en sens opposé. Les diffuseurs à pente se composent essentiellement d'un récipient incliné en forme de U, dans lequel tournent deux vis sans fin en chevauchement à pas de sens opposés. Les cossettes fraîches tombent d'un tapis convoyeur dans l'extrémité basse. Les cossettes sont transportées vers le haut par deux vis, en direction d'une roue à aubes qui élève les cossettes épuisées pour les faire sortir de l'extracteur. L'eau douce est introduite à l'extrémité supérieure et le jus de sucre quitte l'extracteur par un crible situé à l'extrémité inférieure.

Le procédé de cristallisation se déroule dans des poêles dans lesquelles ont fait bouillir le jus sous vide pour réduire les températures impliquées. La croissance des cristaux de sucrose ne requiert que du sucrose et de l'eau seulement. Les non-sucres contenus dans le jus de sucre ne sont pas incorporés dans la structure cristalline, et la plupart d'entre eux restent en phase liquide tandis que certains sont libérés vers la phase vapeur. Les cristaux de sucre sont retirés de la phase liquide par centrifugation.

Le sucre à stocker dans des silos doit être dépoussiéré et refroidi jusqu'à la température de stockage. Ceci a lieu dans un refroidisseur de sucre, dispositif dans lequel le sucre chaud et sec subit une aération intensive au moyen d'air froid extérieur filtré destiné à refroidir le sucre jusqu'à la température de stockage, comprise entre 20 et 30 °C environ. Les systèmes les plus couramment utilisés sont généralement des refroidisseurs à tambour ou à lit fluidisé équipés de systèmes d'application de froid vif à flux de phases en contre-courant ou en courants tangentiels.

2.2.12.2 Canne à sucre

Le sucre de canne brut est habituellement séparé, purifié et cristallisé dans le pays d'origine. Le sucre de canne, qui se trouve dans un état raffiné brut, subit un traitement final lorsque transféré dans le pays utilisateur.

2.2.12.3 Raffinage du sucre

Le sucre brut contient généralement un minimum de 96 % de sucrose. Les cristaux impurs, à mélasse adhérentes, sont incorporés dans une solution saturée de sucre pour adoucir le film de mélasse superficiel qui peut être ensuite retiré par centrifugation. Le sucre en partie transformé est dissous dans des liqueurs récupérées, par exemple les eaux légères provenant du procédé de raffinage. S'ensuit la carbonation qui est un traitement impliquant du lait de chaud et du dioxyde de carbone. Ceci produit un précipât contenant des impuretés telles que des pectines et protéines, et retire les impuretés en suspension telles que les cires, les gommes et les amidons. Le sirop de sucre est filtré et décoloré à l'aide de résines échangeuses d'ions et de carbone activé pour produire une liqueur fine susceptible d'être vendue comme produit fini ou de passer ensuite par un procédé de cristallisation.

On concentre cette fine liqueur par évaporation pour produire un sirop chargé d'environ 60 à 70 % de solides, connu sous le nom de jus épais. Le jus est filtré et transféré dans des poêles sous vide. Lorsque la liqueur est légèrement sursaturée, on ensemence le jus avec du sucre glace fin pour déclencher la cristallisation. On sépare le mélange par centrifugation pour en extraire le sucre cristallin que l'on fait ensuite sécher, conditionne en vue de sa mise sous emballage ou charge en vrac. Chaque contenu de poêle amené à ébullition donne environ 50 % de sucre disponible.

La liqueur séparée pendant la centrifugation, également appelée le jet, est portée à nouveau à ébullition en vue d'une poursuite de l'extraction. Trois ébullitions donnent du sucre blanc. Une quatrième ébullition donne du sucre blanc industriel. Le quatrième jet et la liqueur issue de l'incorporation, vont dans une installation de récupération au moyen de trois ébullitions supplémentaires qui donneront des sucres roux, lesquels retournent au départ du procédé de raffinage et sont traités en tant que sucre brut. Différents produits intermédiaires issus des jets un à quatre et les sirops correspondants provenant de la récupération et de l'ébullition sont vendus comme matières de départ des sirops tels que les mélasses de différentes qualités. Certaines mélasses sont parfois utilisées dans l'alimentation animale, la fermentation alcoolique et un certain nombre de produits non alimentaires.

2.2.13 Café

Les cafés commerciaux poussent sous les climats tropicaux et subtropicaux, sur des sites dont l'altitude peut atteindre 1 800 mètres. Les cafés en provenance de différentes régions productrices présentent des saveurs caractéristiques différentes. Les principales séquences dans la fabrication du café sont le mélange, la torréfaction, la mouture et la mise sous emballage. Le café instantané est élaboré à partir d'un extrait aqueux de café torréfié moulu. La torréfaction du café et la production de café instantané sont des procédés à forte intensité énergétique.

2.2.13.1 Torréfaction du café

Les grains de café vert sont réceptionnés et triés pour en retirer les matières étrangères. Les cafés de différentes variétés ou sources sont mélangés avant ou après la torréfaction. Cette dernière a habituellement lieu dans des cylindres rotatifs, au moyen de gaz de combustion chauds. La température finale des grains est comprise entre 200 et 220°C. Une extinction à l'eau ou à l'air termine la torréfaction. La majeure partie de l'eau ajoutée s'évapore sous l'action de la chaleur contenue dans les grains. Les systèmes à lits fluidisés peuvent grandement réduire les temps de torréfaction, laquelle passe de 8 – 15 minutes à 1 – 3 minutes. Le café fini est transféré dans des soutes de stockage. Tous les corps étrangers résiduels sont retirés avant la mouture, en règle générale par des méthodes de classification pneumatique. La plupart des cafés sont moulus entre des rouleaux de coupe en acier striés dans le sens longitudinal et sur leur circonférence. Les rouleaux à fendre brisent les grains avant leur envoi dans une nouvelle série de rouleaux.

Pour les moutures fines, le café peut passer dans d'autres jeux de rouleaux, reçoit des stries dans chaque paire subséquente de rouleaux et devient de plus en plus fin au fur et à mesure que le café se déplace à travers le système. En Europe, le café torréfié et le café moulu sont généralement emballés sous vide dans des sachets en feuilles souples laminées de plastique.

2.2.13.2 Café instantané

Le café instantané est soumis à une transformation similaire, à savoir le mélange, la torréfaction et la mouture, bien que les détails de la transformation tels que la taille des particules après la mouture puissent différer. Pendant l'extraction du café destiné à la production du café soluble, l'eau constitue le solvant d'extraction. Le café grossièrement moulu est extrait dans une batterie de colonnes de percolation opérant par charges successives. Le procédé se déroule de façon semi-continue, l'eau circulant à contre-courant du café, en partant de la cellule la plus extraite, en direction de la cellule seulement remplie de café fraîchement torréfié et moulu.

L'extrait est récupéré de la cellule fraîche ou cellule la moins extraite. L'une des conséquences de l'utilisation de hautes températures est qu'il faut maintenir le système sous pression, de sorte que les cellules individuelles et les tuyauteries associées doivent être conçues en conséquence. Une fois qu'une charge de matières solides a été extraite, la cellule épuisée est séparée du train puis le marc épuisé est déchargé. En même temps, une cellule contenant du café fraîchement torréfié et moulu est ajoutée au train. Le rendement d'extraction s'exprime sous forme de quantité solide sèche et hydrosoluble de café torréfié, en pourcentage de café torréfié (poids sec). Des rendements compris entre 40 et 56 % sont réalisables. Certains fabricants utilisent le vide pour concentrer l'extrait. Ce dernier est séché, généralement par atomisation et par lyophilisation. La poudre peut être agglomérée pour en améliorer la solubilité.

Pendant l'extraction des matières solides présentes dans le café torréfié, une grande quantité de marc de café est produite en plus de l'extrait fluide de café. Ce marc sert de combustible dans des installations de chauffage à grilles spéciales. Le café moulu sert de combustible spécial utilisé de façon équilibrée avec le fioul de chauffage et le gaz naturel.

Les paragraphes ci-après décrivent la fabrication du café instantané en prenant pour exemple une installation produisant 18 000 tonnes de café vert par an. La Figure 2.21 contient un diagramme du procédé.

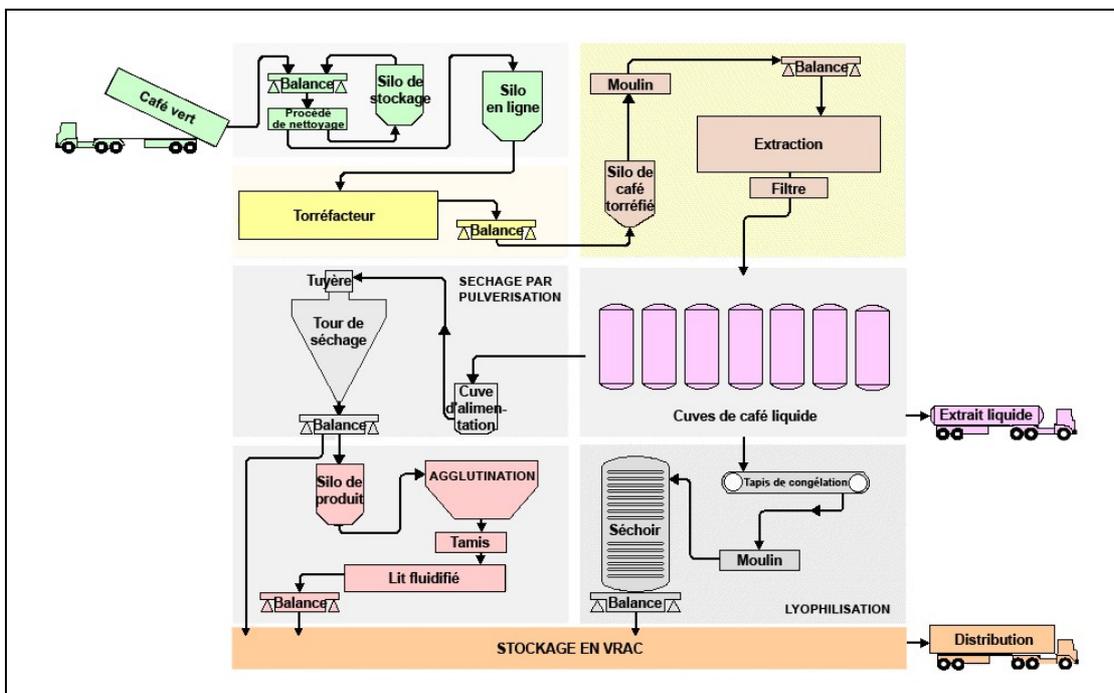


Figure 2.21 : Élaboration du café instantané

Le café vert entrant est pris en charge par des trémies de décharge et nettoyé mécaniquement par criblage et séparation pneumatique avant d'atteindre les silos. Le café cru est torréfié pour permettre d'apprécier ses arômes et saveurs caractéristiques. Ensuite, on moule les grains de café et leur ajoute de l'eau très chaude pour produire un extrait. L'extrait subit une clarification et concentration. Une partie quitte la société transformatrice sous cette forme désormais liquide. Elle est transportée en camion citerne vers d'autres installations qui poursuivront sa transformation.

La séparation extrait – eau peut avoir lieu au moyen du séchage par atomisation ou de la lyophilisation. Le séchage par atomisation se déroule dans un tour haute de 30 mètres. L'extrait liquide de café produit pendant l'extraction est injecté au sommet, les gouttes chutent et atteignent une zone très chaude où leur eau en est extraite. Le produit se dépose sec et pulvérulent sur le sol d'où on l'enlève ensuite. La chaleur utilisée est récupérable en partie au moyen d'échangeurs thermiques à contre-courant. De même, l'eau utilisée dans le procédé d'extraction peut être collectée après le séchage en vue de sa réutilisation pendant la production.

Après le séchage, une partie du produit fini est transporté vers la granulation / l'agglomération. Avec l'aide des procédés d'agglomération, les particules de poudre d'une granulométrie fine créées pendant le séchage se combinent entre elles pour former des particules plus grossières. Les particules sont humectées par addition de vapeur et d'eau, puis agglomérées sur des surfaces rotatives ou tapis. Pendant ce procédé, on augmente à nouveau la teneur résiduelle en humidité des produits, de sorte qu'un séchage subséquent dans des séchoirs vibrants est nécessaire.

Pendant la lyophilisation, on congèle d'abord l'extrait et en réduit la taille. Au cours de la séquence de séchage suivante, l'humidité est extraite sous un vide poussé. La congélation de l'extrait dicte le recours à des températures extrêmement basses, par exemple < à -50 °C. Dans l'installation prise comme exemple, la température est générée dans des groupes frigorifiques à adsorption d'ammoniac pour éviter d'utiliser les chlorofluorocarbones. L'enlèvement de la glace a lieu sous vide. La vapeur est évacuée des chambres de séchage au moyen de pompes à vide spéciales à hautes performances. L'air sortant de ce procédé contient, outre les ingrédients volatiles du café, également certaines quantités d'huile provenant du système de pompage. Les brouillards d'huile sont interceptés dans des filtres à huile et le quantum d'huile ainsi séparé est remis en circulation. Ce procédé donne au final un produit en forme de granulé.

Et enfin, les produits instantanés séchés sont mis en vrac sous emballage, par exemple dans des conteneurs en aluminium et dans des big bags de 350 à 400 kg approximativement, et préparés en vue de l'expédition.

2.2.13.3 Café décaféiné

Les grains de café vert sont humectés par de la vapeur ou de l'eau jusqu'à atteindre une teneur en humidité d'environ 20 %. Des solvants sont ensuite utilisés pour extraire la caféine de grains mouillés. La décaféination du café a lieu par extraction à l'aide d'agents décaféinants tels que l'eau ou un autre solvant tel que le chlorure de méthylène, les huiles du café, l'acétate d'éthyle ou le CO₂ supercritique. Les rendements d'extraction de la caféine peuvent atteindre 97 %. On recourt à l'application de vapeur ou au fractionnement pour retirer le solvant des grains. On peut faire la distinction entre deux principales méthodes de décaféination : la méthode directe et la méthode indirecte.

La décaféination au solvant constitue la méthode directe. Dans cette méthode, on utilise des solvants tels que le chlorure de méthylène, les huiles de café, l'acétate d'éthyle ou le CO₂ supercritique. Les principaux paramètres processuels sont la température et le temps. Ils varient en fonction du type de café et du type de solvant. Lorsque par exemple on utilise l'huile de café comme agent décaféinant, le procédé peut prendre entre 6 et 9 heures à 95 - 105°C, tandis que le CO₂ supercritique s'utilise sous haute pression, entre 40 et 80 °C, pendant 5 à 30 heures. Le Tableau 2.14 résume le procédé.

	Action	Effet
1	On commence par faire tremper les grains de café dans l'eau et la vapeur	Les grains gonflent de 30 à 40 %
2	Ajout d'un agent décaféinant aux grains mouillés	L'agent solubilise la caféine présente dans les grains
3	Retrait de l'agent par évacuation ou chasse de celui-ci à la vapeur	L'agent et 97 % de la caféine sont retirés des grains.
4	Les grains sont séchés à l'air chaud ou sous vide	Les grains sont secs et désormais prêts pour la torréfaction

Tableau 2.14 : Procédé de décaféination au solvant

La décaféination constitue la méthode indirecte. Dans cette méthode, l'eau sert de solvant d'extraction. Ce procédé est décrit au Tableau 2.15.

	Action	Effet
1	On commence par faire tremper les grains de café dans l'eau et la vapeur	L'eau extrait la caféine mais aussi certains solides solubles du café
2	On sépare les grains de la solution aqueuse	L'extrait d'eau contenant la caféine et les solides du café sont séparés
3	L'extrait d'eau passe sur un lit de charbon de bois activé. On peut aussi utiliser un solvant comme le chlorure de méthylène par exemple à la place du carbone activé.	La filtration au carbone activé ou le chlorure de méthylène retire la caféine de la solution. Les solides du café restent dans la solution aqueuse.
4	On concentre l'extrait décaféiné et le renvoie aux grains préséchés décaféinés	Les grains et les solides du café, désormais débarrassés de leur caféine, sont prêts pour la torréfaction

Tableau 2.15 : Procédé de décaféination à l'eau

2.2.14 Levure

Les levures sont des champignons unicellulaires entrant dans une vaste gamme de procédés de fermentation tels que la boulangerie / pâtisserie, la brasserie, la vinification et la préparation des spiritueux. La levure est habituellement fournie aux producteurs de denrées alimentaires soit sous une forme émietée / comprimée, soit sous forme de levure sèche active. Bien que les méthodes varient, les séquences essentielles de la transformation conventionnelle sont décrites comme suit :

La propagation prend environ 6 à 8 jours à une échelle commerciale, à l'aide de propagateurs d'une contenance comprise entre 91 000 et 227 000 litres. La production de levures implique à l'origine une série de propagations à petite échelle. La levure produite à chaque séquence sert à ensemencher la propagation subséquente. Les ingrédients généralement ajoutés au fermenteur sont les suivants : mélasses de canne et de betterave, mélangées et clarifiées avant l'ajout ; ammoniac ; acide phosphorique ; vitamines ; sels minéraux et agents démoussants. L'aération du fermenteur joue un rôle essentiel dans l'obtention d'une croissance optimale. L'air est introduit sous forme de bulles à travers une série de tubes parallèles fixés au fond du récipient. Dans les récipients agités, l'air est introduit d'habitude à travers une « pomme d'arrosage » en forme de beignet rond, situé juste en dessous des pales mobiles. En général, 100 grammes de levure sous forme de matière sèche requièrent 102,5 grammes d'oxygène à fournir pendant la fermentation. Il faut réguler la température et l'acidité pour optimiser les rendements. La fermentation se déroule généralement à 30 °C et à un pH compris entre 4,5 et 6,5. L'eau peut

servir dans des échangeurs thermiques externes ou des serpentins internes afin d'entretenir la température de fermentation, laquelle tendrait sinon à augmenter avec la croissance de la levure.

Après la propagation, on fait refroidir le contenu du fermenteur et retire la récolte de levures au moyen de séparateurs centrifuges. La crème que forme la levure est lavée pour améliorer sa teinte, puis refroidie. La production de la levure émietée a lieu par pressage dans un filtre à plaque ou à cadre ou dans un filtre sous vide. A titre d'alternative, la levure émietée peut être mélangée à des émulsifiants et extrudée pour produire des blocs de levure. La levure séchée est produite de façon similaire mais extrudée à travers une plaque perforée pour produire des dés d'environ 3 mm d'épaisseur et mesurant entre 0,3 et 1 cm de long. Les bandes sont habituellement séchées dans des séchoirs rotatifs ou en tunnels avant mouture et mise sous emballage. La levure sèche est d'habitude emballée dans des contenants hermétiquement obturés ou sous film avec un espace libre rempli d'azote pour accroître la durée de conservation de son activité.

2.2.15 Maltage

Le malt est un produit dérivé de grains germés, par exemple d'orge, d'avoine ou de blé séché dans des tourailles. On fait fermenter les malts pour brasser les bières ou les lager, et on peut les distiller pour élaborer des spiritueux tels que le whisky. Les malts peuvent également entrer dans toute une gamme d'aliments tels que les boissons maltées non alcoolisées, les céréales du petit-déjeuner, les aliments pour nourrissons et les aliments pour animaux.

Le maltage active et développe un certain nombre d'enzymes comprenant les enzymes amylolytiques et protéolytiques. Les enzymes amylolytiques décomposent l'amidon en hydrates de carbone fermentables. Les enzymes protéolytiques agissent comme précurseurs des saveurs et comme nutriments de la levure dans les fermentations subséquentes. Le maltage implique un mouillage contrôlé par trempage, une germination et un séchage du grain. Il faut que le procédé soit soigneusement contrôlé pour induire les changements physico-chimiques désirés, tout en minimisant en même temps la perte de poids due à la germination et à la respiration. On fait sécher les grains pour stopper la croissance, stopper l'activité enzymatique et fabriquer un produit stable, détenteur de la teinte et de la saveur désirées. Le séchage est suivi d'un refroidissement jusqu'à 25-35°C et d'un enlèvement des touraillons.

Deux types de malt sont généralement produits à une échelle commerciale, il s'agit des malts des brasseurs et distillateurs. Ces deux types proviennent d'orge comme matière première de départ. D'autres céréales telles que le blé ou le seigle peuvent également être utilisées. Le malt des brasseurs est fait de grains assez lourds et gonflés d'orge, contenant une pâte friable d'amidon. On nettoie l'orge puis le fait tremper dans l'eau à environ 16 °C, dans une plage comprise entre 10 et 25 °C, pendant 1 à 3 jours. La température actuelle et les périodes de trempage dépendent de l'équipement, des paramètres processuels, de la matière première et du malt fini à obtenir. L'orge germe lorsqu'il contient environ 45 % d'humidité, ce taux étant compris entre 30 et 50 %, ceci dépendant des mêmes problématiques.

Le malt vert résultant est séché à l'air dans des tourailles. L'air chaud est injecté à travers une couche de malt vert épaisse d'environ 50 à 150 cm d'épaisseur, sans aucune fluidisation de la charge. Ce soufflage dure environ 16 à 24 heures dans les tourailles à un étage et 32 à 48 heures dans les tourailles à deux étages. Pour les malts de teinte pâle, dont le taux d'humidité résultant est compris entre 3 et 6,5 %, la température de départ de l'air est comprise entre 50 °C et monte ensuite à 70 – 85 °C. Pour obtenir des malts de teinte plus foncée, à taux d'humidité moins élevés, on hausse encore la température, jusqu'à 130°C. Le touraillage a lieu en plusieurs séquences pour assurer que l'humidité est enlevée efficacement sans réduire indûment l'activité enzymatique. A la fin du procédé de touraillage, le malt séché est refroidi jusqu'à 25 – 35 °C puis on retire les radicules de malt.

Le malt des distillateurs, aussi appelé malt hautement diastasique, est fabriqué à partir d'orge à petits grains qui présentent une forte teneur en protéines et en enzymes. On met l'orge à tremper

à des niveaux d'humidité plus élevés compris entre 45 et 49 % et les fait sécher à des températures plus basses comprises entre 49 et 60 °C pour obtenir un taux d'humidité final plus élevé compris entre 5 et 7 %. Le malt des brasseurs tend à être plus foncé que le malt des distillateurs, sa saveur et son arôme sont plus accentués.

On peut déclencher la germination du grain trempé avec toute une gamme d'équipements, mais pour l'essentiel le procédé consiste à soumettre le grain à un flux d'air humidifié porté à 10 – 30 °C, ceci dépendant de l'équipement, des paramètres processuels, de la matière première et du malt fini que l'on veut obtenir. La température des grains varie entre 15 et 45 °C, ceci étant dû à la chaleur engendrée par la respiration. Périodiquement, on retourne le grain doucement et, dans certains cas, on l'humidifie pour assurer une répartition uniforme de la température et pour prévenir le matage des radicelles. Traditionnellement, la germination a été accomplie sur des sols en béton, dans des salles fraîches et humides avec retournement manuel des grains, mais cette méthode est actuellement en cours de remplacement par des méthodes mécanisées plus modernes.

Après le touraillage, les tourillons sont retirés au cours d'une séquence de nettoyage pour donner le grain malté final. Ce grain peut être moulu pour produire de la farine de malt. L'extrait de malt est produit par extraction à l'eau chaude agissant sur le malt fini, ce qui s'accomplit au cours de la première séquence du procédé de brassage, puis en concentrant l'extrait résultant en faisant évaporer l'eau dans des récipients d'évaporation. Le grain brut, le malt vert ou le malt fini peuvent passer par des procédés subséquents dans le tambour de torréfaction pour produire de l'orge torrifié, du malt caramélisé ou du malt torrifié de différentes couleurs et saveurs.

2.2.16 Brassage

On considère traditionnellement que le brassage comprend des produits comme les bières de fermentation basse, par exemple les Pilsener au malt, les bières de Munich au malt, l'ale, les porter et stout. Il s'agit d'une boisson alcoolique dérivée de l'orge maltée, avec ou sans d'autres grains de céréales non maltés, et avec ajout de houblon pour lui donner du goût. Du sucre peut également lui être ajouté. Le procédé comporte trois séquences : l'empâtage, la fermentation et la maturation / le conditionnement.

2.2.16.1 Empâtage

Les grains arrivent normalement en vrac dans les brasseries et sont transférés dans des silos. L'orge maltée est moulue avant utilisation, dans le but d'écraser l'endosperme tout en réduisant à un minimum les dommages subis par l'enveloppe. Après la mouture, les matériaux de base sont réduits en pâte pour produire un substrat fermentable sous l'action de la levure. Des additifs peuvent être utilisés à titre de source supplémentaire d'hydrates de carbone, destinés soit à la chaudière à trempe (par exemple des grains de maïs ou du riz), soit à la chaudière à moût (par exemple du sucrose ou du sirop de glucose/maltose). Les grains sont mélangés à de l'eau chaude pour produire une pâte liquide. Le mélange est ensuite maintenu suffisamment longtemps pour permettre aux enzymes présents dans l'orge maltée de décomposer l'amidon et les protéines présents dans les céréales.

Suivant la façon dont on fait monter la température, les procédés d'empâtage sont classés en deux types : l'empâtage par infusion ou par décoction. Dans l'empâtage par infusion, on chauffe toute la trempe avec des périodes de repos appropriées, jusqu'à atteindre la température finale d'achèvement de la trempe. Dans l'empâtage à décoction, on hausse la température en retirant et faisant bouillir une partie de la trempe. Une fois qu'on la restitue au reliquat, ceci fait monter la température de la trempe totale jusqu'à la température de repos suivante. Le récipient servant à la trempe est appelé cuve d'empâtage. On sépare le moût des drêches de brasserie par filtrage dans un filtre à moût ou par traversée d'une passoire. Cette opération est dénommée filtrage sur cuve-filtre et se déroule donc des cuves-filtres. Une fois que le premier moût s'est écoulé, on arrose les grains épuisés avec de l'eau pour extraire autant de moût que possible. Après accomplissement de la filtration sur cuve-filtre, les drêches de brasserie délavées sont

déchargées dans des silos et traditionnellement vendues aux agriculteurs auxquels elles servent d'aliments pour le bétail.

2.2.16.2 Fermentation

On fait bouillir le moût pendant 1 à 1,5 heures dans la chaudière à moût additionné de houblon ou d'extrait de houblon, libérant ainsi les substances amères qui sont dissoutes. On fait bouillir le moût avec une intensité d'ébullition comprise entre 5 et 8 % d'évaporation par heure du volume introduit. Un coagulât grossier de matière protéinacée précipitée est séparé du moût. Ce coagulât est connu sous le nom de trouble grossier. Des additifs synthétiques à bases de polyester provoquent une séparation compacte de ce trouble grossier désagréable et d'un goût amer.

On clarifie le moût dans un bac à moût tourbillonnaire pour retirer le houblon, puis on le refroidit jusqu'à la température d'ensemencement. L'eau de refroidissement, chaude (75 à 85 °C), est collectée et utilisée comme eau de brasserie et pour le nettoyage. Il est possible de produire un moût plus fort que celui correspondant à la gravité originale de la bière finale produite et il est possible plus tard, avant ou après la fermentation, de le diluer avec de l'eau pour atteindre la teneur en extrait recherchée. Cette opération est appelée la brasserie par gravité. La dilution peut avoir lieu avant ou après la fermentation, ceci dépendant entre autres de la législation. Un autre objectif de la mise en ébullition est d'inactiver tous les enzymes, de stériliser ainsi que de concentrer le moût.

On aère le moût clair houblonné pour encourager la propagation de la levure avant la fermentation, et l'on ajoute des levures. Les souches particulières de levure utilisées sont typiques de la production de bière. Les levures sont divisées en deux grands groupes : les levures de fermentation haute et celles de fermentation basse. Les levures qui tendent à monter au sommet de la cuve de fermentation sont généralement utilisées pour les ales et leur température de fermentation est comprise entre 15 et 25 °C. Les levures qui tendent à se déposer au fond de la cuve vers la fin de la fermentation sont généralement utilisées dans les lagers dont la fermentation a lieu normalement entre 8 et 15 °C. Pour entretenir la température de fermentation désirée, on refroidit les réservoirs. A la fin de la fermentation, on sépare la levure du produit. Une partie séparée sert à une autre charge, le reliquat étant éliminé ou considéré comme un coproduit.

2.2.16.3 Maturation / conditionnement

Les lagers requièrent un conditionnement en forme de stockage sous froid vif pendant plusieurs semaines avant clarification. Cette bière est généralement clarifiée via un filtre à diatomite, par exemple de la terre d'infusoires. Après la carbonation, la bière peut être sujette à un certain nombre de procédés de conservation tels que la pasteurisation éclair et le remplissage aseptique, la séparation membranaire ou la pasteurisation dans le récipient final.

Avant sa mise en bouteille, la bière est filtrée à travers une galette filtrante. Les matières éprouvées dans ce but sont la terre d'infusoires sans boue, la diatomite calcinée et criblée, à granulométries diversement distribuées ; et la perlite issue de roches vitreuses, d'origine volcanique, moulues et calcinées. Le carbone activé peut servir à corriger un léger défaut de goût. On l'utilise habituellement par exemple dans le traitement des bières de fond de foudre. Peu avant la filtration, on peut ajouter des gels hydriques de silice et xérogels siliceux pour contribuer à former le tourteau filtrant. Le collage, par addition par exemple de polyvinyle pyrrolidone (PVP) et de polyvinyle polypyrrolidone (PVPP), est effectué pour clarifier la bière et, par exemple, réduire la concentration en polyphénol.

On se sert également d'agents de nettoyage et de désinfectants.

2.2.17 Distillation

L'utilisation de la distillation dans le secteur FDM peut être illustrée par les deux exemples suivants, la distillation du whisky écossais et du cognac

2.2.17.1 Whisky écossais

Les unités de distillation entrant dans la production du whisky écossais vont des simples alambics aux multicolennes de distillation continue. L'énergie est introduite sous forme de vapeur au bas de l'alambic, et elle volatilise sélectivement l'alcool et d'autres composants présents dans les liquides fermentés et mélanges prédistillés alcool/eau. Les composants volatiles recirculent à l'intérieur de la colonne pour parvenir à une séparation, sélection et concentration correctes des composés alcooliques / aqueux pour les nombreux profils congénères variés et souhaitables requis par les différents types et marques de produits. Les alambics peuvent être exploités individuellement ou en série. Les composants volatiles sont condensés par échange thermique avec l'eau dans des condenseurs, et récupérés sous forme d'esprits liquides. La matière résiduelle, connue sous le nom de pot ale, lies épuisées, résidus de distillation ou wash épuisé, est déchargée par le bas de la colonne. Dans les colonnes de distillation, d'autres fractions sont également enlevées telles que les huiles de fusel et les fractions hautes. Les fractions hautes sont renvoyées dans les colonnes et les huiles de fusel, de l'alcool amylique principalement, sont vendues comme coproduit.

2.2.17.2 Cognac

Le cognac est obtenu par distillation de vins blancs récoltés sur le territoire de l'appellation contrôlée. La distillation du cognac est un procédé passant par deux séquences. La première séquence conduit à un premier distillat connu sous le nom de « brouillis ». Sa teneur en alcool est comprise entre 28 et 32 % volumiques. Au cours de la seconde séquence, le brouillis est renvoyé à la bouilloire pour y subir un second échauffement connu sous le nom de « bonne chauffe ». Les têtes de distillation, les secondes et les queues de distillation sont séparées, pour ne laisser que le cœur du spiritueux. Une restriction pèse sur le taux alcoolique de la distillation, lequel ne doit pas dépasser 72 % vol. d'alcool. Chaque séquence dure environ 12 heures.

La distillation est accomplie en deux chauffes séparées, dans un alambic charentais spécial en cuivre comprenant une bouilloire de forme caractéristique, chauffée à la flamme nue et coiffée d'un capuchon en forme de turban, d'olive ou d'oignon. Pour économiser de l'énergie, un alambic charentais présente souvent un réchauffeur de vin. Ce dispositif, dans lequel la chaleur est fournie par les vapeurs d'alcool en train de le traverser, préchauffe le vin en attente de distillation au cours du cycle suivant. Le dernier jour de distillation est le 31 mars de l'année consécutive à celle de la récolte.

La maturation doit se dérouler dans des futailles en chêne du Limousin ou de la forêt de Tronçais. Comme pour les autres eaux-de-vie et spiritueux mûrs issus du vin, on facilitait par le passé la maturation à l'aide d'extraits de chêne, mais cette pratique devient moins courante à Cognac. La réglementation française interdit l'utilisation, dans le produit fini, d'additifs autres que l'eau, le sucre ou le caramel, et restreint la teneur alcoolique minimum à 40 % vol.

2.2.18 Le vin

Cette section comprend l'élaboration des vins rouges et blancs [134, AWARENET, 2002].

2.2.18.1 Réception

Lorsque les raisins sont reçus dans l'établissement vinicole, ils sont triés par variétés, qualités et quantités. Les conteneurs sont directement vidés dans des équipements soit d'écrasement soit de transport. Les conteneurs vides sont nettoyés et l'eau de lavage est évacuée.

2.2.18.2 Écrasement et équeutage des raisins

L'écrasement des raisins ou leur réduction en purée a lieu dans des pressoirs. Si l'on veut les faire macérer, il est possible de stocker la purée de raisin dans des conteneurs à cet effet. Pour empêcher la purée de s'oxyder, on lui ajoute du H_2SO_3 . La décision d'équeuter ou non les raisins blancs avant de les réduire en purée dépend de la variété des raisins et de leur degré de maturité, ainsi que du traitement subséquent qu'ils subiront.

2.2.18.3 Pressage

Pour produire du vin blanc, la purée est transportée au pressoir. Le jus de raisin non fermenté qui en résulte est aussi appelé moût. On ajoute souvent du dioxyde de soufre à ce stade, à une concentration de 100 – 150 mg/l, ceci afin de tuer les micro-organismes indésirables, car les peaux des raisins sont souvent recouvertes de bactéries et moisissures ainsi que de levures utilisées au cours du procédé. Les résidus solides, par exemple la pulpe et le marc, sont ensuite séparés.

Dans le cas du vin rouge, lorsque le procédé de fermentation est achevé, c'est-à-dire lorsque les taux de sucre sont inférieurs à 0,1 %, on retire le vin depuis le fond du réservoir et l'on transfère les marcs au pressoir pour en extraire le vin résiduel.

2.2.18.4 Clarification

Les agents de clarification utilisés en vinification sont la gélatine, la caséine, l'ichtyocolle, la chitine, l'albumine ou blanc d'œuf ; des adsorbants minéraux naturels comme la bentonite, la diatomite ou la silice ; et les polymères synthétiques, le PVPP par exemple. Les rapports énoncent que les sédiments issus de la clarification sont séparés par clarification ou filtrage. Ceci permet de retirer les particules indésirables laissées en suspension.

2.2.18.5 Fermentation

La fermentation alcoolique se déroule dans de grands réacteurs ou cuves en acier inoxydable, avec ou sans ajout de levure cultivée d'avance, d'habitude la *Saccharomyces cerevisiae*, et sous contrôle rigoureux de la température. La fermentation du vin blanc a lieu après séparation du marc, tandis que les vins rouges fermentent avec les marcs de raisin. Le vin rouge, et parfois aussi le vin blanc, passent par une seconde fermentation, malolactique cette fois. Il s'agit d'une fermentation bactérienne ayant pour effet de convertir l'acide malique en acide lactique.

2.2.18.6 Vieillissement

Après la fermentation, on abaisse la température du vin à 4 – 5 °C et le transfère dans des tonneaux ou fûts en bois de chêne pour le vieillissement. Ceci permet au vin de se stabiliser et de développer des tannins plus doux et des saveurs complexes. Les lies sont séparées du vin tous les 3 à 4 mois. Les tonneaux sont ensuite lavés puis à nouveau remplis.

2.2.18.7 Stabilisation par le froid

La stabilisation par le froid implique un refroidissement rapide du vin jusqu'à une température proche de sa congélation, ceci afin de faire précipiter les cristaux de tartrate, lesquels sont indésirables dans le vin embouteillé, qu'ils se trouvent dans le bouchon ou au fond de la bouteille. Le tartrate sédimente dans les réservoirs et on le retire à l'aide d'une solution de nettoyage alcaline contenant 10 % de soude caustique.

2.2.18.8 Mise en bouteille

Avant la mise en bouteille, on fait passer le vin à travers un circuit de filtration pour en retirer les solides restants et les composés troubles insolubles. L'embouteillage implique la

stabilisation microbienne du vin et le préserve de changements importants au niveau de son goût et de sa composition chimique.

2.2.19 Boissons non alcoolisées

Les boissons non alcoolisées sont classables en deux principaux types, les boissons carbonées et les boissons plates. Les boissons non alcoolisées comprennent les eaux de source, les boissons à base de fruits et de jus tels que les cordiaux, les citronnades/orangeades concentrées et les orgeats. ; les boissons aromatisées telles que la boisson gazeuse de gingembre, les tonics et les limonades ainsi que les infusions comme le thé et le café.

Les ingrédients généralement rencontrés dans la plupart des boissons non alcoolisées comprennent de l'eau, un édulcorant, un acide et des arômes. Les ingrédients en option comprennent un fruit, du dioxyde de carbone, des agents de conservation et un colorant. L'eau est l'ingrédient principal de toutes les boissons non alcoolisées et, en tant que telles, la qualité de l'eau en terme de charge microbiologique et d'autres paramètres qui affectent les qualités organoleptiques de la boisson sont d'une importance cruciale. La plupart des boissons non alcoolisées sont édulcorées avec des édulcorants naturels tels que le sucre et les sirops de sucre et/ou avec des édulcorants intenses tels que la saccharine et l'aspartame. Les arômes utilisés à la fabrication sont souvent dérivés de mélanges liquides hautement concentrés d'extraits végétaux tels que de fruits, fleurs, graines, feuilles, écorces et racines. Ces arômes peuvent, à titre d'alternative, être synthétiques.

Toutes les boissons non gazeuses pétillantes requièrent l'ajout de dioxyde de carbone. Il peut provenir de l'industrie pétrolière, brassière et du whisky dont il est un coproduit, ou être produit sur site. La conservation des boissons non alcoolisée s'obtient à l'aide d'un certain nombre de techniques telles que le chauffage, la conservation chimique et la filtration. Ces méthodes, en association avec un pH bas, empêchent la détérioration microbiologique.

Les procédés de base entrant dans la fabrication des boissons non alcoolisées comprennent la mixtion d'ingrédients dans le local à sirop, suivie de l'ajout d'une eau qui a été soumise à différents traitements. A ce stade, le mélange peut être thermotraité ou subir un traitement conservateur chimique. Le produit est carbonaté si nécessaire. A titre d'alternative, le produit peut être mis dans son emballage après que le sirop et l'eau ont été combinés, puis subir un traitement thermique dans l'emballage. Le sirop peut requérir un filtrage ou une homogénéisation, et être pasteurisé. La majorité des emballages sont nettoyés avant le soutirage, soit par rinçage avec de l'eau éventuellement additionnée de produits de rinçage, soit par injection d'air comprimé.

2.2.20 Acide citrique

L'acide citrique est un acide tricarboxylique largement répandu dans la Nature ; presque toutes les cellules vivantes le produisent comme substance intermédiaire au cours du cycle métabolique. La plupart des tissus végétaux et animaux, ainsi que le sérum humain, contiennent de l'acide citrique en quantité significative.

La méthode la plus économique pour produire l'acide citrique est la fermentation qui fait appel à une souche d'*Aspergillus niger* servant d'inoculant pour convertir le sucre en acide citrique. La substance alimentatrice de la fermentation, ou substrat, est un hydrate de carbone, habituellement des mélasses, du sucre cristallin, du glucose de blé, de maïs ou de l'amidon de pomme de terre, ou de l'isomérose. Il y a deux types de procédés de fermentation : la fermentation submergée et la fermentation en surface. On préfère la fermentation submergée à la fermentation en surface.

La fermentation submergée se compose de trois phases principales, à savoir la production par fermentation, la récupération et la purification de l'acide citrique. Le diagramme de ce procédé est illustré par la Figure 2.22.

Pour obtenir de l'acide citrique par fermentation, on prépare le substrat dans un réservoir et le stérilise ensuite. L'agent inoculant est produit dans des conditions aseptiques contrôlées. Cet inoculant et le substrat

sont transférés dans des conditions aseptiques vers le fermenteur de production. Le procédé de fermentation prend 3 à 14 jours. Et enfin les solides biologiques appelés mycéliums sont retirés par filtrage.

Pour récupérer l'acide citrique, on sépare l'acide citrique dissous des sucres résiduels, protéines et autres impuretés solubles par ajout de chaux qui provoque la précipitation du citrate de calcium. Ensuite, on filtre la pâte liquide contenant le citrate de calcium. Le filtrat est lavé pour retirer les impuretés solubles. On rejette les eaux usées engendrées. On ajoute de l'acide sulfurique pour convertir le citrate de calcium en sulfate de calcium et en acide citrique. Finalement le sulfate de calcium précipité ou gypse est filtré hors de la pâte liquide et la solution restante d'acide citrique subit un traitement subséquent.

Pour finir, la solution d'acide citrique est purifiée par échange d'ions et adsorption de carbone. On fait évaporer la solution d'acide citrique et la cristallise à partir de la solution (première cristallisation). Les cristaux d'acide citrique passent en centrifugeuse. Ensuite, on dissout l'acide citrique dans l'eau et le recristallise à partir de cette solution (seconde cristallisation). Les cristaux passent à nouveau en centrifugeuse puis sont séchés, moulus et tamisés. On conditionne ensuite sous emballage l'acide citrique ainsi obtenu.

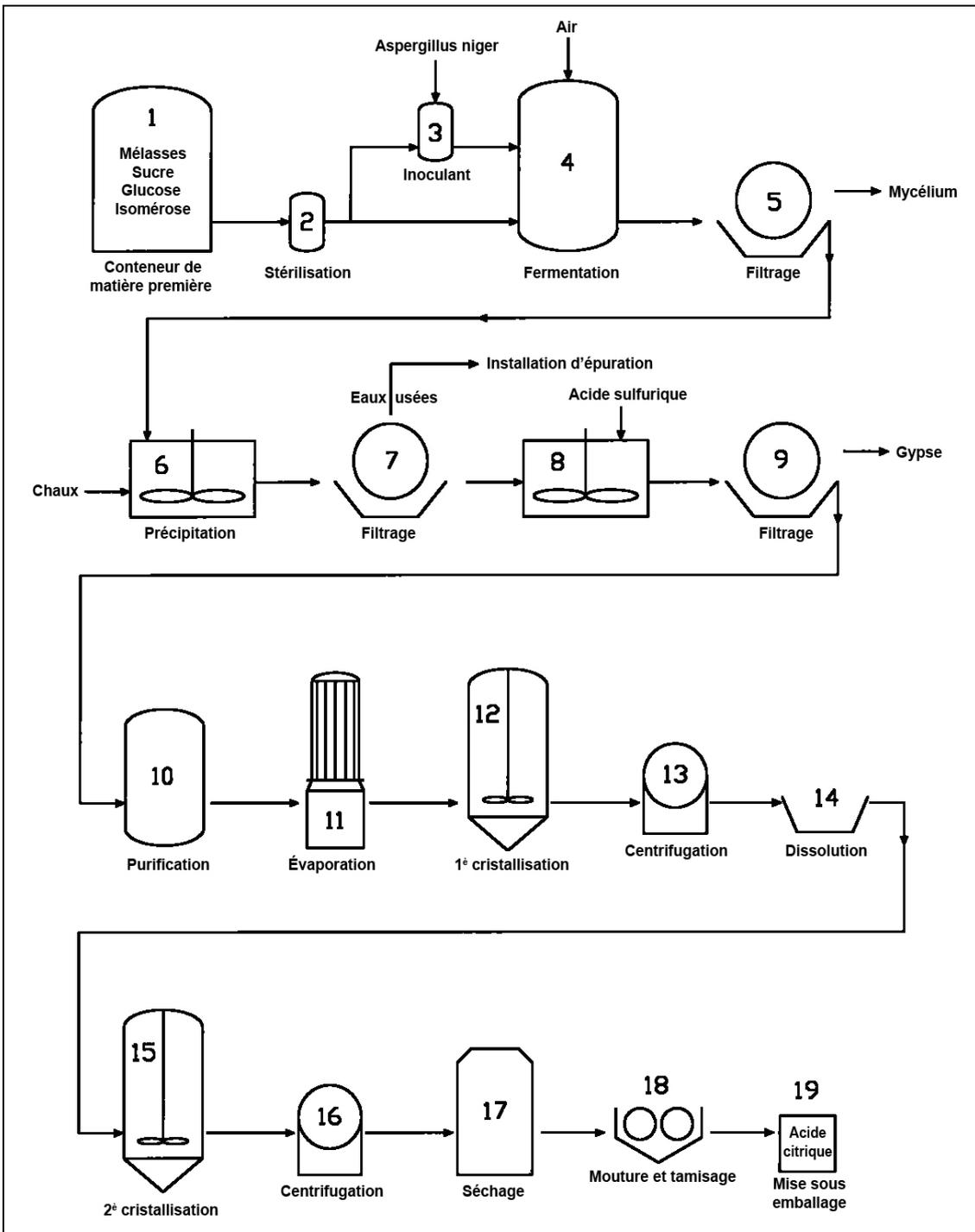


Figure 2.22 : Procédé d'obtention d'acide citrique par fermentation
 [151, Austrian contribution, 2002]

3 CONSOMMATION ET NIVEAUX D'ÉMISSION ACTUELS

Ce chapitre contient les données et informations fournies sur la consommation et les niveaux d'émission actuels dans le secteur FDM. La section 3.1 livre des informations générales sur la consommation et les niveaux d'émission actuels dans tout ce secteur. La section 3.2 livre des informations plus détaillées sur les techniques de traitement et les formes d'exploitation listées dans le Tableau 2.7. La section 3.3 fournit des données émanant de secteurs FDM spécifiques.

Le secteur FDM consomme de l'énergie, de l'eau et des produits chimiques, et génère des extrants gazeux, solides et liquides. Ces extrants peuvent avoir un impact négatif sur l'environnement et peuvent provenir d'une utilisation inefficace de matières ou de procédé.

Ce chapitre contient aussi des informations sur les extrants qui n'ont pas qualité de produit final principal mais qui n'ont pas non plus qualité de déchet à éliminer. Le secteur FDM fait la distinction entre les produits principaux, les coproduits, les sous-produits, les produits retournés et les déchets, comme le montre la Figure 3.23. Normalement, c'est le produit principal qui détient la plus grande valeur économique.

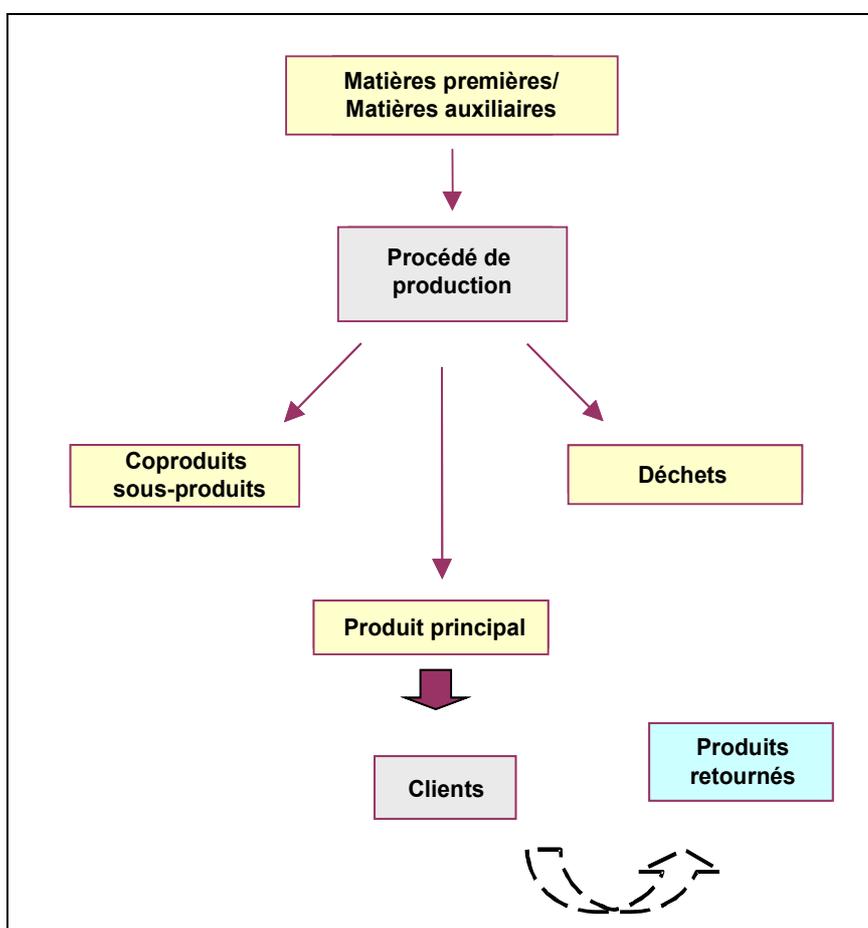


Figure 3.23 : Terminologie du flux sortant utilisée dans le secteur FDM [1, CIAA, 2002]

Dans le présent document, les coproduits, sous-produits et produits retournés ont les significations suivantes.

Un coproduit est un matériau intentionnellement et inévitablement créé au cours du même procédé et en même temps que le produit principal. Un produit principal et un coproduit peuvent chacun remplir une spécification ou correspondre à une conception spécifiée, et chacun d'eux est apte à une utilisation directe à des fins particulières. Ainsi par exemple, dans le secteur FDM, certains coproduits sont le gluten de blé, le gluten de maïs en tant qu'aliment animal, la farine de gluten de maïs, les germes de maïs, l'alimentation animale à base de blé, la liqueur de trempage du blé, la

pulpe de fruit, l'eau concentrée de fruit, les fibres de pommes de terre, les protéines de pommes de terre, l'eau de pomme de terre, les radicules de malt, la petite orge et les enveloppes.

Un sous-produit est un matériau résiduel apparu pendant la fabrication d'un produit. Il peut être utilisé lui-même à titre de substitut effectif d'un produit ou peut servir d'ingrédient dans un autre procédé de fabrication pour créer un produit différent, par exemple les boues et résidus issus de la filtration.

Les produits retournés sont les produits renvoyés par les détaillants et grossistes faute de ne pas se conformer aux spécifications ou parce que leur durée de conservation a expiré.

Les informations sur la consommation et les émissions sont importantes, car elles font partie du procédé d'essai comparatif (benchmarking), ainsi que dans la sélection de techniques considérées comme étant les meilleures techniques disponibles (MTD).

L'essai comparatif est une technique utilisée pour évaluer une performance par rapport à des standards internes ou industriels [11, Environment Agency of England and Wales, 2000]. Des mesures d'amélioration opérationnelle ou technologique appliquées pour la première fois sur un site peuvent devenir applicables à d'autres, même dans d'autres secteurs FDM. Ces techniques peuvent être envisagées en plus de la comparaison des chiffres de consommation et des niveaux émissifs.

Normalement, les essais comparatifs s'expriment sous forme de rapports, mais peuvent aussi s'exprimer sous forme de pourcentages, par exemple d'efficacité. A cet égard, les données sur la minimisation des déchets, sur la consommation d'eau et d'énergie, sur l'odeur, le bruit et les émissions dans l'air et dans l'eau usée sont généralement pertinentes. Le Tableau 3.16 montre des paramètres quantitatifs d'essai comparatif applicables au secteur FDM.

Moniteur de performance	Mesure
Émissions dans l'air	Masse d'émission par unité de production ou par unité de matière première
Eaux usées	Volume d'eau, masse de contaminants ou DBO/DCO par unité de production ou par unité de matière première.
Déchets solides	Masse de déchets par unité de production ou par unité de matière première
Ressources énergétiques	Consommation d'énergie par unité de production ou par unité de matière première
Eau du réseau public et service	Utilisation d'eau, d'air comprimé ou de vapeur par unité de production ou par unité de matière première.
Autres	Consommation de matières spécifiques, par exemple d'emballages, par unité de production

Tableau 3.16 : Paramètres quantitatifs d'essai comparatif applicables dans le secteur FDM [11, Environment Agency of England and Wales, 2000]

Les données sur les consommations d'eau et d'énergie varient non seulement suivant le type de procédés et sa façon de fonctionner, mais aussi suivant l'ampleur de l'exploitation.

Des données sur les émissions dans l'air et dans l'eau sont disponibles dans certains secteurs et même pour certains procédés dans les entreprises, mais ces dernières catégories de données sont rares. Dans le futur, des informations plus détaillées pourront être disponibles sur les émissions dans l'air et l'eau, si elles sont communiquées à l'European Pollutant Emission Register (EPER) de la CE. Il s'agit d'une exigence prévue par décision 2000/479/CE de la Commission [221, EC, 2000]. Une directive émanant de la CE [93, EC, 2000] comprend une check-list, spécifique du secteur FDM, pour les polluants susceptibles d'être émis dans l'air et l'eau. En ce qui concerne les activités FDM tombant sous le coup de l'Annexe I paragraphe 6.4 de la directive PRIP, six polluants de l'air (méthane, monoxyde de carbone, dioxyde de carbone, les HFC, l'ammoniac et les NO_x) et quatre polluants de l'eau (azote total, phosphore total, COT et les chlorures) figurent en liste.

Dans le secteur FDM, les essais comparatifs les plus courants comparent la consommation d'eau du réseau public avec la production et fournissent donc une bonne indication sur

l'efficacité et aussi sur le gaspillage susceptible de survenir à l'intérieur du procédé. On appelle aussi cette comparaison essai comparatif quantitatif. Le pourcentage de matières premières entrant dans les produits finis principaux est variable et la réduction des déchets généralement considérée comme objectif rentable par tous les fabricants, mais les essais comparatifs ne sont pas facilement disponibles. Le Tableau 3.17 montre quelques exemples des pourcentages de matières premières qui finissent dans le produit principal final.

Procédé de production	% de matière première dans le produit principal final
Conserverie de poisson	35 – 70
Découpage en filets, séchage, salaison et fumage	25 – 50
Traitement des crustacés	40 – 50
Traitement des mollusques	50 – 80
Production de lait, de beurre et de crème	~99
Production de yaourt	94 – 98
Production de fromage frais, à pâte molle et cuit	10 – 15
Production de vin blanc	70 – 80
Production de vin rouge	70 – 80
Production de jus de fruits et de légumes	50 – 70
Traitement et conservation des fruits et légumes	70 – 95
Production d'huiles et de graisses comme l'huile végétale brute, la farine riche en protéine, la lécithine et les acides gras issus des graines oléagineuses	30 – 60
Production d'amidon de maïs	62,5
Production d'amidon de maïs (y compris pour alimentation animale)	99
Production d'amidon de pomme de terre	20
Production d'amidon de pomme de terre (y compris pour alimentation animale)	30 – 35
Production d'amidon de blé	50
Production d'amidon de blé (y compris pour alimentation animale)	99
Production d'aliments et d'alimentation animale à partir de la betterave sucrière	25 – 50

Tableau 3.17 : Pourcentage de matières premières qui, dans certains procédés, se retrouvent dans le produit
[134, AWARENET, 2002]

3.1 Informations générales sur la consommation et sur les émissions

3.1.1 Eau

3.1.1.1 Consommation d'eau

La consommation d'eau est l'une des problématiques clés dans le secteur FDM. L'eau sert à de nombreuses choses différentes dont par exemple

- A refroidir et nettoyer
- En tant que matière première, spécialement dans l'industrie des boissons
- En tant qu'eau processuelle, par exemple pour laver les matières premières, intermédiaires et les produits
- A cuire, à dissoudre et à transporter
- En tant qu'eau auxiliaire, par exemple dans la production de vapeur et de vide
- Comme eau sanitaire.

La qualité d'eau requise dépend de l'application spécifique à laquelle on la destine.

En 1998, la consommation totale d'eau industrielle s'est élevée à 8,5 milliards de m³, dont 304 millions de m³ ont été utilisés par le secteur FDM. Néanmoins, des documents indiquent que la quantité réelle d'eau utilisée dans le secteur FDM s'est élevée, cette même année à 1,730 milliards de m³, c'est-à-dire plus que le chiffre total de consommation. Ceci est dû à la proportion d'eau qui a été recyclée et réutilisée. En moyenne, le nombre de fois que l'eau a été réutilisée dans le secteur FDM allemand est passé de 3,4 à 4,2 fois entre 1995 et 1998.

Sur les 1,730 milliards de m³ d'eau utilisés dans le secteur FDM allemand en 1998, 834 millions de m³, soit plus de la moitié, ont été utilisés comme eau de refroidissement et 438 millions de m³ comme eau processuelle. La Figure 3.24 montre les quantités d'eau utilisées en 1998 en provenance de sources diverses.

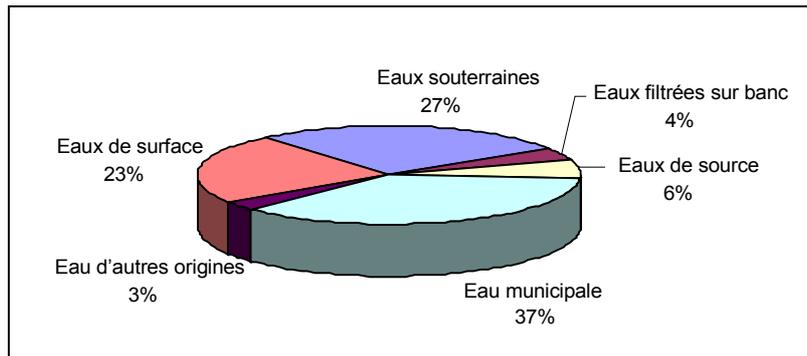


Figure 3.24 : Consommation d'eau par l'industrie allemande du secteur FDM en 1998 [182, Germany, 2003]

Dans le secteur FDM dans son ensemble, environ 66 % de l'eau neuve totale utilisée détient la qualité de l'eau potable. Dans certains secteurs comme les laiteries, les boissons non alcoolisées et la fabrication d'eau minérale ainsi que les brasseries, plus de 98 % de l'eau neuve utilisée a la qualité de l'eau potable.

3.1.1.2 Eaux usées

Bien que le FDM soit un secteur extrêmement diversifié, certaines sources d'eaux usées sont communes à un bon nombre des domaines qui le composent. Ces eaux usées proviennent

- Du lavage des matières premières
- Du trempage des matières premières
- De l'eau utilisée pour transporter ou faire écouler les matières premières ou les déchets
- Du nettoyage d'installations, lignes processuelles, zones d'équipement et de procédé
- Du nettoyage de conteneurs de produits
- De la purge de bouilloires à vapeur
- De l'eau de refroidissement à passage unique ou de la purge de circuits à eau de refroidissement circulant en circuit fermé
- Du lavage en sens inverse provenant de la régénération de la SEEU
- De l'eau de dégivrage de congélateurs
- De l'eau d'orage ruisselante.

3.1.1.2.1 Quantité d'eau usée

Le secteur FDM a été, par tradition, un gros consommateur d'eau qu'il utilise en tant qu'ingrédient, agent de nettoyage, moyen de transport et liquide pour alimenter des systèmes utilitaires. Les grandes entreprises transformatrices du secteur FDM peuvent consommer plusieurs centaines de mètres cubes d'eau par jour. La majeure partie de cette eau n'est pas utilisée comme ingrédient et elle réapparaît en définitive dans le flux d'eaux usées.

On peut parvenir à réduire de façon substantielle les volumes d'eau usée générés par ce secteur au moyen de techniques destinées à réduire les déchets (voir par exemple la section 4.1.7.6).

Il n'y a pas de relation simple entre la quantité d'eau utilisée dans les standards de nettoyage et d'hygiène, et les exigences visées dans la législation sur la sécurité alimentaire empêchent la réduction de la consommation d'eau d'atteindre des niveaux non satisfaisants en matière de propreté, d'hygiène et de qualité produit.

Les débits d'eaux usées peuvent varier très fortement sur une base journalière, hebdomadaire ou saisonnière. Le profil des eaux usées dépend largement des modes de production et de nettoyage. Dans certains secteurs comme la betterave sucrière et la production d'huile d'olive, la transformation a lieu par campagnes, et pendant une partie de l'année, ces secteurs produisent peu ou pas d'eaux usées.

3.1.1.2.2 Composition des eaux usées

Les eaux usées du secteur FDM présentent une composition très variable. Toutefois, leurs teneurs en DCO et DBO sont généralement élevées. Les taux de ces substances peuvent être 10 à 100 fois plus élevés que ceux des eaux usées domestiques.

La teneur en BOD₅ de la plupart des constituants rencontrés dans le secteur FDM et dans certains produits figure au Tableau 3.18.

Teneur en BOD ₅
0,65 kg/kg d'hydrate de carbone
0,89 kg/kg de graisse
1,03 kg/kg de protéines
0,07 – 0,10 kg/l de lait
0,18 – 0,37 kg/kg de viande
0,06 – 0,09 kg/kg de fruits ou légumes

Tableau 3.18 : Équivalent DBO₅ des constituants généralement rencontrés dans le secteur FDM, et de quelques produits

La concentration de MES varie, allant de négligeable à 120 000 mg/l. Les eaux usées provenant par exemple des secteurs de la viande et laitiers contiennent des concentrations élevées de graisses et huiles comestibles.

Les eaux usées issues de la transformation alimentaire varient de très acide (c'est-à-dire avec un pH de 3,5) à très alcalines (c'est-à-dire avec un pH de 11). Les facteurs influant sur le pH de l'eau incluent les suivants :

- Le pH naturel de la matière première
- L'ajustage du pH de l'eau d'écoulement pour empêcher la détérioration des matières premières
- L'utilisation de solutions caustiques ou acides dans les opérations de transformation
- L'utilisation de solutions caustiques ou acides dans les opérations de nettoyage
- Flux de déchets acides, par exemple de petit-lait acide
- Réactions génératrices d'acides dans les eaux usées, par exemple la forte teneur en levures des eaux usées, les acides lactiques et formiques issus de la dégradation des constituants du lait
- La nature de la source d'eau brute (eau dure ou peu dure).

Les eaux usées contiennent peu de composés provoquant individuellement des effets adverses sur les SEEU ou sur les eaux réceptrices. Les exceptions possibles comprennent les suivantes :

- Le sel lorsque l'activité en utilise de grandes quantités, par exemple la macération et la fabrication de fromage
- Les résidus de pesticides pas facilement dégradés pendant le traitement
- Les résidus et sous-produits issus de l'utilisation de techniques de désinfection chimique.

La présence d'organismes pathogènes dans les eaux usées peut être un problème, particulièrement là où l'on transforme de la viande ou du poisson. La quantité de nutriments végétaux peut également constituer une problématique. Pour le traitement biologique des eaux usées, le rapport DBO:N:P est d'environ 100:5:1. A ce niveau, les eaux usées engendrées par la transformation dans le secteur FDM seraient trop carencées en N et/ou en P pour soutenir l'activité biologique pendant le traitement de ces eaux. Des taux excessifs de P peuvent également se manifester, notamment lorsque de grandes quantités d'acide phosphorique entrent dans le procédé (par exemple le dégommage de l'huile alimentaire ou dans le nettoyage). Si une telle eau devient anaérobie pendant le traitement, il y a risque que les constituants contenant du phosphate libèrent du phosphore dans l'eau finale rejetée par l'entreprise. L'utilisation d'acide nitrique dans le procédé produit un effet similaire en accroissant les taux de nitrate dans les eaux usées.

Certaines sources courantes d'émissions polluantes fugitives et non programmées, c'est-à-dire les rejets accidentels, sont les suivantes :

- Eaux d'orage contaminées
- Fuites dans les réservoirs de stockage
- Fuites dans les tuyauteries
- Déversements accidentels
- Vidanges des enceintes de rétention
- Fuites par les flasques, pompes, joints et garnitures presse-étoupe des vannes.

3.1.2 Émissions dans l'air

Il est possible de subdiviser les émissions dans l'air en émissions canalisées, diffuses et fugitives. Seules les émissions canalisées se laissent traiter. Toutefois, il est possible de prévenir et/ou réduire les émissions diffuses et fugitives [217, EC, 2003].

Dans le secteur FDM, les sources d'émissions canalisées sont les suivantes :

- Les émissions engendrées par le procédé, libérées via un conduit d'aération par l'équipement processuel et inhérentes au fonctionnement de l'installation. Exemple : les émissions engendrées par les opérations de friture, ébullition et cuisson
- Les gaz sortant par les orifices de purge ou l'équipement de préchauffage utilisé uniquement pendant les opérations de démarrage ou de fermeture
- Les émissions sortant par des orifices au cours d'opérations de stockage et de manutention, par exemple les transferts, le chargement et le déchargement de produits, matières premières et produits intermédiaires
- Les gaz de fumée émis par des unités productrices d'énergie telles que les fours processuels, les bouilloires à vapeur, les unités mixtes chaleur et électricité, les turbines à gaz, les moteurs à gaz
- Les gaz résiduaux provenant des équipements de maîtrise des émissions tels que les filtres, les oxydateurs thermiques et les adsorbants
- Les gaz résiduaux provenant de la régénération des solvants, par exemple dans les installations extractrices d'huile alimentaire
- Rejets par les dispositifs de délestage de sécurité, par exemple les orifices de sécurité et les vannes de sécurité
- Rejets par des systèmes généraux de ventilation
- Rejets par des orifices, en provenance de sources capturées diffuses et/ou fugitives, par exemple les sources diffuses installées dans une enceinte ou un bâtiment.

Dans le secteur FDM, les sources d'émissions diffuses sont les suivantes :

- Émissions engendrées par l'équipement processuel et inhérentes au fonctionnement de l'installation, libérées sur une grande surface ou par de grandes ouvertures

- Pertes au travail ou pertes à la respiration, depuis des équipements de stockage et pendant les opérations de manutention, par exemple le remplissage de barils, de camions ou conteneurs
- Les émissions provenant de torchères
- Les émissions secondaires résultant de la manutention et de la mise au rebut de déchets, par exemple les matières volatiles provenant des égouts, des installations de manutention des eaux usées ou de l'eau de refroidissement.

Les sources d'émissions fugitives dans le secteur FDM sont les suivantes :

- Pertes d'odeurs pendant le stockage, le remplissage et la vidange des réservoirs et silos de stockage en vrac.
- Le fractionnement des composés nauséabonds provenant d'une SEEU, se traduisant par des échappements dans l'air et/ou des problèmes d'odeurs
- Orifices des réservoirs de stockage
- Fuites dans les tuyauteries
- Fumigation
- Pertes de vapeur pendant le stockage, le remplissage et la vidange de réservoirs et fûts contenant des solvants en vrac, y compris au débranchement des tuyaux.
- Les rejets par les opercules à rupture programmée et vannes de délestage
- Les fuites par les flasques, les pompes, les joints et les garnitures presse-étoupe des vannes
- Les pertes par les fenêtres et les portes, etc., des bâtiments
- Les bassins de décantation
- Les tours de refroidissement et les bassins de refroidissement.

Les principaux agents, polluants de l'air, émis par les procédés FDM, sans compter les polluants libérés par des activités telles que la production d'énergie, sont les suivants :

- Poussière
- COV et odeurs (certaines causées par les COV)
- Réfrigérants contenant de l'ammoniaque et un halogène
- Produits issus de la combustion comme le CO₂, le NO_x, et le SO₂.

3.1.2.1 Odeurs

Les odeurs sont la plupart du temps un problème local. Certaines émissions nocives dans l'air peuvent aussi être nauséabondes. Deux installations identiques, fabriquant les mêmes produits et utilisant les mêmes matières premières et opérations processuelles : l'une pourra faire l'objet de plaintes massives tandis que les odeurs de l'autre n'occasionneront aucun problème. Nombreux sont les cas où des installations autrefois situées en zones rurales sur la lisière d'une ville, se trouvent confrontées aujourd'hui à des problèmes d'odeurs vu que, la ville s'agrandissant, de nouveaux terrains ont été viabilisés et bâtis à proximité du site.

Dans la grande majorité des pays, les émissions d'odeurs sont réglementées par des lois sur les nuisances. Certains pays se sont dotés d'une législation quantifiée. Cette législation quantifiée peut se référer soit à l'ampleur de l'émission nauséabonde soit, à titre d'alternative, à une concentration maximale d'un composé ou groupe de composés connus pour leurs émissions nauséabondes. Les unités d'odeur internationalement acceptées sont les « unités d'odeur par mètre cube » (UO/m³). Il existe des mesures instrumentées des odeurs, mais la quantification des odeurs continue d'être basée pour une grande part sur l'olfactométrie.

En Allemagne par exemple, la législation sur les procédés nauséabonds vise largement à assurer que la concentration sortante des matières organiques soit limitée par rapport au procédé en cours et par rapport à l'efficacité du plan de réduction choisi. La législation réunie sous le vocable de TA Luft [82, BMU and German Federal Ministry for Environment Nature Conservation and Reactor Safety, 1986] contient un énoncé général sur les émissions d'odeurs et décrit la nécessité d'étudier le confinement, les environs et l'aptitude du plan de réduction à

parvenir à une réduction de 99 % des émissions d'odeur dépassant 100 000 UO/m³. Concernant certaines opérations processuelles spécifiques, la législation TA Luft prévoit des seuils maximaux de concentration à la sortie, pour les matières organiques, à ne pas dépasser.

Les Directives néerlandaises sur les émissions dans l'air [170, InfoMil, 2001] énoncent que l'objectif national est de prévenir et réduire les nuisances olfactives. Elles fixent une limite supérieure de 5 UO/m³, soit 98 %, aux installations existantes, et suggèrent que les installations neuves doivent atteindre une limite de 0,5 UO/m³ soit 99,5 %, ce taux ne constituant pas une limite supérieure.

3.1.3 Pertes de matières

3.1.3.1 Poids excédentaire / Spécification de volume

Les pertes de produits dues au remplissage excessif se produisent même en présence des équipements de remplissage les plus précis. Lorsqu'une entreprise opère en respectant le poids moyen de remplissage prévu par la législation, le produit conditionné contiendra inévitablement, légèrement plus que le contenu nominal de l'emballage. Vu son importance économique, le surremplissage est normalement surveillé de très près par un contrôle du poids soit de façon continue, soit par vérification d'échantillons. Une telle perte de matière ne revêt normalement aucune gravité pour l'environnement. Il est très important toutefois, lorsqu'on réalise un bilan de masse, de quantifier exactement la quantité remplie en excès pour en tenir compte dans l'équation sur le bilan de masse.

3.1.3.2 Renversement accidentel

Le renversement du produit, par exemple sur le sol, rend le produit inadapté à la consommation humaine et doit être défini comme une perte ou déchet si l'on ne parvient pas à le récupérer correctement. Les renversements se produisant de façon routinière sont l'indice d'un équipement mal conçu, d'une maintenance déficiente ou d'une exploitation inexperte par exemple de la ligne de mise sous emballage. Ceci peut provoquer des pertes souvent considérables de produit et de matériau d'emballage. Lorsque le renversement se produit pendant une phase de manutention, ce peuvent être les procédures de travail qui sont fautives.

3.1.3.3 Fuites / débordement

Les fuites de produit liquide au niveau des joints des conduites et le débordement de réservoirs peuvent être une source importante de perte de matières et de production de déchets si l'on ne peut pas récupérer correctement le produit. Ces problèmes peuvent être causés par exemple par des joints trop usagés ou des capteurs d'alarme de niveau haut défectueux.

3.1.3.4 Défauts des produits / Produits retournés

Les produits ne remplissant pas les spécifications requises, qu'ils soient identifiés avant l'expédition ou retournés par les clients, peuvent être une source majeure de perte de matières et de déchets, bien qu'une partie de ces produits puisse être récupérée. Ce groupe inclut aussi les produits frais fabriqués en quantités excessives, par exemple dans le cas où les fluctuations des ordres commerciaux ont pour effet une fabrication de produits en quantité excessive impossibles à vendre tous à temps pour des raisons de durée de conservation.

3.1.3.5 Pertes inhérentes

Certains équipements processuels, même ceux intégrant les techniques les plus appropriées, peuvent provoquer une perte de matière et une production de déchets rendues inévitables par leur conception. Un exemple de perte inhérente est fourni par le séparateur centrifuge auto-

déboueur dans lequel les solides en provenance du bol et, inévitablement, un peu du produit est chassé avec les déchets pendant le débouage.

On se trouve en présence d'une situation similaire lorsque le produit est purgé à travers l'équipement avec de l'eau en fin de production ou lors du passage à un autre produit, ce qui est le cas dans les systèmes CIP. Inévitablement, l'interface entre le produit et l'eau n'est pas nette et, suivant les mesures prises pour réduire ce fait, une quantité plus ou moins grande de mélange eau-produit sera générée.

3.1.3.6 Matière retenue

Il y a rétention de matière lorsque les produits ou ingrédients liquides ne peuvent pas couler librement vers la séquence suivante du procédé. Ceci peut être causé par exemple par la présence de « poches » dans des conduites supposées descendre de façon continue et qui piègent le produit et empêchent son évacuation dans un sens ou dans l'autre. Un autre exemple : lorsqu'un produit monte dans des conduites et que tout produit prisonnier refuse de se laisser évacuer et provoque ainsi des pertes de matière. Si le produit refuse de circuler, il faut purger la conduite par injection de gaz, d'eau ou par un système d'écouvillonnage.

De même, avec les produits très visqueux comme le yaourt, l'adhérence contre les parois de la conduite et du réservoir constitue une source significative de matière retenue. Si cette matière n'est pas enlevée mécaniquement, par raclage par exemple, il faudra peut-être soumettre les parois à un prérinçage prolongé

3.1.3.7 Déchets déposés par la chaleur

Chaque fois que l'on chauffe des produits liquides, ces produits sont susceptibles de se déposer sur les surfaces de l'échangeur thermique. Les dépôts sur les plaques ou les tubes dans les échangeurs thermiques et sur les bouilloires opérant par charges successives peuvent refuser de partir sous l'action du rinçage et, lorsque enlevés par des détergents, ils se perdent avec les eaux usées. Dans de nombreux secteurs, ces sources de pertes sont confinées et recyclées ou récupérées ou réintroduites dans le procédé.

3.1.4 Énergie

Le secteur FDM dépend de l'énergie pour transformer et stocker les aliments, pour préserver leur fraîcheur et assurer la sécurité alimentaire. Le chauffage processuel consomme approximativement 29 % de l'énergie totale utilisée dans le secteur FDM.

En Allemagne, le secteur FDM a consommé en 1998 environ 54 500 MWh/an, soit 6,7 % de la consommation allemande totale d'énergie, faisant de ce secteur le cinquième plus gros consommateur d'énergie parmi tous les secteurs industriels. L'énergie a été produite à partir de gaz (49 %), d'électricité (23 %), de fioul (21 %) et de charbon (7 %). La consommation d'énergie a doublé en 30 ans entre 1950 et 1980. Une légère baisse de la consommation a été enregistrée dans les années 1980 et 1990.[2, Meyer, et al., 2000].

3.2 Consommation et émissions dans les différentes formes d'activités

Il est assez difficile de livrer des données quantitatives sur les aspects environnementaux des différentes techniques processuelles. Ceci est dû au manque de données fiables et aux variations naturelles, saisonnières par exemples, liées à de nombreuses matières premières. Ceci entraîne souvent des changements dans les techniques processuelles appliquées. Les fourchettes, dans les données quantitatives, sont très largement dues à la très ample variation dans les applications processuelles individuelles. Souvent de meilleures informations quantitatives sont disponibles sur les aspects environnementaux de toute la ligne de production plutôt que sur les techniques

processuelles individuelles, du fait que les mesures n'ont pas été réalisées au niveau d'une forme d'activité.

Ce document livre des exemples de quelques aspects qualitatifs et quantitatifs environnementaux propres à des lignes de production typiques. Dans la description des aspects environnementaux des différentes techniques de transformation, les « extrants solides » couvrent à la fois les sous-produits issus du procédé qui pourraient être valorisés, et les déchets impossibles à valoriser. Ainsi par exemple, certains sous-produits du secteur FDM peuvent servir pour nourrir les animaux.

Les principales sources de consommation et d'émissions sont identifiées pour chaque technique processuelle. La liste identifiée de sources n'est pas exhaustive, ou chaque installation composant un secteur particulier présente chacune des émissions. Les informations sont associées au secteur FDM en tant que tout. Des variations locales sont applicables, ceci dépendant des matières premières utilisées, des types de procédés appliqués et de la façon dont ils le sont.

Certaines émissions processuelles sont considérées comme détenant peu d'importance potentielle envers l'environnement et sont pour cela désignées comme neutres ; toutefois, il pourrait y avoir des installations spécifiques pour lesquelles cette désignation risque d'être incorrecte. De telles émissions devront être examinées sur la base du cas par cas.

Les impacts environnementaux ou émissions processuelles de chaque forme d'exploitation décrite à la section 2.1 sont résumés dans le Tableau 3.19 ci-dessous. Les sigles alphanumériques accompagnant chaque opération décrivent les caractères de l'émission. La signification des codes utilisés dans la colonne gauche figure dans le Tableau 3.20, Tableau 3.21 et le Tableau 3.22.

Code	Forme d'activité	Impact environnemental		
		Air	Eau	Solide
A. Réception et préparation des matières				
A.1	Manutention et stockage des matières			W1
	Aérations des réservoirs	S1, S3	N	N
	Silos	S2	N	N
	Manutention / transport des matières	S1, S2, S3	E1, E2, E3, E4, E5	W1
A.2	Trier / cribler, calibrer, décortiquer, équeuter / égrapper et parer	S1, S2	E1, E2	W1, W3
A.3	Peler	N	E1, E2	W1
A.4	Laver	N	E1, E2	W1
A.5	Décongeler	N	E1, E2	W1
B. Réduction de taille, mixtion, formage				
B.1	Couper, découper en tranches, hacher, émincer, dépulper et presser	N	E1, E2, E4	W1, W2
B.2	Mixer / mélanger ; homogénéiser et concher	S1, S2, S3	E1, E2, E4, E5	W1
B.3	Broyer / mouler et écraser	S2, S3	N	W1, W3
B.4	Former / mouler et extruder	N	E1, E2, E5	W1
C. Techniques de séparation				
C.1	Extraction	S1, S3	E1, E2	W1, W4
C.2	Désionisation	N	E1, E3, E5	W1
C.3	Affinage	N	E1, E2	W1, W3
C.4	Centrifugation et décantation	N	E1, E2	W1, W3
C.5	Filtrage	M	E1, E2, E4	W1, W3
C.6	Séparation membranaire	N	E1, E2	N
C.7	Cristallisation	N	E1	N
C.8	Enlèvement des acides gras libres (AGL) par neutralisation	N	E1, E2, E3, E4	N
C.9	Blanchiment	N	N	W1, W3
C.10	Désodorisation par fractionnement à la vapeur	S1, S3	E1, E2, E4	W2
C.11	Décoloration	N	E1, E2	W1

C.12	Distillation	S1, S3, S4	E1,E2	W1
D. Technologie de transformation des produits				
D.1	Trempage	N	E1, E2	W1
D.2	Dissolution	N	E1, E2, E6	N
D.3	Solubilisation / alcalisation	S1, S2, S3	E1,E2	N
D.4	Fermentation	S1,S4	E1,E2	W1
D.5	Coagulation	N	E1, E2	N
D.6	Germination	S3	N	N
D.7	Saumurage / salaison et macération	N	E1, E2, E6	W1
D.8	Fumage	S1, S3	E1	N
D.9	Durcissement	S1	E1, E2, E4	W5
D.10	Sulfitage	S6	N	N
D.11	Carbonatation	S1, S4, S5, S6, S7	N	W3
D.12	Carbonation	S4	N	N
D.13	Enduction / pulvérisation / enrobage / agglomération / encapsulation	S1	E1, E2, E4	W1, W2
D.14	Vieillessement	S1, S3	E1,E2	W1, W6
E. Traitement thermique				
E.1	Fusion	S1	E1, E2, E4	W1, W2
E.2	Blanchiment	S1	E1, E2, E6	W1
E.3	Cuisson et ébullition	S1, S3	E1, E2, E4, E5, E6	W1
E.4	Cuisson au four	S1, S2, S3, S4	E1, E2, E4	W1
E.5	Torréfaction	S1, S2, S3, S4, S5	N	W1
E.6	Friture	S1, S3	E1, E2, E3, E4	W1, W2
E.7	Tempéage	N	E1,E2	N
E.8	Pasteurisation, stérilisation et UHT	N	E1, E2	W1
F. Concentration par la chaleur				
F.1	Évaporation (liquide vers liquide)	S1, S2	E1, E2, E5	N
F.2	Séchage (liquide vers solide)	S1, S2	E1, E2	W1
F.3	Déshydratation (solide vers solide)	S1, S2	E1, E2	W1
G. Traitement par enlèvement de chaleur				
G.1	Refroidissement, application d'un froid vif et stabilisation par le froid	S4	M	N
G.2	Congélation	S4, S7	N	N
	Cryo-extraction	N	E1	W1, W3
	Concentration par le froid	N	E1	N
G.3	Congélation – séchage / lyophilisation	N	E2	N
H. Opérations de post-traitement				
H.1	Mise sous emballage et remplissage	S2	E1, E2	W1, W6
H.2	Rinçage au gaz et stockage sous atmosphère	S4	N	N
U. Procédés utilitaires				
U.1	Nettoyage et désinfection	N	E1, E2, E3, E4, E5	N
U.2	Génération et consommation d'énergie	S2, S4, S5, S6	N	N
	Purge de chaudière	N	E5	N
U.3	Utilisation d'eau			
	Installation de déminéralisation	N	E1, E2, E3, E5	W1, W3
U.4	Génération de vide	S1	E1	N
U.5	Réfrigération	S7	E5	N
U.6	Génération d'air comprimé	N	N	N

Tableau 3.19 : Impacts, sur l'environnement, des modes d'exploitation du secteur FDM [1, CIAA, 2002]

Code	Emissions dans l'air
S1	Odeur
S2	Poussière
S3	Matières organiques *
S4	CO ₂
S5	NO ₂
S6	SO ₂
S7	NH ₃
M	Mineures
N	Aucune

* Les matières organiques couvrent les émissions contenant des matières organiques dans les conditions de traitement réelles, et ceci sans tenir compte de la pression de vapeur des composants individuels présents dans l'émission

Tableau 3.20 : Codes utilisés
[1, CIAA, 2002]

Code	Émissions dans l'eau
E1	Matières organiques solubles (DBO/DCO)
E2	Solides totaux en suspension
E3	Acides/alcalis
E4	Matières grasses, huiles grasses
E5	Nitrate, nitrite, ammoniac, phosphate
E6	Solides dissous
M	Mineures
N	Aucune

Tableau 3.21 : Codes utilisés pour les émissions dans l'eau
[1, CIAA, 2002]

Code	Extrants solides
W1	Organiques, c'est-à-dire les produits résiduaires / matières de transformation
W2	Huiles / matières grasses / graisses
W3	Matières inorganiques, par exemple terre, carbonate de calcium et terre décolorante
W4	Solvant
W5	Métaux, dont le catalyseur au nickel
W6	Emballage provenant des opérations processuelles, par exemple papier, carton ou barils
M	Mineurs
N	Aucun

Tableau 3.22 : Codes utilisés pour les extrants solides
[1, CIAA, 2002]

3.2.1 Manutention et stockage des matières (A.1)

3.2.1.1 Eau

La principale libération dans l'eau est provoquée par les fuites. Pendant le transport par l'eau de matières premières solides, telles que les légumes, les racines et tubercules, des solides inorganiques en suspension et des composés solubles sont libérés dans l'eau. Le nettoyage des différentes conduites et des réservoirs de stockage contribue également à faire consommer de l'eau et à former la charge d'eaux usées. Ces dernières peuvent également contenir des solutions acides / alcalines, des matières grasses, huiles et graisse, du nitrate, nitrite, de l'ammoniaque et du phosphate.

3.2.1.2 Émissions dans l'air

Les émissions dans l'air peuvent se produire par les orifices des récipients pendant le remplissage et/ou le convoyage par air. Ces émissions peuvent inclure de la poussière, des COV et des odeurs, en quantités habituellement mineures et aux effets locaux.

3.2.1.3 Extrants solides

Certains résidus solides peuvent provenir de récipients ou d'autres équipements servant à manutentionner les matières, et d'emballages. Ils peuvent par exemple être réutilisés dans l'installation ou ailleurs, vendus comme nourriture pour animaux ou peuvent être éliminés en tant que déchets.

3.2.1.4 Énergie

La manutention des matières est mue presque exclusivement par l'électricité. Aucune chaleur significative n'est impliquée. Les problématiques environnementales sont mineures et se réfèrent à la consommation électrique.

3.2.1.5 Bruit

De brèves périodes bruyantes peuvent être engendrées par certains types de souffleries montées sur véhicule et servant à transférer des solides et liquides de véhicules routiers vers des silos et d'autres récipients.

3.2.1.6 Rejet accidentel

Des rejets accidentels peuvent se produire par exemple pendant le déchargement, au moment de débrancher et brancher les conduites, et pendant le stockage si les vannes ne sont pas entièrement fermées ou entretenues.

3.2.2 Trier/cribler, calibrer, décortiquer, équeuter/égrapper et parer (A.2)

3.2.2.1 Eau

Le criblage mouillé peut avoir pour résultat un flux d'eau usée contenant des matières organiques solubles et des matières en suspension (MES).

3.2.2.2 Émissions dans l'air

Le nettoyage à sec des aliments / matières premières agricoles peut générer de la poussière. L'odeur peut également être un problème. Ces émissions sont mineures par leurs quantités et locales par leurs effets.

3.2.2.3 Extrants solides

Les matières éliminées par le tri ou enlevées font l'objet d'une récupération la plus poussée possible et servent souvent, ensuite, de nourriture animale. S'il n'est pas possible d'utiliser ces matières, on les met au rebut en tant que déchets.

3.2.2.4 Énergie

Bien que le tri ne requière normalement que peu d'énergie, il y a de fortes variations dans la consommation d'électricité. Ainsi par exemple, dans la transformation des végétaux,

l'opération de tri consomme entre 0 et 20 kWh d'électricité par tonne de légumes congelés. [32, Van Bael J., 1998]

3.2.3 Peler (A.3)

3.2.3.1 Eau

Dans la plupart des opérations de pelage, on pulvérise de l'eau sur l'aliment pour en retirer la peau pelée. Ceci produit de l'eau usée qui contient des matières en suspension. Le pelage conventionnel à la vapeur ou à l'eau chaude fait appel à de grandes quantités d'eau, jusqu'à quatre fois celle requise par le pelage caustique, et produit des eaux à fortes teneurs en résidus de produits. Dans les installations de traitement des pommes de terre, le pelage représente 80 % de la DBO totale. Dans le traitement des fruits, les eaux usées issues du pelage peuvent représenter 10 % du flux total d'eaux usées et 60 % de la DBO. Les méthodes de pelage caustique à sec peuvent réduire grandement le volume et les concentrations dans les eaux usées provenant de cette opération, et permettent de collecter les pelures sous forme de pâte liquide pompable. L'utilisation d'un agent caustique au cours du pelage peut provoquer des fluctuations du pH dans les eaux usées. Certaines denrées comme les tomates par exemple requièrent des solutions fortement caustiques et l'ajout d'agents mouillants. Le pelage caustique à sec tend à abaisser la consommation d'agent caustique comparé aux méthodes mouillées. Dans le pelage à la vapeur, la majeure partie de la matière pelée est rejetée avec la vapeur ; il en résulte la collecte d'un flux résiduaire concentré. Les traces restantes sont chassées par pulvérisation d'eau. Ce procédé consomme moins d'eau que les méthodes de pelage « mouillé ».

3.2.3.2 Émissions dans l'air

L'utilisation du pelage à la flamme peut produire de la poussière et des émissions d'odeurs.

3.2.3.3 Extrants solides

Les pelures sont souvent récupérées et utilisées comme aliments pour animaux ; on les met sinon au rebut.

Le pelage par abrasion engendre une perte de produit nettement plus élevée que le pelage flash à la vapeur, les pertes de produit représentant 25 % contre 8 à 15 %, et la quantité d'eau usée produite est considérablement plus élevée. Dans le pelage caustique, les pertes de produit sont d'environ 17 %. Le pelage caustique à sec réduit la consommation d'eau et produit une pâte caustique concentrée à éliminer ensuite.

3.2.3.4 Énergie

Le pelage flash à la vapeur, le pelage caustique et le pelage à la flamme requièrent de la chaleur ; les autres opérations consomment de l'énergie électrique.

3.2.3.5 Bruit

Les émissions de bruits peuvent faire problème.

3.2.4 Laver (A.4) et décongeler (A.5)

3.2.4.1 Eau

Il faut de l'eau et les eaux usées contiennent généralement des matières organiques dissoutes, des matières en suspension et des sels.

3.2.4.2 Extrants solides

Les salissures et les matières végétales retirées pendant le lavage par exemple des betteraves à sucre et des pommes de terre sont renvoyées au champ pour épandage ou dans un centre d'enfouissement technique.

3.2.4.3 Énergie

La consommation d'électricité affectée aux opérations de lavage dépend fortement des légumes concernés. Le lavage des épinards par exemple est une opération à forte intensité énergétique.

Pendant les opérations de lavage, il est possible d'utiliser de l'eau chaude pour accroître la vitesse et l'efficacité du lavage. La plupart des entreprises ne font pas chauffer l'eau. On utilise parfois, pour laver, l'eau résiduelle chaude issue du système de blanchiment. [32, Van Bael J., 1998]

La décongélation à l'air chaud consomme de l'énergie.

3.2.5 Découper, trancher, hacher, émincer, dépulper et presser (B.1)

3.2.5.1 Eau

Les eaux usées proviennent principalement du nettoyage des équipements. Elle contient habituellement des matières organiques solubles telles que des particules de viande, de fruits et de légumes. Dans le traitement de la viande, les eaux usées contiennent également des protéines solubles, des huiles, matières grasses et graisses, ainsi que d'autres solides comme les sels de salaison.

3.2.5.2 Extrants solides

Les sous-produits générés dépendent de la matière première et du procédé ; dans la découpe de la viande par exemple, les os, la graisse et la peau sont des sous-produits typiques. On les utilise habituellement dans d'autres procédés de fabrication susceptibles de se trouver même hors du secteur FDM, tels que la fabrication de savon. D'autres extrants typiques comprennent les pelures de fruits et de légumes

3.2.5.3 Énergie

L'énergie électrique est utilisée dans différents équipements.

3.2.5.4 Bruit

Certains équipements utilisés, marchant à grande vitesse à l'électricité, peuvent générer de hauts niveaux de bruit, comme les scies circulaires qui scient les os et les dispositifs de coupe à bol. Toutefois, ceci ne constitue pas une problématique étant donné que le bruit, généralement, ne parvient pas à des récepteurs situés hors du site.

3.2.6 Mixtion / mélange, homogénéisation et conchage (B.2)

3.2.6.1 Eau

L'utilisation d'eau dans ce groupe d'opérations est habituellement restreinte aux équipements de nettoyage. La quantité utilisée dépend du type d'équipement. Les eaux usées qui en résultent contiennent des matières organiques solubles, des matières en suspension, des matières grasses, huiles et graisses ; elles peuvent aussi contenir du nitrate, nitrite, de l'ammoniaque et du phosphate.

3.2.6.2 Émissions dans l'air

Dans les opérations au cours desquelles sont traitées des matières solides et volatiles, des émissions dans l'air peuvent se produire. L'odeur peut être engendrée par des opérations impliquant des composés organiques volatiles (COV). La poussière est émise dans des opérations impliquant des solides tels que le mélange solide / solide.

3.2.6.3 Extrants solides

Dans les opérations dans lesquelles sont traités des matières solides, les extrants organiques solides peuvent être engendrés lorsqu'on vidange l'équipement en vue du passage à la charge suivante, ou pour le nettoyage. Normalement, certaines pertes se produisent pendant de telles opérations. Ces déchets solides peuvent être composés de matières premières ou de produits résiduels. Une exploitation soignée et une gestion de bonne qualité permettent souvent de réduire la quantité d'extrants solides et tous extrants apparus peuvent être réutilisés ou vendus comme aliments pour animaux.

3.2.6.4 Énergie

Les modes d'exploitation de ces unités requièrent généralement de l'énergie électrique comme intrant.

3.2.6.5 Bruit

L'homogénéisation peut être une source de bruit.

3.2.7 Broyer / moudre et écraser (B.3)

3.2.7.1 Eau

Le broyage mouillé consomme de grandes quantités d'eau.

3.2.7.2 Émissions dans l'air

Les opérations impliquant des solides produisent de la poussière. Des COV peuvent également être émis.

3.2.7.3 Extrants solides

Des extrants organiques solides sont générés lorsqu'on vide l'équipement pour passer à la charge suivante ou afin de le nettoyer. Certaines pertes se produisent aussi pendant ces opérations. Ces extrants solides peuvent également se composer de matières premières ou de produits résiduels ; il est possible de les retraiter ou de les vendre comme nourriture animale.

3.2.7.4 Énergie

Le broyage demande un apport d'énergie significatif.

3.2.7.5 Bruit

Le broyage est source de bruit.

3.2.8 Former / mouler et extruder (B.4)

3.2.8.1 Eau

Les eaux usées sont générées pendant le nettoyage des équipements et contiennent en premier lieu des matières organiques solubles ainsi que des matières en suspension ; elles peuvent aussi contenir du nitrate, du nitrite, de l'ammoniaque et du phosphate.

3.2.8.2 Émissions dans l'air

L'extrusion à hautes températures peut provoquer l'émission dans l'air de COV et d'odeur.

3.2.8.3 Extrants solides

Ces opérations peuvent produire certains déchets solides vu la perte de produit au commencement et à la fin du procédé de production.

3.2.8.4 Énergie

Les extrudeuses sont généralement grosses consommatrices d'énergie.

3.2.9 Extraction (C.1)

3.2.9.1 Eau

L'utilisation de l'eau est une problématique lorsqu'on s'en sert comme solvant dans le procédé d'extraction. De même, l'équipement d'extraction est nettoyé régulièrement pour lui conférer des conditions de marche efficaces et optimales. La fréquence des nettoyages dépend du produit et de la conception de l'extracteur. Le nettoyage produit des eaux usées contenant des matières organiques solubles et insolubles ainsi que des matières en suspension.

Ainsi par exemple, dans le procédé d'extraction à l'hexane de l'huile présente dans les graines oléagineuse, il faut de l'eau de refroidissement à raison de 0,2 à 14 m³/tonne de graines. En outre, une certaine quantité d'eau usée est produite, provenant principalement de la séparation hexane/eau, qui représente entre 0,2 et 0,5 m³/tonne de graines ; la charge étant comprise entre 0,1 et 1 kg de DCO/tonne de graines. Les quantités d'eau consommée et polluée dépendent du système à eau de refroidissement (passage unique ou avec recyclage) et du type de graines oléagineuses. Le débit de passage dans le toasteur influe aussi considérablement sur ces paramètres. La consommation d'eau requise par le pressage de l'huile est minime.

3.2.9.2 Émissions dans l'air

L'extraction à l'aide de solvants organiques volatiles peut provoquer l'émission de COV. La Directive du Conseil 1999/13/CE [157, EC, 1999] contient des dispositions sur l'extraction de l'huile des graines oléagineuses, des valeurs limites assignées aux émissions de COV pendant l'extraction de l'huile végétale et l'extraction de graisse animale, ainsi qu'aux activités de raffinage de l'huile végétale.

Les installations d'extraction peuvent également dégager des odeurs du fait de l'émission de H₂S et composés organiques. Lorsque l'extraction a lieu avec de l'eau, de la vapeur d'eau contenant des COV non condensable peut se dégager dans l'air.

3.2.9.3 Extrants solides

Les extrants solides peuvent être réutilisés à titre de produit ou de coproduit, ou éliminés. Ainsi par exemple, après l'enlèvement de l'eau adhérente, le marc de café épuisé peut servir de

combustible à brûler dans des chaudières à vapeur ou servir de matière première destinée à une transformation avancée. Les extrants solides peuvent contenir des solvants.

3.2.9.4 Énergie

Il faut de l'énergie électrique et de la vapeur ; les niveaux dépendent du type d'application. Ainsi par exemple, la consommation énergétique est comprise entre 170 et 390 kWh de vapeur (600 à 1 400 MJ) et 30 à 60 kWh d'électricité par tonne de graines oléagineuses (100 à 200 MJ). La consommation d'énergie dépend principalement du type de graine oléagineuse et du type de circuit à eau de refroidissement.

3.2.9.5 Bruit

Sources de bruit possibles : les tours de refroidissement, les ventilateurs et les vannes de sécurité affectées aux circuits de vapeur.

3.2.10 Désionisation (C.2)

3.2.10.1 Eau

La régénération des colonnes échangeuses d'ions produit de l'eau chargée des produits chimiques qui ont servi à la génération ; il s'agit habituellement d'acides ou d'alcalis et de saumure, des ions retirés du produit, de minéraux et d'impuretés extraites de la colonne utilisée. Le pH de l'eau usée fluctue. La régénération commence par un rinçage, avec de l'eau, des colonnes échangeuses d'ion. Ceci produit une eau usée contenant des matières organiques solubles et des résidus de produit qui, suivant leur dilution, pourront être retraités.

3.2.10.2 Extrants solides

Le seul extrant solide, c'est la résine échangeuse d'ions à la fin de sa vie utile. Cette durée de vie peut être comprise entre 6 mois et 10 ans, ceci dépendant du mode d'opération et du produit, ainsi que du type de résine échangeuse d'ions utilisée.

3.2.11 Affinage (C.3)

3.2.11.1 Eau

Les eaux usées produits contiennent des matières organiques solubles et des matières en suspension.

3.2.11.2 Extrants solides

Les extrants solides produits contiennent des matières organiques et inorganiques.

3.2.12 Centrifugation et décantation (C.4)

3.2.12.1 Eau

L'eau est utilisée périodiquement pour nettoyer l'équipement de séparation. La fréquence du nettoyage et les volumes d'eau utilisés varient en fonction du produit et de l'équipement. Parfois, l'eau peut être retraitée. Les eaux usées peuvent être produites au cours du nettoyage de l'équipement ainsi que sous forme de produits résiduels séparés provenant du procédé opérationnel et qui contiendront des matières organiques dissoutes et des matières en suspension.

3.2.12.2 Extrants solides

Les pâtes liquides issues de séparateurs centrifuges peuvent parfois resservir dans le procédé ou il faut sinon s'en débarrasser. Ces pâtes liquides produites contiennent des matières organiques et inorganiques.

3.2.12.3 Énergie

La centrifugation consomme des quantités non négligeables d'énergie. Lorsqu'on recourt à la décantation, il faut de l'énergie électrique pour réaliser les opérations de pompage.

3.2.12.4 Bruit

Le fonctionnement des centrifugeuses peut engendrer des niveaux de bruit relativement élevés à proximité de ces machines et il faut par conséquent mettre des mesures de contrôle appropriées en place.

3.2.13 Filtrage (C.5)

3.2.13.1 Eau

Suivant le but final de l'opération de filtration, le procédé peut donner des eaux usées contenant des matières organiques dissoutes, des matières en suspension, des matières grasses, huiles et graisses.

3.2.13.2 Émissions dans l'air

L'air rejeté par la pompe à vide pendant la filtration sous vide peut contenir de la poussière. Ces émissions se produisent en faibles quantités.

3.2.13.3 Extrants solides

La filtration produit des déchets requérant une méthode adéquate de récupération ou d'élimination. Exemple : la terre de décoloration dans le raffinage de l'huile alimentaire et la diatomite en brasserie.

3.2.13.4 Énergie

Le pompage consomme de l'énergie électrique.

3.2.14 Séparation membranaire (C.6)

3.2.14.1 Eau

L'eau sert périodiquement pour nettoyer les équipements de séparation. La fréquence du nettoyage et les volumes d'eau utilisés varient en fonction du produit et de l'équipement. L'eau usée provient du lavage ainsi que des produits résiduels séparés du procédé, et contient des matières organiques dissoutes et des matières en suspension.

3.2.14.2 Énergie

La séparation membranaire est un procédé dont la pression est le moteur, raison pour laquelle il faut de l'énergie électrique. Dans l'électrodialyse, l'énergie électrique sert à transporter les ions.

3.2.15 Cristallisation (C.7)

3.2.15.1 Eau

Dans les opérations de cristallisation, l'eau sert au refroidissement et circule normalement en circuit fermé. Suivant les équipements de refroidissement, on fait recirculer l'eau par le biais d'unités génératrices d'un froid vif, de tours de refroidissement ou de bassins de refroidissement. Les eaux usées contenant des matières organiques solubles sont engendrées après l'enlèvement des cristaux.

3.2.15.2 Extrants solides

Dans le procédé de raffinage, on utilise du carbone activé si nécessaire. Le carbone activé épuisé est soit régénéré soit éliminé en tant que déchet.

3.2.15.3 Énergie

Il faut de l'électricité pour faire tourner les pompes et les moteurs. Le système de refroidissement demande de l'énergie.

3.2.16 Enlèvement des acides gras libres (AGL) par neutralisation (C.8)

3.2.16.1 Eau

Le procédé de neutralisation demande de l'eau de refroidissement. Les eaux usées résultant d'une combinaison de la neutralisation et du fractionnement de la pâte de neutralisation se trouvent à environ 100 °C, elles sont très acides et contiennent des sels de sulfate de sodium ou de chlorure de sodium et de phosphate de sodium à hautes concentrations. Si on utilise de l'acide citrique, ceci accroît la charge DBO de l'eau usée. L'élimination des eaux usées processuelles contenant de fortes concentrations en sulfate (> 2 000 mg/l) dans une station municipale d'épuration des eaux usées peut provoquer la corrosion du béton. Les niveaux de phosphore peuvent être élevés. Les eaux usées peuvent également contenir des matières grasses, huiles et graisses.

3.2.16.2 Émissions dans l'air

Le système d'acidulation de la pâte de neutralisation peut être une source d'odeurs.

3.2.16.3 Extrants solides

Les acides gras sont considérés comme un sous-produit. Le traitement d'eaux usées provenant de la neutralisation peut donner de grandes quantités de boue due à la présence de phosphates et sulfates. L'eau usée peut présenter de fortes concentrations salines.

3.2.16.4 Énergie

La génération de vapeur, principale source d'énergie dans la neutralisation et dans le fractionnement de la pâte de neutralisation, consomme des quantités importantes d'énergie.

3.2.17 Blanchiment (C.9)

3.2.17.1 Émissions d'air

Il peut y avoir des émissions d'odeurs.

3.2.17.2 Extrants solides

L'extrait solide généré par le blanchiment est connu sous le nom de terre épuisée. Vu sa forte teneur en huile, elle s'assortit d'un risque d'auto-ignition. La terre épuisée produite par une raffinerie d'huile peut être ajoutée à la farine engendrée par l'écrasement pour fabriquer un sous-produit. La terre épuisée utilisée pour blanchir les huiles durcies peut aussi venir s'ajouter à la farine tant qu'elle ne contient pas de nickel et/ou de carbone activé. Elle a sinon une valeur calorifique élevée et sert de source d'énergie, par exemple lors de la production de béton ou de biogaz.

3.2.17.3 Énergie

Il faut de la vapeur pour récupérer l'huile présente dans la terre de blanchiment épuisée. L'huile et la terre de blanchiment épuisée sont chauffées à la vapeur pendant le procédé de blanchiment.

3.2.18 Désodorisation par fractionnement à la vapeur (C.10)

3.2.18.1 Eau

L'eau sert à faire refroidir les condenseurs. L'eau provenant des condenseurs barométriques peut être polluée. Dans un condenseur barométrique à passage unique, la charge thermique appliquée à l'eau de surface est équivalente à la consommation de vapeur dans le système sous vide. L'eau usée produite contient des matières organiques solubles, des matières en suspension, des matières grasses, huiles et graisses.

3.2.18.2 Émissions dans l'air

Les pompes à vide rejettent des composés organiques qui peuvent occasionner des problèmes d'odeurs.

3.2.18.3 Extrants solides

Les acides gras et les distillats sont produits par le biais de ce procédé. Dans la plupart des cas, ils ne sont pas considérés comme des sous-produits.

3.2.18.4 Énergie

Cette technique processuelle a besoin d'énergie sous forme de vapeur et d'électricité. La consommation d'énergie électrique est comprise entre 17 et 42 kWh/tonne de produit (60 – 150 MJ/t) ; la consommation de vapeur est comprise entre 115 et 310 kWh/tonne de produit (420 - 1120 MJ/t).

3.2.18.5 Bruit

Les ventilateurs de la tour de refroidissement peuvent créer des problématiques en raison du bruit.

3.2.19 Décoloration (C.11)

3.2.19.1 Eau

Pendant les séquences de démarrage et d'arrêt, de petits volumes de produit aqueux peuvent être rejetés, qui contiennent des matières solides en faibles quantités. Dans certains cas, ces rejets peuvent être retraités / réutilisés dans le procédé. Toutefois, il n'est pas toujours économique de concentrer cette matière, auquel cas elle est rejetée dans les eaux usées. Ces eaux peuvent contenir des matières organiques dissoutes, des matières en suspension et des solides dissous.

3.2.19.2 Extrants solides

Le procédé de décoloration produit un résidu de filtration composé de matière active, de tout auxiliaire de filtration utilisé et de certains produits résiduels. Cet extrant solide est parfois envoyé au centre d'enfouissement technique ou, suivant la nature, épandu / composté. Suivant le type de procédé/produit, cet extrant solide peut également servir d'aliment pour animaux.

3.2.19.3 Énergie

Tout chauffage du produit utilisé pour remplir des conditions de fonctionnement optimales peut faire l'objet d'une récupération par des systèmes récupérateurs de chaleur normaux. La régénération du carbone activé implique un passage au four à des températures élevées et en l'absence d'oxygène. Cette opération, qui a lieu principalement hors site, est assurée par des entreprises spécialisées.

3.2.20 Distillation (C.12)

3.2.20.1 Eau

Les alambics rejettent un liquide résiduel tel que les résidus de distillation, l'ale d'alambic, les lies épuisées et les wash épuisés. Les eaux usées contiennent des matières en suspension et des taux de DBO très élevés. Là où des systèmes de récupération existent, une part des résidus de distillation peut être réutilisée.

3.2.20.2 Émissions dans l'air

Les émissions dans l'air comprennent la poussière, les COV et les odeurs. Il peut y avoir des émissions mineures de substances volatiles non condensables, principalement du dioxyde de carbone et de l'éthanol en provenance des colonnes de distillation. Les alambics n'occasionnent aucune problématique d'émission dans l'air.

3.2.20.3 Extrants solides

Les résidus de distillation concentrés ou les résidus secs peuvent servir dans l'alimentation animale, comme substance alimentatrice dans la production de sucre et la production basée sur des grains ; ces résidus peuvent aussi être épandus dans les champs ou éliminés autrement en tant que déchets. Les extrants solides servent aussi pour produire du méthane, un gaz utilisé dans la production d'énergie. Ceci peut améliorer le bilan énergétique du procédé de distillation.

3.2.20.4 Énergie

La tour de distillation est chauffée à la vapeur. Pour les alambics, il faut entre 12 et 13 kWh par litre d'alcool pur.

3.2.20.5 Bruit

Une partie de l'équipement de production peut émettre du bruit à un haut niveau, par exemple pendant la concentration des résidus de distillation ou durant la déshydratation de l'alcool par le biais de l'adsorption par tamis moléculaire.

3.2.21 Trempage (D.1)

3.2.21.1 Eau

Le trempage demande de l'eau et, par voie de conséquence, il produit une certaine quantité d'eaux usées contenant de la matière organique dissoute et des matières en suspension.

3.2.21.2 Extrants solides

Il peut y avoir production de souillures bien qu'on les retire d'habitude pendant le trempage. Ce dernier peut également produire des extrants solides organiques.

3.2.22 Dissolution (D.2)

3.2.22.1 Eau

Le nettoyage est une source d'eaux usées. Ces eaux peuvent contenir des résidus de produit, par exemple de la poudre et de l'huile provenant du rinçage, faisant que ces eaux usées contiennent des matières organiques dissoutes, des solides dissous et des matières en suspension

3.2.22.2 Émissions dans l'air

Le renversement des sacs peut produire de la poussière. Ces émissions sont généralement mineures et demeurent généralement à l'intérieur des bâtiments.

3.2.22.3 Énergie

Le procédé de dissolution consomme de la vapeur et de l'électricité.

3.2.23 Solubilisation / alcalisation (D.3)

3.2.23.1 Eau

L'eau usée est engendrée par le nettoyage d'équipements et contient généralement des matières organiques solubles, des composés en suspension, des matières grasses, huiles et graisses

3.2.23.2 Émissions dans l'air

Les émissions dans l'air se composent généralement de vapeur d'eau contenant des concentrations faibles de COV et de poussière. Les odeurs peuvent également faire problème.

3.2.23.3 Énergie

Un exemple de la quantité d'énergie généralement demandée par une tonne de cacao figure au Tableau 3.23.

	Puissance électrique (kJ/kg)	Puissance électrique (kWh/kg)	Vapeur (kg/t)	Vapeur (kWh/t)
Procédé liquide	35 – 70	0,010 – 0,019	300 – 500	233 – 389
Alcalisation des nibs	35 – 550	0,010 – 0,153	700 – 1000	548 – 778

Tableau 3.23 : Demande type d'énergie par tonne de cacao [1, CIAA, 2002]

3.2.24 Fermentation (D.4)

3.2.24.1 Eau

On utilise de l'eau pour faire refroidir les récipients de fermentation. D'habitude, on se sert d'eau de refroidissement provenant des tours de refroidissement ou d'un système dédié à passage unique. Les eaux usées résultent du nettoyage des équipements et récipients. Elles contiennent généralement des matières premières et des résidus de produits fermentés. La levure contient, en tant que produit organique, une forte teneur en DCO et en matières en suspension ; elle contribue grandement, avec la phase liquide qui la transporte, à la charge de DCO des eaux usées.

3.2.24.2 Émissions dans l'air

Les émissions dans l'air sont l'alcool et le CO₂ qui est un produit naturellement issu de la fermentation alcoolique. Dans un procédé contrôlé de fermentation, c'est généralement une pratique courante de rejeter ces émissions dans l'air mais il peut arriver qu'on les récupère pour les faire resservir. L'odeur peut également constituer un problème.

3.2.24.3 Extrants solides

Les levures de brasserie sont un sous-produit communément utilisé, à titre secondaire, comme produits alimentaires ou aliments pour animaux.

3.2.24.4 Énergie

Il faut de l'énergie électrique pour faire circuler l'eau de refroidissement.

3.2.25 Coagulation (D.5)

3.2.25.1 Eau

Il faut de l'eau pour laver le caillé. Les eaux usées sont engendrées pendant le lavage de l'équipement, elles contiennent des matières organiques dissoutes et des matières en suspension.

3.2.25.2 Énergie

Il faut de l'énergie pour le traitement thermique sous forme de vapeur, et de l'électricité pour assurer le refroidissement.

3.2.26 Germination (D.6)

3.2.26.1 Eau

Il faut un peu d'eau pour humidifier l'air.

3.2.26.2 Émissions dans l'air

L'air provenant du procédé de germination est chargé de vapeur d'eau et de quantités mineures de COV susceptibles d'émettre des odeurs.

3.2.26.3 Énergie

Il faut de l'énergie pour conditionner et faire circuler l'air.

3.2.27 Saumurage / salaison et macération (D.7)

3.2.27.1 Eau

La saumure jetée après utilisation, ou la saumure excédentaire provenant des bains d'immersion est rejetée sous forme d'eaux usées. La quantité rejetée dépend de la méthode de saumurage ou de salaison utilisée. Cette eau usée contient du sel, des sels de salaison et d'autres ingrédients, donc aussi des composés solubles du produit tels que les protéines exsudées par le produit au cours du saumurage. Le nettoyage des locaux et de l'équipement génère également des eaux usées contenant des ingrédients résiduels de salaison, des résidus de produits, des matières organiques dissoutes, des solides dissous et des matières en suspension.

3.2.28 Fumage (D.8)

3.2.28.1 Eau

Les eaux usées générées pendant le nettoyage contiennent des matières organiques solubles, des résidus de produits chimiques provenant des phases vapeur et liquide de la fumée, ainsi que des produits chimiques de nettoyage.

3.2.28.2 Émissions dans l'air

De fortes odeurs sont engendrées pendant le fumage et les opérations de séchage. Les émissions sont beaucoup plus fortes pendant la séquence de fumage que pendant celle de séchage. La fumée libérée peut également contenir certains COV. Certaines installations débarrassent la fumée de ses odeurs avant de la rejeter dans l'atmosphère

3.2.28.3 Extrants solides

Cendres du bois.

3.2.28.4 Énergie

Il faut de l'énergie pour générer de la fumée, pour chauffer et sécher.

3.2.29 Durcissement (D.9)

3.2.29.1 Eau

L'eau sert à des fins de refroidissement, vu qu'il faut que la température du produit ne dépasse pas 100 °C. La vapeur générée à partir d'eau déminéralisée est nécessaire pour chauffer les autoclaves et/ou réacteurs. Le nettoyage de l'installation consomme aussi de l'eau. La consommation d'eau est comprise entre 0,8 et 2 m³ d'eau potable et/ou d'eau déminéralisée par tonne de produit. Ceci dépend du type de système de refroidissement. La consommation d'eau de refroidissement est comprise entre 2 et 5 m³/tonne de produit.[109, CIAA-FEDIOL, 2002]. L'eau de nettoyage issue de ces opérations peut contenir des traces de nickel capables de s'accumuler dans la boue d'une SEEU, donc de le contaminer. Les eaux usées produites contiennent des matières organiques solubles, des matières en suspension, des matières grasses, huiles et graisses.

3.2.29.2 Émissions dans l'air

Les émissions d'hydrogène, par exemple en cas de panne de l'installation, s'assortissent d'un risque d'explosion / d'incendie.

3.2.29.3 Extrants solides

Les extrants solides contiennent le nickel épuisé que des entreprises spécialisées peuvent recycler.

3.2.29.4 Énergie

L'énergie est fournie sous forme de vapeur et d'électricité. La consommation totale d'énergie est comprise entre 110 et 280 kWh/tonne de produit (entre 400 et 1 000 MJ/t).

3.2.29.5 Bruit

Le bruit des tours de refroidissement, compresseurs et systèmes générateurs de vide peut constituer une nuisance.

3.2.30 Sulfitage (D.10)

3.2.30.1 Émissions dans l'air

Le SO₂ est une substance préoccupante au niveau de l'environnement. Toutefois, il est facilement absorbé par le liquide à traiter, le vin par exemple, et les émissions résiduelles réelles sont extrêmement faibles.

3.2.31 Carbonatation (D.11)

3.2.31.1 Émissions dans l'air

Le CO₂ excédentaire est relâché dans l'air. Si l'on utilise un four à chaux, il y a émission de CO due à la combustion inévitablement incomplète à l'intérieur du four. Des produits issus de la combustion du SO₂ et du NO_x se manifestent également et sont rejetés dans l'atmosphère accompagnés de petites quantités de poussière. Les hydrateurs à chauds, utilisés conjointement aux fours, émettent aussi de petites quantités de poussière. Le four est d'habitude équipé d'un orifice de délestage de la surpression. Les gaz s'échappant normalement du four sont lavés avant d'être introduits dans le procédé. Les gaz d'échappement et vapeurs provenant des récipients de carbonatation contiennent du NH₃, du CO et d'autres composés nauséabonds.

3.2.31.2 Extrants solides

Tout précipitât formé pendant la carbonatation est séparé du jus de sucre et est parfois envoyé à l'épandage dans les champs. Les résidus issus de la production et de l'hydratation de la chaux sont envoyés au centre d'enfouissement technique ou servent par exemple pour paver les routes ou former les ballasts de chaussée.

3.2.31.3 Bruit

Si l'on utilise un four à chaux, le chargement de la pierre à chaux et du coke peuvent porter le bruit jusqu'en dehors du site.

3.2.32 Carbonation (D.12)

3.2.32.1 Émissions dans l'air

Il y a un risque de rejet accidentel de CO₂.

3.2.32.2 Énergie

Il faut de l'énergie pour faire marcher les échangeurs thermiques et refroidisseurs.

3.2.33 Enduction / pulvérisation / enrobage / agglomération / encapsulation (D.13)

3.2.33.1 Eau

Les eaux usées sont produites par le nettoyage de l'équipement. Ces eaux contiennent des résidus de produit consistant en des matières organiques dissoutes, des matières en suspension, des matières grasses, huiles et graisses.

3.2.33.2 Émissions dans l'air

Dégagement d'odeur

3.2.33.3 Extrants solides

Les extrants solides produits contiennent des matières organiques et inorganiques.

3.2.34 Vieillessement (D.14)

3.2.34.1 Eau

L'eau sert à nettoyer, ce qui génère des eaux usées contenant des matières organiques solubles et des matières en suspension.

3.2.34.2 Émissions dans l'air

Les émissions dans l'air comprennent les odeurs et les COV.

3.2.34.3 Extrants solides

Il y a production d'extrants solides contenant des matières organiques. Il peut également y avoir production de déchets issus des emballages.

3.2.35 Fusion (E.1)

3.2.35.1 Eau

Le nettoyage engendre des eaux usées. Ces eaux usées ont généralement une DBO élevée, elles peuvent contenir des matières en suspension, des matières grasses, huiles et graisses.

3.2.35.2 Émissions dans l'air

Des odeurs peuvent se dégager pendant le procédé de fusion à sec des résidus carnés par exemple.

3.2.35.3 Extrants solides

Une phase solide demeure dans certains procédés de fusion. Cette phase est considérée comme un sous-produit.

3.2.35.4 Énergie

Dans le procédé de fusion, la principale composante énergétique est la vapeur utilisée.

3.2.36 Blanchiment (E.2)

3.2.36.1 Eau

Le lessivage - des sucres, amidons et d'autres composés organiques solubles issus des fruits ou légumes crus - dans l'eau de blanchiment, donne des taux élevés de DBO, de matières en suspensions et de solides dissous. L'eau de blanchiment étant normalement réutilisée / recyclée, le volume d'eaux usées provenant du blanchiment est, normalement, relativement faible. Toutefois, ceci tend à hausser la concentration des polluants dans les eaux usées.

3.2.36.2 Émissions dans l'air

Il peut y avoir rejet de vapeur / d'eau dans l'air. Suivant la matière première en cours de blanchiment, l'air sortant peut contenir de faibles teneurs en COV, ce qui peut générer des odeurs peu intenses.

3.2.36.3 Extrants solides

Des matières organiques solides peuvent s'accumuler au fond des blancheurs. Il faut les en retirer périodiquement.

3.2.36.4 Énergie

L'énergie utilisée sert à faire chauffer l'eau de blanchiment.

3.2.37 Cuisson et ébullition (E.3)

3.2.37.1 Eau

La transformation et le nettoyage produisent des eaux usées, lesquelles contiennent des résidus de produit. Les eaux usées produites contiennent également des matières organiques dissoutes, des matières en suspension, des matières grasses, huiles et graisses, des solides dissous et parfois du nitrate, du nitrite, de l'ammoniaque et du phosphate.

3.2.37.2 Émissions dans l'air

Les émissions dans l'air incluent les odeurs et les COV.

3.2.37.3 Extrants solides

Des extrants solides contenant des matières organiques, des matières grasses, huiles et graisses peuvent provenir du nettoyage de l'équipement de cuisson.

3.2.37.4 Énergie

La cuisson et l'ébullition consomment de l'énergie pour produire la chaleur requise, par exemple, pour obtenir de la vapeur.

3.2.38 Cuisson au four (E.4)

3.2.38.1 Eau

La cuisson produit des eaux usées contenant des matières organiques solubles, des matières en suspension, des matières grasses, huiles et graisses.

3.2.38.2 Émissions dans l'air

La cuisson au four émet dans l'air des COV, des odeurs et du CO₂, ainsi que de la vapeur d'eau. Dans une boulangerie industrielle par exemple, dotée d'une capacité de production de 340 tonnes par jour, les fours émettent dans l'air de l'éthanol à une concentration d'environ 1 g/Nm³. L'indicateur de comparaison environnemental, proposé au Royaume-Uni et visant l'émission moyenne annuelle d'éthanol, s'élève à 0,0192 g/Nm³ ; l'indicateur de comparaison moyen horaire a été fixé à 0,576 g/Nm³ [102, UK, 2002].

3.2.38.3 Extrants solides

La cuisson au four produit des extrants solides contenant des matières organiques. Certains résidus peuvent provenir du nettoyage à sec.

3.2.38.4 Énergie

Les fours sont chauffés à l'aide soit d'énergie électrique soit de combustible (gaz naturel ou fioul). Les fours infrarouges font appel à des types spéciaux de brûleurs. La consommation d'énergie requise par la cuisson au four est normalement comprise entre 0,125 et 0,167 kWh/kg de produit (entre 450 et 600 kJ/kg).

3.2.39 Torréfaction (E.5)

3.2.39.1 Eau

De petites quantités d'eau sont utilisées pour stopper la torréfaction du café, des céréales et de la chicorée. Cette eau en partie s'évapore dans l'air, en partie elle est absorbée par le produit, c'est le cas par exemple avec le café.

3.2.39.2 Émission

Les sorties tant du torréfacteur que du dispositif de refroidissement contiennent des composants odoriférants, du CO₂, du NO₂ et des COV. La concentration de COV qui provoquent les odeurs est plus élevée à la sortie du torréfacteur qu'à la sortie du dispositif de refroidissement. Les niveaux de COV sont plus élevés lorsqu'on pousse plus la torréfaction, par exemple lorsque la température du produit est plus élevée en fin de procédés de torréfaction. La différence d'émissions entre un produit faiblement torréfié et un produit fortement torréfié (c'est-à-dire très bruni) peut aller du simple au décuple. Avec les torréfacteurs à charges successives, les concentrations les plus élevées sont émises juste avant la fin du procédé de torréfaction. Dans les torréfacteurs opérant en continu, les émissions sont continues elles aussi. Le niveau absolu de COV dépend de la température du produit à la fin de la torréfaction ; de la quantité d'air utilisée pour torréfier, laquelle a un effet diluant ; du produit lui-même et de la durée de la torréfaction. Les émissions de substances organiques et les pertes organiques à la torréfaction résultent de la décomposition ou de réactions chimiques de substances comme, par exemple, l'acide chlorogénique, l'acide citrique, l'acide oxalique, les protéines crues et la trigonelline. Les composés à base d'azote comme les amines, et les composés à base de soufre, comme par exemple les mercaptans, contribuent considérablement aux odeurs émises par les installations torréfactrices du café. Dans le gaz brut, des teneurs en substances odorantes pouvant atteindre 300 000 (UO/Nm³) ont été mesurées. Des concentrations massiques de COT pouvant atteindre 10 000 mg/Nm³ sont produites. L'ammoniac, l'oxyde d'azote, le dioxyde de carbone et du monoxyde de carbone sont également produits. Les émissions de poussières peuvent également causer des problèmes.

3.2.39.3 Extrants solides

Les extrants solides comprennent par exemple les peaux des grains de café. Le café peut produire des extrants solides représentant entre 0,1 et 1,5 % de la quantité de café vert.

3.2.39.4 Énergie

La consommation réelle d'énergie dépend du type de torréfacteur utilisé et également de la configuration du système à gaz de fumée.

3.2.40 Friture (E.6)

3.2.40.1 Eau

Le nettoyage des équipements génère des eaux usées contenant des matières grasses, huiles et graisses, sous forme de graisse libre et émulsionnée, ainsi que d'autres résidus de produits. L'eau résiduelle contient également des matières en suspension, des matières organiques dissoutes et des solutions acides/alcalines.

3.2.40.2 Émissions dans l'air

L'air au dessus de la friteuse est aspiré pour éviter les émissions dans l'environnement de travail. Cet air sortant peut contenir des COV tels que les produits de décomposition de l'huile alimentaire. Les odeurs peuvent également causer des problèmes en relation avec l'échappement de l'air.

3.2.40.3 Extrants solides

Il faut éliminer l'huile qui atteint la limite de sa durée de vie utile. L'extrait solide peut également contenir des matières inorganiques.

3.2.40.4 Énergie

Le chauffage du four à friture fonctionne habituellement au fioul ou à la vapeur.

3.2.41 Tempérage (E.7)

3.2.41.1 Eau

L'eau sert dans le refroidissement (système d'eau très froide en circuit fermé). Les eaux usées produites contiennent des matières organiques solubles et des matières en suspension.

3.2.41.2 Énergie

Il faut de l'électricité pour faire marcher les pompes, les mécanismes d'entraînement et le système de refroidissement.

3.2.42 Pasteurisation, stérilisation et UHT (E.8)

3.2.42.1 Eau

Il faut de l'eau et d'autres fluides de refroidissement vif pour refroidir après le traitement thermique. Le refroidissement après le traitement UHT peut avoir lieu en deux séquences, la première par un refroidissement flash à la pression atmosphérique dans des récipients à cet effet, suivi d'un refroidissement avec de l'eau.

Dans le cas du remplissage aseptique ou à chaud, des pertes de produits surviennent vu la formation de dépôts organiques et inorganiques sur les surfaces de transfert thermique. Ces dépôts sont ensuite rejetés dans les eaux usées pendant le nettoyage de l'équipement. Dans le cas du traitement thermique après la mise en boîte ou en bouteille, il faut de l'eau froide chlorée. Il en résulte des eaux usées contenant des matières organiques dissoutes et des matières en suspension.

3.2.42.2 Énergie

Pour réaliser le traitement thermique, il faut de l'énergie, d'habitude sous forme de vapeur ou d'eau chaude. Après le traitement thermique, l'énergie peut être récupérée par échange thermique dans une zone de l'installation dédiée à la récupération. Pour obtenir le refroidissement final, on utilise un fluide à cet effet. Le refroidissement peut se dérouler soit par passage unique, auquel cas l'eau de refroidissement se refroidit dans une tour, soit à l'aide d'un système à eau très froide circulant en circuit fermé. Ce système dernier cité fait appel à un système de réfrigération mécanique, donc consommateur d'énergie.

3.2.43 Évaporation (liquide vers liquide) (F.1)

3.2.43.1 Eau

L'enlèvement de dépôts pendant le nettoyage et les pertes de produit pendant les séquences de démarrage et de fermeture contribuent aux charges organiques et inorganiques présentes dans les eaux usées. Pendant l'évaporation, des condensats provenant du produit se forment également. Suivant leur contenu, par exemple organique, inorganique ou sous forme de matières en suspension, ces condensats peuvent être réutilisés dans le procédé ou traités dans une SEEU. Les vapeurs finales sont condensées dans un condenseur ouvert ou fermé faisant appel à de l'eau de refroidissement. Les eaux usées contiennent des matières organiques et inorganiques dissoutes ainsi que des matières en suspension.

3.2.43.2 Émissions dans l'air

Des gaz parfois non condensables sont relâchés dans l'air pour assurer un transfert de chaleur efficace. Les effets environnementaux que cela peut avoir dépendent des gaz rejetés. La poussière et l'odeur peuvent également être un problème.

3.2.43.3 Énergie

Les besoins en vapeur d'évaporateurs mono-étagés vont de 1,1 à 1,2 tonnes de vapeur par tonne d'eau évaporée. On peut réduire les besoins énergétiques à l'aide d'évaporateurs multi-effets. Dans le cas des évaporateurs à double ou triple effet, les besoins en vapeur diminuent pour ne plus être que de respectivement 0,6-0,7 et 0,4 tonnes de vapeur par tonne d'eau évaporée. Il est donc possible de réduire la consommation de vapeur en recourant à la recompression mécanique ou thermique de la vapeur (voir les sections 4.2.9.2.1 et 4.2.9.2.2). Parfois, les gaz d'échappement peuvent servir pour récupérer l'énergie d'autres procédés tels que le séchage (voir section 3.2.44).

3.2.43.4 Bruit

Les procédés d'évaporation font souvent du bruit ; ce bruit provient en particulier du compresseur thermique, du compresseur mécanique, des éjecteurs de vapeur et de la haute vitesse des fluides présents dans les tuyauteries. Il est possible d'en venir à bout en installant une isolation phonique appropriée. Le bruit est également engendré par les pompes en raison de la cavitation.

3.2.44 Séchage (liquide vers solide) (F.2)

3.2.44.1 Eau

L'utilisation d'eau est normalement restreinte au nettoyage d'équipements. La quantité utilisée dépend grandement du type d'équipement. Pendant le nettoyage, les eaux usées engendrées contiennent des matières organiques solubles et des matières en suspension. Lorsqu'on utilise des épurateurs d'air, cela engendre un flux d'eaux usées contenant des matières inorganiques telles que de la poussière fine.

3.2.44.2 Émissions dans l'air

Le séchage à l'air chaud génère un gaz / une vapeur relâché(e) ensuite dans l'air. Ce gaz / cette vapeur peut contenir de la poussière et des COV provenant du produit. Ceci peut occasionner un problème d'odeurs requérant traitement avant le rejet. Si le séchage a lieu au moyen de brûleur directement alimentés en gaz ou en fioul, les gaz d'échappement peuvent contenir du CO₂, CO, SO₂, NO_x, ceci dépendant de la source de chaleur et du type de brûleur. Il faut respecter les exigences en matière de sécurité alimentaire, surtout lors du séchage de produits très sensibles.

3.2.44.3 Extrants solides

Il peut y avoir génération d'extrants solides lorsqu'on vide l'équipement en vue de la charge suivante ou pour le nettoyage. Cet extrant solide peut se composer de matières premières, de résidus de produits et de poussière récupérée dans l'air d'échappement. Ces produits solides / cette poussière peuvent être recyclés en direction du procédé ou vendus comme aliments pour animaux.

3.2.44.4 Énergie

Pour faire évaporer l'eau, il faut théoriquement 0,611 kWh d'énergie par kg d'eau (2,2 MJ/kg). Dans la pratique toutefois et en raison des pertes d'énergie encourues par le procédé, la consommation d'énergie requise pour faire évaporer l'eau est comprise entre 0,694 – 0,972 kWh/kg (2,5 à 3,5 MJ/kg).

3.2.44.5 Bruit

Le bruit peut être engendré par les orifices d'entrée et de sortie d'air des séchoirs. Si des chicanes antibruit servent à réduire le bruit au niveau des orifices de sortie, il faut les vérifier régulièrement pour qu'elles conservent leur efficacité.

3.2.45 Déshydratation (solide vers solide) (F.3)

3.2.45.1 Eau

L'eau peut servir au nettoyage de l'équipement ; l'eau usée qui en résulte contient des matières organiques dissoutes et des matières en suspension. Le nettoyage des tourailles servant à faire sécher le malt a lieu à sec.

3.2.45.2 Émissions d'air

Le procédé de déshydratation à l'air chaud libère de l'air chargé de vapeur d'eau contenant des COV et de la poussière. Si la déshydratation a lieu à l'aide de brûleurs directement alimentés, les gaz d'échappement peuvent aussi contenir du CO₂, CO, SO₂, et du NO_x, ceci dépendant de la source de chaleur et du type de brûleur. Suivant le type de matières premières ou de produit, la poussière peut être gluante et mouillée ; c'est le cas par exemple avec la farine issue de la transformation des graines oléagineuses. La poussière sèche peut être filtrée et la poussière mouillée récupérée à l'aide de cyclones. Les odeurs peuvent également être problématiques.

3.2.45.3 Extrants solides

Lors de la vidange de l'équipement en vue de la charge suivante ou pour le nettoyer, ces opérations peuvent produire des matières organiques solides. Ces extrants peuvent être composés de matière première, de résidus de produits et de poussière. Ces produits solides/poussière peuvent être recyclés dans le procédé lui-même ou vendus comme aliments pour animaux.

3.2.45.4 Énergie

Pour faire évaporer l'eau, il faut théoriquement 0,611 kWh d'énergie par kg d'eau (2,2 MJ/kg). Dans la pratique toutefois, cela dépend beaucoup du type de séchoir utilisé et la consommation d'énergie peut être comprise entre 0,556 et 1,08 kWh/kg d'eau (2,0 – 3,9 MJ/kg). Les séchoirs à vapeur peuvent avoir une consommation d'énergie considérablement plus basse s'ils intègrent plusieurs effets (évaporation multi-effets). Parfois, les gaz d'échappement provenant d'une installation de combustion (CHP) servent à sécher les produits, réduisant de la sorte la consommation directe d'énergie. Il est possible de réduire encore la consommation d'énergie requise par la déshydratation en accroissant la teneur en substance sèche du produit mouillé. On peut y parvenir au moyen de la pré-évaporation ou en utilisant un équipement spécial d'égouttage.

3.2.45.5 Bruit

Le bruit peut se manifester au niveau des orifices d'entrée et de sortie des séchoirs.

3.2.46 Refroidissement, application d'un froid vif et stabilisation par le froid (G.1)

3.2.46.1 Eau

L'eau peut servir de fluide de refroidissement dans un système à passage unique. Lorsque l'eau de refroidissement circule en circuit fermé, on peut recourir à des tours de refroidissement en circuit fermé pour retirer la chaleur.

3.2.46.2 Émissions dans l'air

Le refroidissement cryogénique dégage du N₂ ou du CO₂ sous forme gazeuse. Un équipement de réfrigération présentant des fuites peut provoquer des émissions de fluide frigorigène.

3.2.46.3 Énergie

Il faut de l'énergie électrique pour entraîner les pompes faisant circuler l'eau de refroidissement ou les ventilateurs dans le refroidissement par air. Les systèmes de réfrigération mécanique requièrent généralement entre 0,3 et 1,0 kWh d'électricité par effet refroidissant. Toutefois, leur consommation énergétique générale est nettement moindre que l'énergie totale requise pour fabriquer et utiliser du N₂ ou du CO₂ liquide.

3.2.46.4 Bruit

Les ventilateurs et tours de refroidissement peuvent engendrer des problèmes de bruit.

3.2.47 Congélation (G.2)

3.2.47.1 Eau

Les eaux usées, contenant parfois des saumures usées, peuvent provenir de la congélation par immersion.

3.2.47.2 Émissions dans l'air

La congélation cryogénique provoque des émissions de N₂ ou de CO₂ gazeux.

3.2.47.3 Énergie

La consommation d'énergie constitue la problématique environnementale majeure. Les ventilateurs ont besoin d'énergie électrique pour faire circuler l'air et pour le système de congélation. Ainsi par exemple, la surgélation est la séquence la plus forte consommatrice d'énergie dans la consommation de légumes surgelés, avec 80 à 280 kWh/tonne de légumes congelés. De même, de l'énergie sous forme d'eau chaude est également consommée à raison d'env. 0,003 kWh/ par m² (0,01 MJ/m²) de surface de sole du tunnel / par heure de fonctionnement. La consommation d'énergie par un tunnel de congélation dépend de différents facteurs et la liste suivante se sert de la surgélation des fruits et légumes pour les illustrer [32, Van Bael J., 1998]. La consommation d'énergie dépend par exemple des facteurs suivants :

- Le type d'aliments à congeler ; les légumes volumineux, par exemple, les bouquets de choux-fleurs, sont plus difficiles à congeler que les petits légumes comme les pois ou les carottes découpées en dés.
- La température des aliments à l'entrée du tunnel de congélation. Plus cette température est élevée et plus il faut ôter de chaleur aux aliments avant de les congeler.
- Le débit massique des aliments. Plus ce débit est élevé, plus la quantité d'énergie à ôter l'est aussi, et plus la demande d'air froid dans le tunnel est élevée.
- Le temps de séjour, qui détermine également la demande d'air froid dans le tunnel de congélation. Plus le temps de séjour est élevé et plus l'aliment a de chances de geler. L'épaisseur de la couche d'aliment est directement proportionnelle au temps de séjour requis.
- La consommation d'énergie, laquelle est déterminée par les débits d'air dans le tunnel de congélation. Plus les débits d'air sont élevés et plus l'est aussi l'échange thermique entre les évaporateurs et l'air d'une part, l'air et les aliments d'autre part. Des débits d'air assez élevés entraînent une assez forte consommation d'énergie par les ventilateurs et des charges de refroidissement plus forte pour le tunnel de congélation ; les moteurs tournant à pleine puissance ont besoin d'être refroidis.
- Le rendement ou le COP, qui joue un rôle dans la consommation d'énergie des tunnels de congélation. Comme nous l'avons vu précédemment, le rendement est principalement déterminé par la température de condensation et de l'évaporateur.

La consommation d'énergie par unité de poids de produit congelé dépend beaucoup des valeurs sur lesquelles les paramètres suivants ont été réglés : température de l'évaporateur, débit nominal du ventilateur et débit de produit, pressions de condensation et type de produit subissant le procédé. Vu que de nombreux facteurs affectent la consommation spécifique d'énergie, il n'est possible de livrer que de vastes fourchettes de consommation [32, Van Bael J., 1998].

3.2.47.4 Bruit

Le fonctionnement des ventilateurs peut entraîner des problématiques de bruits.

3.2.48 Congélation – séchage / lyophilisation (G.3)

3.2.48.1 Eau

L'eau condensée issue du produit séché est éliminée en tant qu'eau usée. La concentration dépend de la teneur d'origine en eau de la matière et du type de matière en cours de séchage. Les eaux usées contiennent des matières organiques dissoutes et des matières en suspension.

3.2.48.2 Énergie

La lyophilisation consomme principalement de l'énergie électrique.

3.2.49 Mise sous emballage et remplissage (H.1)

3.2.49.1 Eau

Des rejets ont lieu en raison des déversements de produit. Les eaux usées sont engendrées par exemple par le nettoyage des récipients en verre et des barils. Si l'on utilise des bouteilles consignées re-remplissables, les eaux usées contiendront également des résidus. Le nettoyage de l'installation et des équipements génère aussi des eaux usées, lesquelles contiennent généralement des matières organiques et des matières en suspension.

3.2.49.2 Émissions dans l'air

Les émissions de poussière peuvent faire problème.

3.2.49.3 Extrants solides

Les déchets solides comprennent les déchets rebutés dus par exemple à des défauts / séquences inefficaces de la machine d'emballage pendant le remplissage, et des déchets dans le procédé d'application de la coiffe, notamment pendant les phases de démarrage et de désactivation de la machine. Des procédés comme le soufflage des bouteilles de verre se déroulent d'habitude hors site (activité incombant aux fournisseurs), mais leur bris peut provoquer des déchets *in situ*. Le soufflage des bouteilles en PET peut avoir lieu sur site soit à l'aide de granulés de PET, soit à l'aide de moules préparatoires fournis. Les carottes et bavures à découper ensuite constituent des déchets. Les cylindres des canettes en aluminium et en acier, les extrémités des canettes en aluminium sont préfabriqués hors site. Les cartons laminés et les sachets sont formés sur site. Les parties découpées constituent des déchets. De petites quantités de déchets solides sont engendrées par les encres et par le nettoyage de l'équipement d'imprimerie. La lubrification de l'équipement et des systèmes de transport produit également des déchets. Certains emballages sont recyclés.

3.2.49.4 Énergie

Les équipements de remplissage / capsulage / mise sous emballage et d'autres activités associées consomment de l'énergie.

3.2.49.5 Bruit

Les émissions de bruit peuvent constituer un problème le long des lignes de remplissage des bouteilles.

3.2.50 Rinçage au gaz et stockage sous atmosphère (H.2)

3.2.50.1 Émissions dans l'air

Les mélanges gazeux utilisés dans les procédés ci-dessus sont tous amenés à l'installation d'emballage soit sous forme prémélangée, soit sous forme de gaz individuels mélangés ensuite *in situ*. Des émissions de gaz peuvent se produire, de CO₂ par exemple, pendant le procédé ou à la suite d'accidents.

3.2.51 Nettoyage et désinfection (U.1)

3.2.51.1 Eau

Le nettoyage et la désinfection requièrent de grandes quantités d'eau. Dans de nombreuses installations, le nettoyage est le principal consommateur d'eau, la quantité dépendant du type d'équipement à nettoyer et des matières transformées. Le nettoyage et la désinfection produisent des eaux usées. Ces eaux contiennent généralement des matières organiques solides, des

matières grasses, huiles et graisses, des matières en suspension, du nitrate, nitrite, de l'ammoniaque et du phosphate issus des résidus de produits et des huiles déposées retirées. Elles contiennent aussi des résidus d'agents de nettoyage, par exemple des solutions acides ou alcalines. En principe, les agents de nettoyage et de désinfection utilisés sont rejetés avec les eaux usées, soit en leur état original soit sous forme de produits issus de la réaction.

3.2.51.2 Extrants solides

Des résidus de produit peuvent être récupérés pendant le nettoyage.

3.2.51.3 Énergie

Le nettoyage a lieu communément à une température élevée, ce qui dicte d'utiliser de l'énergie pour faire chauffer l'eau et produire de la vapeur.

3.2.52 Génération et consommation d'énergie (U.2)

3.2.52.1 Eau

Les produits chimiques de traitement de chaudières, la silice et d'autres minéraux solubles se retrouvent concentrés à l'intérieur des chaudières. On les retire en vidangeant la chaudière à un débit représentant entre 1 et plus de 10 % du débit de production de vapeur. L'eau de vidange est évacuée et traitée dans une station d'épuration des eaux usées soit sur site soit hors site. Il faut effectuer des vidanges pour que les chaudières fonctionnent de façon efficace et en définitive sûre.

3.2.52.2 Émissions d'air

Les principaux produits résultant du procédé de combustion sont le CO₂ et la vapeur d'eau. Les émissions de CO₂ issues de la combustion de charbon sont presque deux fois plus importantes que celles engendrées par le gaz naturel. Les contaminants engendrés et émis dépendent du type de combustible, du procédé de combustion et de la conception de l'installation de combustion. Ces constituants sont le SO₂, le CO, le NO_x et la poussière.

Les émissions de SO₂ résultent de la teneur en soufre du combustible. Dans le gazole, le soufre représente 0,1 % du poids. Il représente entre 0,5 et 2,5 % de celui du charbon. Le soufre peut représenter jusqu'à 3,5 % du poids du fioul.

Les émissions de NO₂ dépendent non seulement du combustible mais encore de la conception intrinsèque de l'unité de combustion et de la température des flammes. Le gaz d'une manière générale ne contient aucune quantité significative de composés azotés mais dégage du NO_x issu de l'oxydation de l'azote dans l'air de combustion. Par conséquent, la teneur en NO_x du gaz de combustion est la plus basse de tous les combustibles fossiles. Il est possible de réduire les émissions de NO_x en injectant de la vapeur dans la chambre de combustion de la turbine à gaz ou en utilisant des brûleurs à faible taux de NO_x.

Lorsque le chauffage du produit a lieu par contact direct avec les gaz de combustion, des COV et des odeurs se dégagent dans l'air processuel. La chaleur libérée au niveau de la cheminée dépend du type de fuel et de la conception de l'installation. La consommation d'électricité achetée n'engendre pas d'émissions au niveau des installations FDM, vu que le dégagement des émissions a lieu au niveau de la centrale électrique. Des informations sur les émissions des grandes installations de combustion, par exemple celles dont l'intrant thermique nominal dépasse les 50 MW, sont disponibles dans le "Large combustion plants BREF" [220, EC, 2003].

3.2.52.3 Extrants solides

Les extrants solides produits ont la forme de cendres issues des chaudières marchant au combustible solide, de dépôts de tartre et de suie inerte, que l'on enlève pendant les séances périodes de maintenance et nettoyage des chaudières. Ces matériaux sont envoyés au centre d'enfouissement technique.

3.2.52.4 Bruit

Les chaudières en fonctionnement normal n'engendrent pas de bruit en dehors de l'installation, mais cela dépend des mesures prises pour confiner le bruit et la proximité des quartiers résidentiels. Pendant les interruptions de procédés et pendant les périodes d'essai et de mise en service, les vannes de délestage de sécurité des chaudières peuvent s'ouvrir brièvement. L'effet est susceptible d'être local sur l'installation, mais peut constituer une source de nuisance au cours de cette période : les grandes vannes de délestage peuvent être équipées de silencieux.

3.2.53 Utilisation d'eau (U.3)

3.2.53.1 Eau

Les eaux usées issues de la régénération de l'eau et les résidus provenant d'autres procédés sont rejetés dans l'eau. On peut réduire la consommation d'eau en optimisant le procédé et en recyclant l'eau.

3.2.53.2 Extrants solides

Il faut mettre au rebut les boues minérales et les résines épuisées provenant des procédés de traitement de l'eau.

3.2.54 Génération de vide (U.4)

3.2.54.1 Eau

Dans les pompes à vide du type à anneau d'eau, cette dernière sert à des fins de refroidissement et d'étanchéité. Pour réduire la consommation d'eau, cette dernière circule normalement dans des systèmes en circuit fermé avec un moyen de purge défini par la matière condensable. Les eaux usées produites contiennent des matières organiques solubles.

Si l'on se sert d'éjecteurs à jet de vapeur pour produire du vide, les fluides venant de l'installation mise sous vide ne sont pas les seuls qu'il faut condenser ; cette nécessité vise aussi la vapeur motrice de l'éjecteur à jet. Cette condensation est normalement assurée par des condenseurs à aérosol. Ici, on utilise de l'eau pour condenser la vapeur ainsi que toute substance volatile transportée. Dans les grandes installations, le volume d'eau utilisé pour condenser la vapeur peut être significatif, par exemple pendant le raffinage du sucre ou de l'huile alimentaire. La matière volatile transférée est condensée dans l'eau, ce qui accroît le taux de matière organique dissoute. Pour réduire la consommation d'eau, il est possible de faire recirculer l'eau via des tours de refroidissement. Dans ce cas, il faut qu'il y ait un moyen pour purger la vapeur condensée du système. Ceci peut entraîner une concentration de la matière organique contenu dans l'eau. Avec les condenseurs indirects ou les échangeurs thermiques, le volume de condensat est équivalent à la vapeur fraîche condensée et à d'autres matières condensables, et contiendra toutes les matières organiques volatiles transférées. Les systèmes applicateurs d'un froid vif ou de congélation réduisent un peu plus le volume du condensat.

3.2.54.2 Émissions dans l'air

Suivant le matériau en cours de transformation, l'air évacué par les pompes à vide peut contenir des matières volatiles qui, si elles n'ont pas été correctement contrôlées, peuvent créer des problèmes d'odeurs.

Les matières non condensables peuvent être rejetées dans l'air avec les éjecteurs à jet de vapeur. Suivant la matière en cours de transformation, ce rejet peut être synonyme d'émission d'odeurs. Si l'eau des condenseurs recircule via des tours de refroidissement, la matière dérivante / le brouillard des tours peut provoquer des émissions d'odeurs. Dans ce cas, on peut utiliser la recirculation indirecte, avec des échangeurs thermiques et deux cycles de fonctionnement. Les échangeurs thermiques réclament un nettoyage régulier.

3.2.54.3 Énergie

L'utilisation d'énergie dépendra du type de compresseur utilisé, de la pression absolue à atteindre et de la taille du système. Dans les unités d'exploitation de grande taille, la consommation peut être assez élevée.

3.2.54.4 Bruit

Le fonctionnement des ventilateurs associés aux tours de refroidissement peut engendrer du bruit.

3.2.55 Réfrigération (U.5)

3.2.55.1 Eau

La consommation d'eau peut être significative lorsqu'on se sert d'eau comme fluide de refroidissement du condenseur dans un système à passage unique. La recirculation de l'eau de refroidissement via une tour à cet effet réduit la consommation d'eau. Il faut empêcher le rejet accidentel d'ammoniaque.

3.2.55.2 Émissions dans l'air

Vu que ses circuits sont fermés, un équipement de réfrigération qui contient principalement du NH₃ ou des (H)CFC n'émet pas de fluides frigorigènes à condition d'être correctement exploité et entretenu. Une rupture ou une fuite accidentelle peut provoquer des dégagements dans l'atmosphère, raison pour laquelle il faut minimiser le risque d'accident.

3.2.55.3 Énergie

L'équipement de réfrigération a besoin d'un apport élevé d'électricité.

3.2.55.4 Bruit

Le bruit engendré par les compresseurs de l'équipement de réfrigération peut faire problème.

3.2.56 Génération d'air comprimé (U.6)

3.2.56.1 Émissions d'air

Les émissions d'air sont généralement réduites du fait de l'utilisation de filtres pour retirer l'huile et d'autres impuretés, et assurer ainsi que l'air comprimé soit d'une bonne qualité alimentaire.

3.2.56.2 Énergie

L'énergie est consommée dans le compresseur.

3.2.56.3 Bruit

Les émissions de bruit peuvent faire problème.

3.3 Niveaux de consommation et d'émission dans certains secteurs FDM individuels

Des formes d'activités propres à des secteurs spécifiques sont décrites à la section 2.2.

Le Tableau 3.24 récapitule les consommations d'eau et volumes d'eaux usées constatés dans certains secteurs FDM. Certaines valeurs de consommation et d'émission ne sont pas cohérentes.

Secteur	Consommation d'eau	Volume d'eaux usées	Unité	Source
Viande et volaille	2 – 20 m ³ /t	10 – 25 m ³ /t	**	[41, Nordic Council of Ministers, 2001, 89, Italian contribution, 2001]
Poisson				
Découpage des harengs en filets	3,3 – 10 m ³ /t	2 – 40 m ³ /t	**	[27, ATV, 2000, 28, Nordic Council of Ministers, 1997]
Maquereau	20 – 32 m ³ /t			
Poisson à chair blanche	4,8 – 9,8 m ³ /t			
Transformation des crevettes	23 – 32 m ³ /t			
Fruits et légumes¹				
Fruits mis en boîte	2,5 – 4,0 m ³ /t	11 – 23 m ³ /t	*	[5, Derden A Vercaemst P and Dijkmans R, 1999, 74, Greek Ministry for the Environment, 2001, 134, AWARENET, 2002, 140, World Bank (IBRD), et al., 1998]
Jus de fruits	6,5 m ³ /t			
Légumes mis en boîte	3,5 – 6,0 m ³ /t			
Légumes congelés	5,0 – 8,5 m ³ /t			
Légumes surgelés	2,5 – 5,0 m ³ /t			
Légumes en conserve	5,9 – 11 m ³ /t			
Pommes de terre	2,4 – 9,0 m ³ /t			
Confitures	6 m ³ /t			
Aliments pour nourrissons	6,0 – 9,0 m ³ /t			
Amidon				
Maïs	1,7 – 3 m ³ /t	1,4 m ³ /t	**	[115, CIAA-AAC-UFE, 2002, 152, Austria, 2002]
Blé	1,7 – 2,5 m ³ /t	1,8 m ³ /t		
Pomme de terre	0,7 – 1,5 m ³ /t	2 m ³ /t		
Produits laitiers²		1 – 5 l/kg	**	[152, Austria, 2002]
Lait et yaourt	0,6 – 4,1 l/l			[42, Nordic Council of Ministers, et al., 2001]
Fromage	1,2 – 3,8 l/l			
Poudre de lait, produits fromagers et/ou liquides	0,69 – 6,3 l/l			
Lait et yaourt	0,8 – 25 m ³ /t			0,9 – 25 m ³ /t
Fromage	1 – 60 m ³ /t			0,7 – 60 m ³ /t
Poudre de lait, fromage et/ou produits liquides	1,2 – 60 m ³ /t			0,4 – 60 m ³ /t
Bière	0,32 – 1 m ³ /hl		0,24 – 0,9 m ³ /hl	*
Betterave sucrière	0,23 ³ – 1,5 m ³ /t		**	[139, Nielsen E.H. Lehmann, 2002, 152, Austria, 2002]

Secteur	Consommation d'eau	Volume d'eaux usées	Unité	Source
Huile végétale				
Production d'huile brute	0,2 – 14 m ³ /t	0,2 – 14 m ³ /t	**	[65, Germany, 2002, 74, Greek Ministry for the Environment, 2001, 109, CIAA-FEDIOL, 2002, 134, AWARENET, 2002, 140, World Bank (IBRD), et al., 1998, 182, Germany, 2003, 185, CIAA-FEDIOL, 2004]
Neutralisation chimique	1 – 1,5 m ³ /t	1 – 1,5 m ³ /t	*	
Désodorisation	10 – 30 m ³ /t	10 – 30 m ³ /t		
Durcissement	2,2 – 7 m ³ /t			
Raffinage chimique	0,25 – 0,8 m ³ /t	14 – 35 m ³ /t		
Production d'huile d'olive	5 m ³ /t			[142, IMPEL, 2002]
Extraction traditionnelle		2 – 5 m ³ /t		[74, Greek Ministry for the Environment, 2001, 86, Junta de Andalucia and Agencia de Medio Ambiente, 1994]
Extraction en trois phases		6 – 8 m ³ /t		
Extraction en deux phases		0,33 – 0,35 m ³ /t		
Boissons sans alcool, boissons alcoolisées	6 – 14 m ³ /m ³	0,8 – 3,6 m ³ /m ³	*	[51, Envirowise (UK), 1998]
¹⁾ Pas applicable à la transformation des tomates				
²⁾ Pas applicable à la transformation des crèmes glacées				
³⁾ Eau de refroidissement exclue				
*Par unité de produit				
**Par unité de matière première				
Ce tableau résume les données énoncées à la section 3.3. Certains volumes de consommation d'eau et d'eaux usées ne sont pas cohérents. Il n'a pas été fourni d'informations sur les procédés et techniques appliqués, les conditions d'exploitation et les méthodes d'échantillonnage.				

Tableau 3.24 : Récapitulatif des volumes d'eau consommés et d'eaux usées dans le secteur FDM sector

3.3.1 Viande et volaille

3.3.1.1 Informations générales

3.3.1.1.1 Eau

Le principal impact environnemental que la transformation de la viande et de la volaille peut avoir réside dans la production d'eaux usées. Il faut des quantités significatives d'eau pour laver et décongeler la viande. La consommation d'eau constatée est comprise entre 3 et 5 m³/t environ.

L'eau servant au dégivrage peut circuler en circuit fermé et resservir [182, Germany, 2003].

D'autres séquences grosses consommatrices d'eau peuvent être par exemple la pasteurisation, la stérilisation, le refroidissement, le nettoyage et la désinfection. Des mesures d'hygiène sévères s'appliquent au découpage et à l'application d'un froid vif aux carcasses, ce qui engendre des quantités relativement importantes d'eaux usées du fait du nettoyage des équipements et installations.

3.3.1.1.2 Émissions dans l'air

La pollution de l'air est principalement due au fonctionnement des bouilloires et fumoirs. L'odeur peut constituer une nuisance. Les fuites de fluide frigorigène peuvent provoquer une pollution de l'air.

3.3.1.1.3 Extrants solides

La découpe et le désossage de la viande de boucherie et de la volaille produit des os, de la matière grasse et de la peau. L'utilisation des sous-produits d'origine animale est régie par le Règlement 1774/2002/CE [188, EC, 2002]. Les os et la matière grasse peuvent entrer par exemple dans la production de colles et de détergents, ou servir à produire de la gélatine utilisée à son tour, dans certains cas par exemple, dans l'industrie alimentaire et pharmaceutique. Certains sous-produits d'origine animale peuvent être mis au rebut en tant que déchets. Des déchets solides peuvent également être produits dans les opérations de conditionnement, tels que les déchets d'emballage. Le Tableau 3.25 indique les taux de sous-produits issus des carcasses.

	Sous-produits issus de la découpe / du désossage (en % du poids des carcasses)		
	Bœuf	Porc	Volaille
Os		5 – 9,5	1 – 2
Graisse	12	3 – 6	6
Peau			1 – 2

Tableau 3.25 : Sous-produits issus de la découpe et du désossage de la viande [134, AWARENET, 2002]

3.3.1.1.4 Énergie

Les procédés impliquant un traitement thermique tels que l'ébullition, la cuisson, la pasteurisation, la stérilisation, le séchage et le fumage impliquent une quantité considérable d'énergie thermique. Autres opérations grosses consommatrices d'énergie : l'application de froid, la congélation, la décongélation, le nettoyage et la désinfection.

3.3.1.2 Production de viande et de volaille

3.3.1.2.1 Informations générales

Cette catégorie couvre une vaste gamme de produits et techniques de transformation qu'il n'est pas pratique d'examiner individuellement.

Toutes les lignes, les équipements et zones processuelles qui ne se trouvent pas dans des zones sèches désignées comme telles requièrent un nettoyage mouillé, ce qui produit des eaux usées contaminées par le produit, les matières premières et les produits chimiques de nettoyage. Si des débris sont entraînés à l'égout, ceci accroît la teneur en DBO, en graisse et en matières en

suspension dans les eaux usées. Les méthodes de cuisson impliquant un contact direct entre l'eau ou la vapeur et le produit génèrent des eaux usées, de même que les opérations de refroidissement, d'application d'un froid vif, de congélation et de remplissage.

Les ingrédients ajoutés à la viande peuvent entrer dans le flux d'eaux usées à la suite du lavage des équipements et de renversements. Les ingrédients utilisés en grandes quantités, par exemple la pâte à frire, la panure et l'huile de cuisson peuvent contribuer de façon significative aux taux de DBO, de solides totaux en suspension, de matières grasses, huiles et graisses dans les eaux usées. Des rapports signalent qu'au Royaume Uni la viande fraîche, dont celle de bœuf de basse qualité notamment, est souvent traitée avec des enzymes d'origine végétale ou fongique pour en améliorer la tendreté. Soit on trempe la viande dans des solutions soit on pulvérise dessus des solutions contenant des enzymes dans les deux cas. Les enzymes sont des structures organiques complexes et, sauf si les opérateurs veillent à ce que le rejet de ces solutions enzymatiques soit réduit à un minimum, elles contribueront à la teneur en DBO et peuvent potentiellement affecter la biologie d'une station d'épuration d'eaux usées. [13, Environment Agency of England and Wales, 2000]. L'Italie signale ne pas utiliser cette technique [184, Italy, 2003].

Le Tableau 3.26 résume les taux de consommation et d'émission par tonne de produit fini dans l'industrie italienne de la viande, concernant la fabrication de jambon cuit. La Figure 2.4 contient un organigramme sur la production de jambon cuit et de viande d'épaule.

Jambon cuit						
Formes d'activités		Consom- mation (m ³ /t)	Charge d'eau usée (kg de DCO/t)	Extrants solides (kg/t)	Énergie électrique (kWh/t)	Énergie thermique (kg de vapeur/t)
No.	Description					
A.1	Manutention et stockage des matières			** (plastique, carton)	*	
A.2	Trier / cribler, calibrer, décortiquer, équeuter / égrapper et parer			*(viande)	*	
A.4 A.5	Laver et décongeler	0 – 15	**	** (matière grasse)	*	**
B.1	Couper, découper en tranches, hacher, émincer, dépulper et presser			** (viande)	**	
B.2	Mixer / mélanger ; homogénéiser et concher			*(viande)	*	
B.4	Former / mouler et extruder			*(viande)	*	
D.7	Saumurage / salaison et macération	0,5	*	** (sel)	*	
D.8	Fumage			*(cendres)		**
D.13	Enduction / pulvérisation / enrobage / agglomération / encapsulation			*(poussière)		
E.3	Cuisson et ébullition	2,5	***		*	**
E.5	Torréfaction			*(poussière)		**
E.6	Friture					**
E.7	Maintien en température					
E.8	Pasteurisation, stérilisation et UHT	*			*	**
F.3	Déshydratation (solide vers solide)			*(poussière)	*	***
H.1	Mise sous emballage et remplissage			*(plastique)	**	
U.1	Nettoyage et désinfection	**	**		*	*
U.2	Génération et consommation d'énergie	0,25	*		**	
U.3	Utilisation			*(résines)	*	
U.4	Génération de vide	*			*	
U.5	Réfrigération		**		**	

	Totaux généraux d'installations types (chaque installation ne pratiquant pas toutes les formes d'activités, les totaux ne représentent pas la somme des niveaux pour chaque forme d'activités)	4 – 18¹	10 – 21		
¹⁾ La valeur plus élevée s'applique à la décongélation à l'eau * consommation / émission faible ** consommation / émission moyenne *** consommation / émission élevée					

Tableau 3.26: Niveaux de consommation et d'émission pour la fabrication de jambon cuit en Italie [89, Italian contribution, 2001]

3.3.1.2.2 Production de salami et de saucisses

Les principaux facteurs environnementaux liés à la fabrication des saucisses ont trait aux procédés de fumage et de refroidissement. La fumée de bois contient de nombreux composés préoccupants du point de vue sanitaire. Il s'agit par exemple des hydrocarbures polyaromatiques (HPA), des phénols, du nitrite et des composés N-nitroso plus CO. Il faut donc que les fours et les salles soient équipées de moyens de ventilation et d'extraction efficaces.

La fumée peut provoquer des problèmes d'odeurs dans les environs. L'intensité de l'odeur véhiculée par les fours de fumage dépend du procédé de fumage, des conditions de ventilation et de séchage. L'intensité type de l'odeur dans l'air non traité est comprise entre 5 000 et 20 000 UO/m³. Un laveur, nettoyant par mouillage les émissions en provenance d'un four de fumage, présentera une efficacité type de 50 à 70 %, mesurée en UO/m³.

Une teneur en carbone de 1 000 ppm a été mesurée dans la cheminée d'une unité moderne de fumage et de cuisson à l'état chaud. Après oxydation thermique à 815 °C et refroidissement jusqu'à 26 °C, 5 ppm de carbone ont été mesurées.

Dans une enquête réalisée en Norvège, les niveaux suivants de pollution par la fumée ont été relevés par tonne de produit : 0,3 kg de CO, 0,15 kg de particules inorganiques et 0,2 kg de COT. En outre, lors de l'examen d'une chambre de cuisson / fumage, les émissions suivantes ont été relevées après oxydation thermique des gaz des fumées : 7 mg de COT/m³ ou 0,2 mg de COT/t de saucisses. Les gaz ne contenaient pas de CO.

La suie et les composés goudronnés se déposent dans les fours, sur les bâtons de fumage et sur les châssis. Il faut les enlever, ce qui a souvent lieu avec de puissants détergents alcalins. Les eaux usées provenant de la division Fumage peuvent par conséquent contenir un grand nombre de composés chimiques.

Seulement une quantité très limitée d'informations est disponible sur l'utilisation de ressources et sur la pollution relatives à la fabrication du salami et des saucisses de Vienne. Une raison réside en ce qu'une installation de transformation de la viande ou un abattoir peuvent héberger de nombreuses autres activités outre celles mentionnées ici et que les sociétés ne séparent pas suffisamment les chiffres afférents aux niveaux de consommation ou d'émission pour chaque ligne de produit. Le Tableau 3.27 montre la consommation spécifique d'eau et d'énergie ainsi que les émissions d'eaux usées dans la production du salami et des saucisses.

Produit	Unité *	Salami	Salami	Divers	Saucisses diverses
Pays		DK	DK	SE	NO
Eau	m ³ /t	7,5	5,3	7,7	10
Électricité	kWh/t	inconnu	1000	750	1300
Chaleur	kWh/t	1240	900	1000	450
Récupération	kWh/t	inconnu	230	250	inconnu
Énergie totale	kWh/t	inconnu	2130	2000	1750
DBO	kg/t		4,7	15	8 – 10
N	g/t		300		
P	g/t		140		

* t se réfère aux tonnes de produit fini

Tableau 3.27 : Consommation spécifique d'eau et d'énergie, émissions d'eaux usées pendant la production de salami et de saucisses [41, Nordic Council of Ministers, 2001]

Le Tableau 3.28 résume les niveaux de consommation et d'émission par tonne de produit fini, tels que recensés par l'industrie italienne de la viande pour la fabrication des produits carnés ayant subi un traitement de conservation.

Produits ayant subi un traitement de conservation, par exemple les saucisses, le porc paré, le jambon, le bacon, etc.						
Forme d'activité		Consommation d'eau (m ³ /t)	Charge des eaux usées (kg DCO/t)	Extrants solides (kg/t)	Énergie électrique (kWh/t)	Énergie thermique (kg de vapeur/t)
No.	Description					
A.1	Manutention et stockage des matières			**(plastique, carton)	*	
A.2	Trier / cribler, calibrer, décortiquer, équeuter / égrapper et parer			*(viande)	*	
A.4 A.5	Laver et décongeler	*	***	**(matière grasse)	*	**
B.1	Couper, découper en tranches, hacher, émincer, dépulper et et presser			**(viande)	**	
B.2	Mixer / mélanger, homogénéiser et concher			*(viande)	*	
B.4	Former / mouler et extruder			*(viande)	*	
D.7	Saumurage / salaison et macération			**(sel)	*	
D.8	Fumage					**
F.3	Déshydratation (solide vers solide)			*(poussière)	***	***
H.1	Mise sous emballage et remplissage			*(plastique)	**	
U.1	Nettoyage et désinfection		**		*	*
U.2	Génération et consommation d'énergie		*		**	
U.3	Utilisation d'eau			*(résines)	*	
U.4	Génération de vide				*	
U.5	Réfrigération		**		**	
	Totaux généraux d'installations types (chaque installation ne pratiquant pas toutes les formes d'activités, les totaux ne représentent pas la somme des niveaux pour chaque forme d'activités)	10 – 20¹	20 – 25	35 – 50	2500 – 4000²	

¹⁾ La valeur plus élevée s'applique à la décongélation à l'eau
²⁾ Thermique + électrique (1300 – 1400 kWh/t + 150 – 180 m³ de méthane/t)
 * consommation / émission faible
 ** consommation / émission moyenne
 *** consommation / émission élevée

Tableau 3.28 : Niveaux de consommation et d'émission pour la fabrication, en Italie, de produits carnés ayant subi un traitement de conservation [89, Italian contribution, 2001]

3.3.1.3 Conservation de la viande et de la volaille

3.3.1.3.1 Congélation

Les seules eaux usées engendrées par la congélation proviennent du débordement du système de refroidissement et de l'eau de dégivrage du freezer. Voir également la section 3.2.47.

3.3.1.3.2 Salaison

Le salage et la salaison peuvent introduire du NaCl et du Na₂NO₃ dans les eaux usées. Les exploitants ont besoin de réduire la surproduction de saumure et aussi la production de saumure hors spécification, car non seulement cela constituerait un rejet de matière première mais de la saumure excédentaire / résiduaire aurait un effet préjudiciable sur la SEEU si rejetée en grandes quantités. La saumure à base de chlorure n'est pas réductible par une SEEU à action biologique, sauf par dilution. La salaison traditionnelle à sec est pratiquée par un certain nombre de petites entreprises très spécialisées. Ce procédé libère uniquement de petites quantités d'eaux usées de cuisson.

Le Tableau 3.29 résume les niveaux de consommation et d'émission exprimés par tonne de produit fini, tels que recensés par l'industrie italienne de la viande et visant la fabrication de jambon salé. La Figure 2.5 contient un diagramme de la production de jambon salé.

Jambon salé						
Formes d'activités		Consommation d'eau	Charge d'eaux usées	Extrants solides	Énergie électrique	Énergie thermique
No.	Description	(m ³ /t)	(kg DCO/t)	(kg/t)	(kWh/t)	(kg de vapeur/t)
A.1	Manutention et stockage des matières			** (plastique, carton)	*	
A.2	Trier / cribler, calibrer, décortiquer / équeuter et parer			* (viande)	*	
A.4	Lavage	* (***)	***	** (matière grasse)	*	**
A.5	Décongélation	* (***)	***	** (matière grasse)	*	**
B.1	Couper, découper en tranches, hacher, émincer, dépulper et presser			** (viande)	**	
B.2	Mixer / mélanger ; homogénéiser et concher			* (viande)	*	
B.4	Former / mouler et extruder			* (viande)	*	
D.7	Saumurage / salaison et macération			** (sel)	*	
D.8	Fumage (<i>lard et salamis hongrois</i>)			* (cendres)		*
F.3	Déshydratation (solide vers solide)	***		* (poussière)	***	***
H.1	Mise sous emballage et remplissage			* (plastique)	**	
U.1	Nettoyage et désinfection	**	**		*	*
U.2	Génération et consommation d'énergie	*	*		**	

U.3	Utilisation d'eau				*
U.4	Génération de vide				*
U.5	Réfrigération		**	*(résines)	**
	Totaux généraux d'installations types (chaque installation ne pratiquant pas toutes les formes d'activités, les totaux ne représentent pas la somme des niveaux pour chaque forme d'activités)	2 – 20¹	20 – 25	35 – 50	2500 – 4000²
¹) La valeur plus élevée s'applique à la décongélation à l'eau ²) Thermique + électrique (1300 – 1400 kWh/t + 150 – 180 m ³ de méthane/t) * Consommation / émission faible ** consommation / émission moyenne *** consommation / émission élevée					

Tableau 3.29 : Niveaux de consommation et d'émission afférents à la fabrication du jambon salé en Italie
[89, Italian contribution, 2001]

3.3.1.3.3 Fumage

Le fumage a lieu la plupart du temps sur la viande salaisonnée mais peut cependant être pratiqué sur des produits carnés frais mis à cuire avant de les servir. Les techniques de fumage traditionnelles sont fondées sur la combustion lente de bois ou de sciure de bois et ne génèrent pas d'eaux usées. L'alternative, pour la production de masse, consiste à utiliser de la fumée liquide, préparée par distillation destructive du bois et appliquée par pulvérisation, trempage ou atomisation. Il y a production d'eaux usées contaminées au moment de nettoyer les conteneurs et équipements qui ont été en contact avec la fumée liquide.

Pendant l'application de fumée aux produits carnés, une partie des ingrédients de fumage se condense sur les parois des chambres. Ces couches, ressemblant à du goudron, s'enlèvent à l'eau chaude, au moyen d'une solution de nettoyage alcaline. Cette eau est fortement polluée et il faudrait l'éliminer séparément ; elle a une teneur en DCO comprise entre 20 000 et 100 000 mg/l, un pH de 12 à 14, un indice de phénol compris entre 20 et 480 mg/l, et un niveau de HPA compris entre 1 et 5 mg/l.

3.3.1.3.4 Séchage

Les viandes séchées sont produites par salaison suivie d'un séchage à faible taux d'humidité. Sauf si des impératifs de réduction des odeurs obligent à condenser la vapeur provenant des gaz de fumée du séchoir, le séchage ne génère pas d'eaux usées.

3.3.1.3.5 Mise en conserve

L'utilisation d'eau très chaude ou du chauffage direct à la vapeur pour cuire la viande avant de la mettre en conserve génère des eaux usées contaminées par de la matière grasse, des protéines et fragments de viande. Après la mise en conserve, il faut thermotraitement les viandes pour parvenir à une pasteurisation et assurer la stabilité de conservation. Le nettoyage des boîtes de conserve avant et après le remplissage, et le refroidissement des boîtes consomment des quantités d'eau considérables.

Le Tableau 3.30 résume les niveaux de consommation et d'émission exprimés par tonne de produit fini, comme les recense l'industrie italienne pour la fabrication de la viande en conserve. La Figure 2.3 contient un diagramme de la production de viande en conserve.

Fabrication de viande en conserve						
Formes d'activités		Consommation d'eau	Charge d'eaux usées	Extrants solides	Énergie électrique	Énergie thermique
No.	Description	(m ³ /t)	(kg de DCO/t)	(kg/t)	(kWh/t)	(kg de vapeur /t)
A.1	Manutention et stockage des matières			18 ¹	1 – 2	
A.4 A.5	Lavage et décongélation	6 – 12	1 – 2		0,5 – 1,5	
B.1	Couper, découper en tranches, hacher, émincer, dépulper et presser					
E.8	Pasteurisation, stérilisation et UHT	1,5 – 3,5			2 – 4	800 – 900
G.1	Refroidissement, application d'un froid vif et stabilisation par le froid	1,5 – 3,5				
H.1	Mise sous emballage et remplissage		1 – 2	0,7 ²	100 – 120	
U.1	Nettoyage et désinfection	0,5 – 2,0	20		5 – 10	
U.2	Génération et consommation d'énergie	1 – 2				
U.3	Utilisation d'eau			1 ³		
U.4	Génération de vide					
U.5	Réfrigération					
Totaux généraux d'installations types (Chaque installation ne pratiquant pas toutes les formes d'activités, les totaux ne représentent pas la somme des niveaux pour chaque forme d'activités)		10 – 18	20 – 25	20 – 30	150 – 400	800 – 900
¹ Plastique, carton ² Conserves ³ Boue, résines						

Tableau 3.30 : Niveaux de consommation et d'émission afférents à la viande en conserve en Italie [89, Italian contribution, 2001]

3.3.2 Poissons et fruits de mer

Les impacts environnementaux majeurs associés aux opérations de transformation du poisson sont la forte consommation d'eau, d'énergie et le rejet d'eaux usées contenant une forte teneur en matières organiques vu la présence d'huiles, protéines et matières en suspension. Les eaux usées peuvent aussi contenir des teneurs élevées en phosphates, nitrates et en chlorure. Le bruit, les odeurs et les déchets solides peuvent être également préoccupants avec certaines installations. Outre cela et vu qu'il s'agit de denrées très périssables comparées aux autres produits FDM, le rendement de ces produits décroît s'ils ne sont pas correctement réfrigérés et les pertes de produit contribuent aux charges de déchets solides et liquides. Ces solides peuvent être utilisés dans la production de farine de poisson.

3.3.2.1 Consommation d'eau

Pour satisfaire aux normes de qualité et d'hygiène, le secteur du poisson utilise de grandes quantités d'eau. La consommation de cette eau a lieu principalement lors des opérations de nettoyage, pendant le lavage, le refroidissement et le transport du poisson. La mise en boîte du poisson et le découpage en filets consomment de grandes quantités d'eau, par exemple pour nettoyer et lubrifier le mécanisme de découpage en filets. Les chiffres types applicables à la consommation d'eau douce pour décongeler s'élèvent à environ 1 m³/t de poisson ; le découpage en filets consomme entre 5 et 11 m³/t de poisson, la mise en conserve 15 m³/t de poisson. L'eau sert à transporter le poisson et les viscères, à nettoyer l'installation et l'équipement, à laver les

matières premières et les produits, et à décongeler. Le Tableau 3.31 résume les consommations d'eau et charges spécifiques de DCO recensées pour la transformation traditionnelle du poisson.

Production	Consommation (m³/t de poisson cru)	DCO (kg/t de poisson cru)
Découpage du hareng en filets	3,3 – 10	jusqu'à 95
Maquereau		
Nettoyage et coupe de la tête	20	270
Décongélation	26 – 32	
Transformation de poisson à chair blanche		
Poisson frais	4,8	5 – 36
Décongélation incluse	9,8	
Transformation des crevettes	23 – 32	100 – 130

Tableau 3.31 : Consommation spécifique d'eau et charge organique dans les pays nordiques [28, Nordic Council of Ministers, 1997]

3.3.2.2 Eaux usées

La majeure partie de l'eau consommée pendant la transformation du poisson devient de l'eau usée. Le procédé au cours duquel l'eau se pollue passe par différentes séquences dont par exemple la décongélation, le lavage, la coupe de la tête, le découpage en filets, le dépouillement, le parage, le nettoyage de l'équipement et de l'installation.

Lorsque le poisson congelé sert de matière première, il faut passer par une séquence de décongélation. La pollution organique des eaux usées est relativement faible. L'écaillage se déroule normalement dans des tambours rotatifs perforés. Les écailles sont chassées par de grandes quantités d'eau – entre 10 et 15 m³/t de poisson –. Ceci engendre de gros volumes d'eaux usées et engendre une pollution organique. L'écaillage n'est pas nécessaire s'il faut dépouiller les filets de leur peau. Dans les procédés automatisés de découpage en filets et d'éviscération, l'eau sert à lubrifier le poisson tandis qu'il traverse la machine. Avec certaines espèces comme le maquereau, un bain caustique est nécessaire pour décoller la peau, ce qui oblige à neutraliser l'eau avant de la rejeter.

L'eau sert à laver et rincer le poisson, ce qui produit de l'eau chargée en déchets de poisson et viscères. Les viscères des poissons porteurs d'huile présentent de fortes teneurs en huile et en matières solides, raison pour laquelle les eaux usées issues de leur découpage en filets contiennent normalement des taux de DCO plus élevés (entre 3 000 – 60 000 mg/l) que ceux rencontrés dans les eaux issues du découpage en filets du poisson à chair blanche (2 000 – 6 000 mg/l). Le fait que l'eau soit hautement polluée est dû au temps que les déchets solides restent en contact avec l'eau contenant le sang et la matière grasse. Dans le dépouillement automatisé, le filet est tracté sur un tambour de congélation. L'eau sert à nettoyer et lubrifier la machine. Le dépouillement des poissons gras libère de grandes quantités d'huile dans les eaux usées. Le procédé de dépouillement contribue pour environ un tiers à la pollution organique d'ensemble constatée dans les eaux usées sortant des installations de découpage en filets.

Vu que l'éviscération des poissons gras se déroule dans les installations de transformation et vu que le poisson à chair blanche est éviscéré en mer, ceci explique aussi le fait que les eaux usées ont des taux de DCO et de STS plus élevés. Le Tableau 3.32 renseigne sur les caractéristiques, telles que relevées dans les rapports, des eaux usées issues du découpage en filets du poisson.

Paramètre	Découpage du hareng en filets		Découpage de la morue en filets	
	Moyenn e (kg/m ³)	Plage (kg/m ³)	Concentration (kg/m ³)	Charge (kg/t de poisson)
DBO ₇	10000	5000 – 20000	600 – 1300	8 – 19
Matière grasse	12000	2500 – 16000	50 – 70	0,3 – 1,4
Matière sèche	20000	5000 – 28000		
Protéines	6000			
Azote total			100 – 600	0,3 – 3,1
Matières en suspension				1,6 – 11,3
Consommation d'eau (m ³ /t)		5		

Tableau 3.32 : Eaux usées issues du découpage du poisson en filets
[134, AWARENET, 2002]

Dans la précuisson, l'eau ressert plusieurs fois, et une récupération peut avoir lieu. Entre 3 et 4 grammes d'huile par kg de poisson gras, des protéines et morceaux de poisson sont libérés dans l'eau, avec l'huile flottant à la surface de l'eau. Si le poisson se trouvait dans la saumure, les eaux usées présentent une forte teneur en sel. De certaines espèces de poisson, on peut retirer la peau à l'aide d'un bain caustique chaud. Les eaux usées deviennent donc alcalines et sont traitées par neutralisation.

Les eaux usées contiennent du sang, de la chair, des boyaux, des protéines et des déchets ; elles présentent une forte teneur en DBO, DCO, STS, en matières grasses, huiles et graisses, en phosphates ainsi qu'en détergents et en d'autres agents de nettoyage.

Les débits de production des eaux usées et leurs caractéristiques dépendent fortement des lignes de production. Les données afférentes à l'Allemagne figurent au Tableau 3.33.

Production	Production d'eaux usées (m ³ /t)	Matières en suspension (mg/l)	DBO ₅ (mg/l)	Matières grasses * (mg/l)
Hareng	17 – 40	220 – 1520	2300 – 4000	190 – 450
Poisson frais	env. 8	170 – 3650	1000 – 6250	46 – 2500
Fumage du poisson	env. 8	14 – 845	1000 – 1700	24 – 180
Salage du saumon	env. 35			
Poisson surgelé	2 – 15			
Décongélation		0 – 70	30 – 1800	4 – 46
*Exprimé comme extrait d'éther de pétrole				

Tableau 3.33 : Volumes types de production d'eau usée et caractéristiques afférentes à la transformation du poisson en Allemagne
[27, ATV, 2000]

3.3.2.3 Extrants solides

Les déchets solides produits pendant la transformation du poisson représentent entre 20 et 60 % de la prise, et comprennent la peau, les boyaux, les arêtes, les têtes, les céphalopodes, des plumes et les coquilles. Ainsi par exemple, lorsque le poisson est de basse qualité, les filets mous risquent de se prendre dans la lame de dépouillement. Ceci fait baisser le rendement et accroît la production de sous-produits et de déchets.

Une partie des eaux usées et presque tous les extrants solides peuvent être utilisés à différentes fins. Les acides gras et les saveurs peuvent être récupérés de l'eau de cuisson. Le poisson rejeté sert de nourriture animale et entre dans la production de farine de poisson, d'huile de poisson et peut servir ensuite dans certains aliments, dans les aliments pour animaux et des produits d'enduction.

Les sous-produits issus des séquences de découpage en filets, dépouillement, découpage et mise en boîte servent à ce qui suit :

- Production d'aliments, c'est-à-dire de farine de poisson, d'ingrédients, de surimi, d'acides gras poly-insaturés, de gélatine et de collagène
- Production d'aliments pour animaux : par exemple des protéines de poisson, du fourrage ensilé à base de poisson, de l'hydrolysate de protéines de poisson, des aliments pour animaux de compagnie, des huiles de poisson et matières solubles
- Production d'engrais issus de matières solubles à base de poisson et production d'hydrolysats de protéines de poisson
- Produits pharmaceutiques tels que la gélatine et le collagène
- Produits d'enduction, à base par exemple d'huile de poisson et d'essence de perle, et adhésifs tels que la colle de poisson.
- Production du cuir.

Le fluide perdu provenant du poisson peut subir un traitement anaérobie pour produire du biogaz. Les têtes, les coquilles, les boyaux et les débris entrent dans différentes applications dont les suivantes :

- Production d'aliments pour animaux, par exemple de farine de poisson, de farine de crustacés pour les chats et d'astaxanthine pour l'aquaculture.
- Production de substances alimentaires comme par exemple la farine de poisson, la chitine et le chitosan
- Production d'agents de floculation pour le traitement des eaux usées, par exemple la chitine et le chitosan.
- Élaboration de produits pharmaceutiques, par exemple la chitine et le chitosan.

La Figure 3.25 illustre les niveaux de consommation et d'émission atteints au cours des séquences de mise en boîte du poisson.

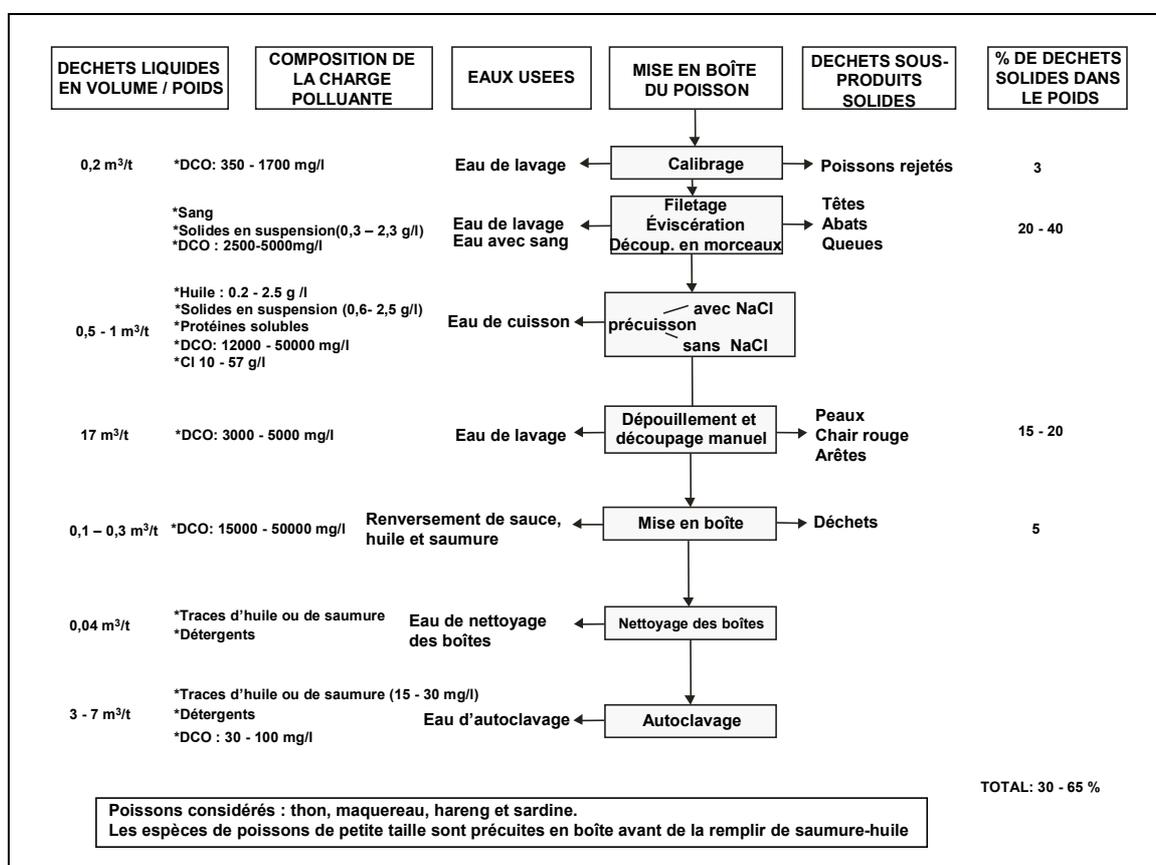


Figure 3.25 : Niveaux de consommation et d'émission enregistrés au cours des séquences processuelles de mise en boîte du poisson [134, AWARENET, 2002]

Les sous-produits solides issus du découpage en filets, de la salaison, du salage et du fumage du poisson ont des affectations similaires à celles relatives à la mise en boîte du poisson. Les cendres issues des rasages sont généralement envoyées au centre municipal d'enfouissement technique des déchets solides. La Figure 3.26 montre les niveaux de consommation et d'émission afférents aux séquences processuelles de découpage en filets et conservation du poisson.

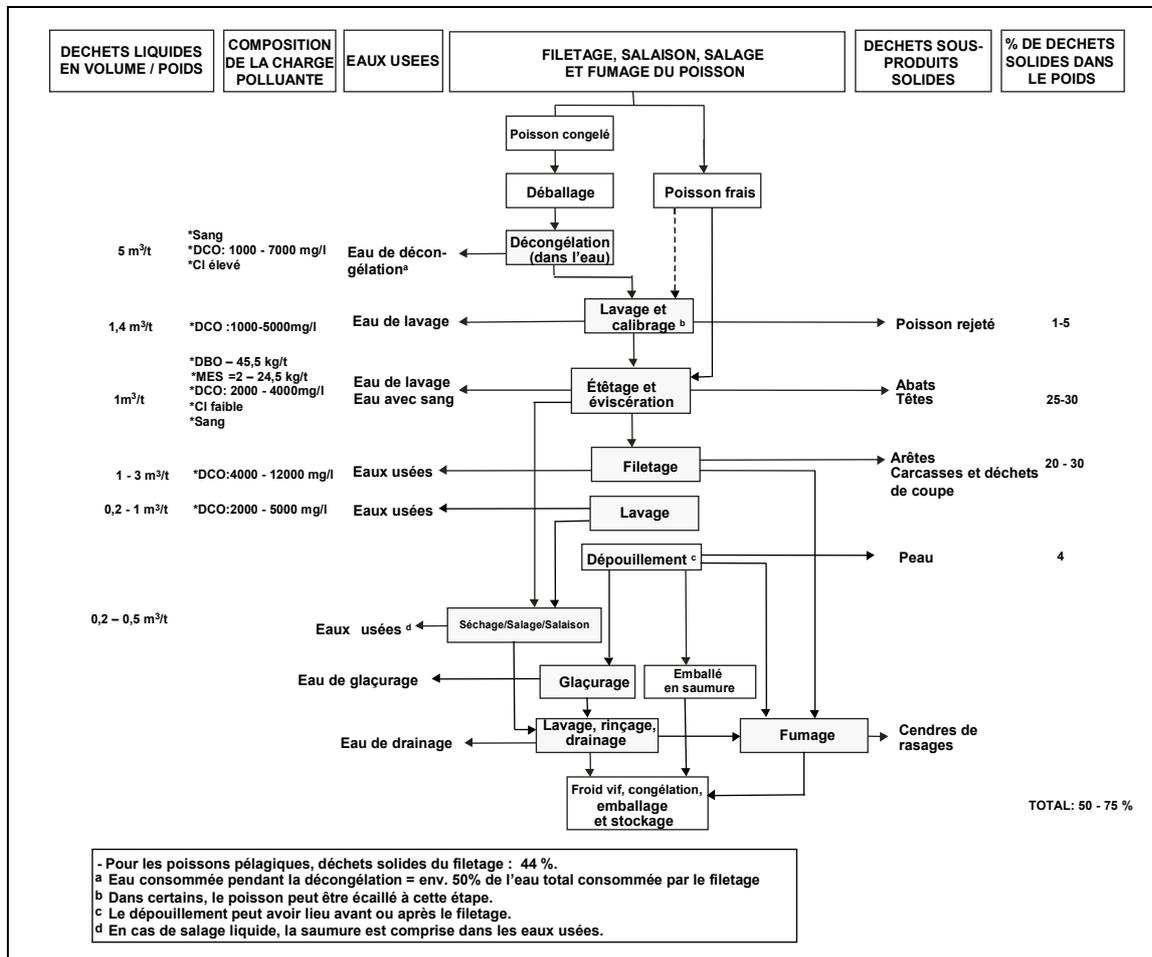


Figure 3.26 : Niveaux de consommation et d'émission enregistrés au cours des séquences processuelles de découpage en filets et de conservation du poisson [134, AWARENET, 2002]

Les principaux crustacés transformés et consommés en Europe comprennent les crevettes, crevettes roses, les homards, les langoustes et les crabes. Les principales séquences de transformation ainsi que les niveaux de consommation et d'émission sont représentés à la Figure 3.27.

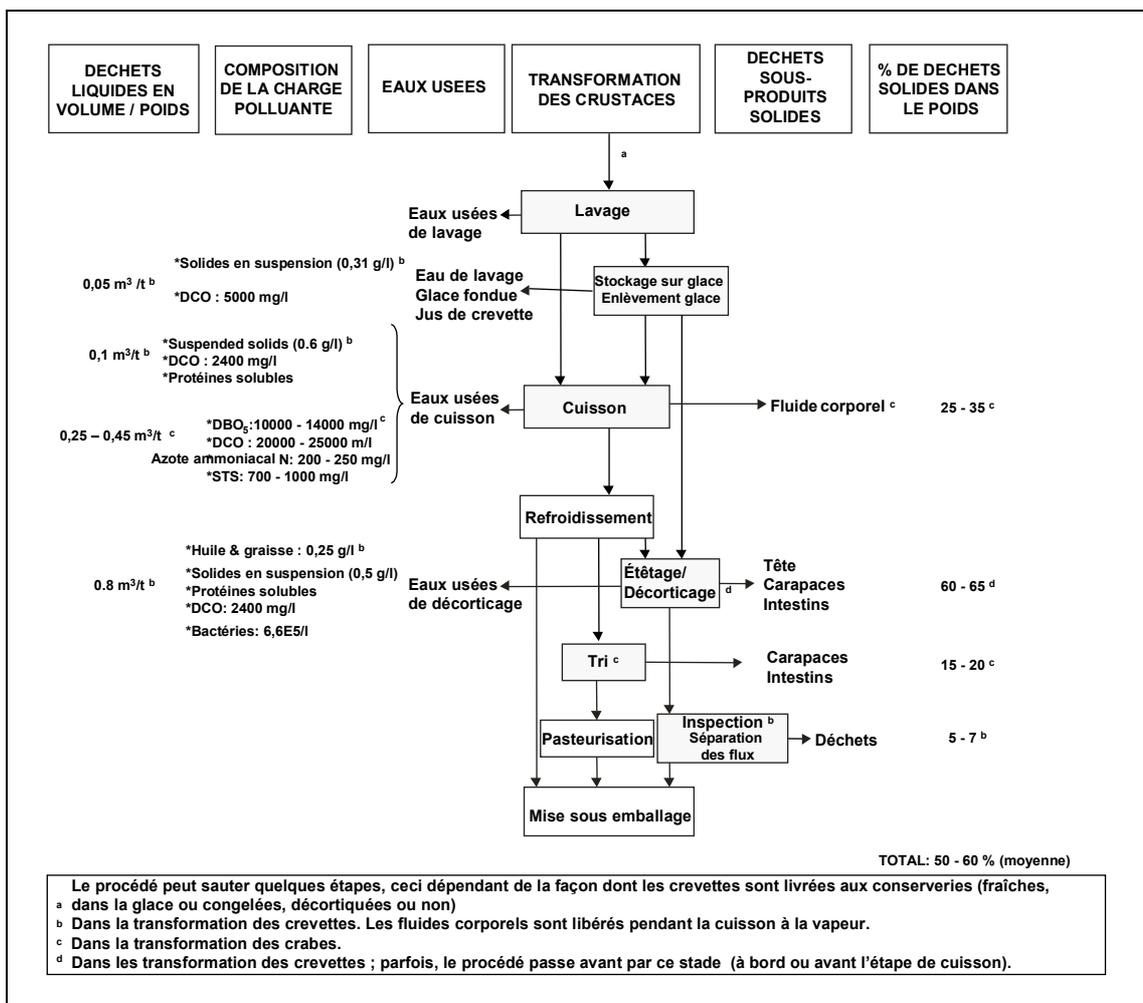


Figure 3.27 : Niveaux de consommation et d'émission enregistrés au cours des séquences de transformation des crustacés [134, AWARENET, 2002]

Le sable et les particules de coquilles libérées pendant l'enlèvement de la coquille et les séquences de lavage des mollusques entrent dans la fabrication de produits chimiques tels que des matières synthétiques et peintures, des matériaux de construction et des engrais. Le fluide perdu par le mollusque, par exemple le liquide de la palourde, peut entrer dans des substances alimentaires. La Figure 3.28 montre les niveaux de consommation et d'émission enregistrés pendant les séquences de traitement des mollusques.

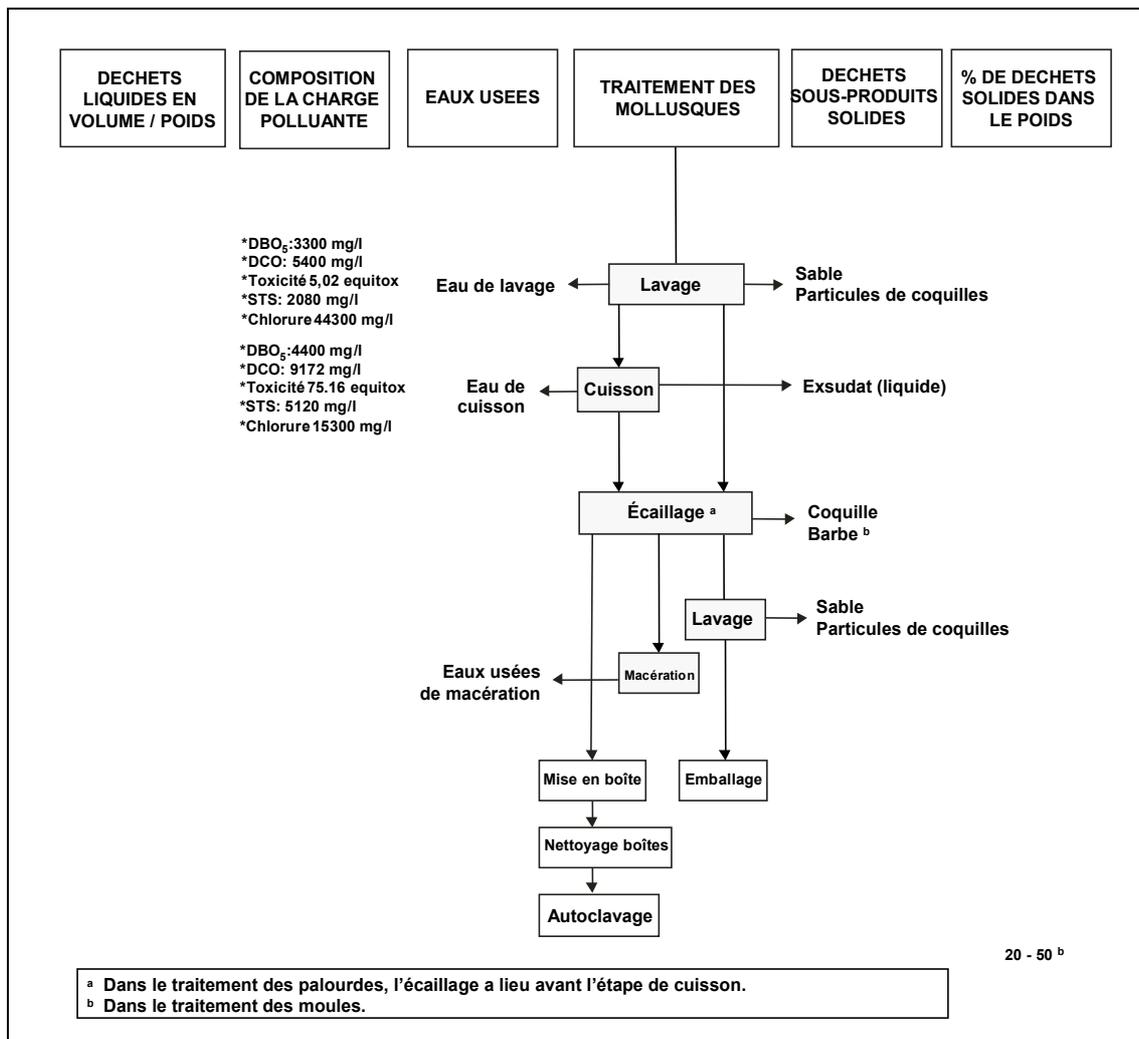


Figure 3.28 : Niveaux de consommation et d’émission enregistrés pendant les séquences de de transformation des mollusques [134, AWARENET, 2002]

3.3.2.4 Énergie

La consommation d’énergie dépend de l’installation, de l’équipement et des procédés de fabrication du poisson utilisés. Des procédés comme par exemple la mise en boîte, qui impliquent un échauffement, refroidissement, la production de glace, le séchage, l’évaporation, et la production d’huile consomment plus d’énergie que ceux qui n’impliquent pas ces opérations, tels que le découpage en filets, opération demandant peu d’énergie. En moyenne, le découpage en filets consomme entre 65 et 87 kWh/tonne de poisson, tandis que la mise en boîte consomme entre 150 et 190 kWh/tonne.

3.3.3 Fruits et légumes

3.3.3.1 Consommation d’eau

La consommation d’eau a principalement lieu pendant le lavage. Il en faut aussi pour peler et blanchir. En Grèce, les conserveries de fruits et légumes consomment entre 7 et 15 m³ d’eau par tonne de produit. Le Tableau 3.34 montre les niveaux de consommation d’eau constatés sur les installations traitant les fruits et légumes et auxquels celles-ci parviennent. Les niveaux de consommation d’eau constatés pour certains procédés dans le secteur des fruits et légumes figurent au Tableau 3.35.

Catégorie de produits	Consommation d'eau (m ³ /t de produit)
Fruits en conserve	2,5 – 4,0
Légumes en conserve	3,5 – 60
Légumes congelés	5,0 – 8,5
Jus de fruits	6,5
Jambons	6,0
Aliments pour nourrissons	6,0 – 9,0

Tableau 3.34 : Niveaux de consommation d'eau atteints par les installations traitant les fruits et légumes [140, World Bank (IBRD), et al., 1998]

Type de traitement	Consommation d'eau (m ³ /t de produit fini)
Légumes surgelés	2,5 – 5,0
Produits non pelés, par exemple les poireaux, les oignons, les aubergines, le chou, le céleri blanchi, la rhubarbe et les courgettes	2,6
Haricots, pois, choux-fleurs, choux de Bruxelles	3,0
Légumes à feuilles blanchies, par exemple les épinards	5,1
Produits pelés comme les carottes, le céleri et les pommes de terre	3,8
Légumes en conserve (plage)	7 – 11
Si traitement bien géré	5,9
Transformation des pommes de terre (plage)	4,5 – 9,0
Si traitement bien géré	5,1
Entreprise bien gérée, dédiée au pelage des pommes de terre	2,4

Tableau 3.35 : Consommation d'eau, par certains procédés, dans le secteur des fruits et légumes [5, Derden A Vercaemst P and Dijkmans R, 1999, 134, AWARENET, 2002]

Les tomates sont l'une des matières premières les plus transformées. L'Italie est le deuxième plus grand producteur mondial de tomates après les États-Unis, et le premier exportateur de produits à base de tomates. Les chiffres afférents à la consommation d'eau et d'énergie, ajoutés à la production d'eaux usées et de déchets solides aux différentes séquences de transformation des tomates pelées mises en boîte et du jus de tomate sont résumés au Tableau 3.36 et au Tableau 3.37.

Tomates pelées en boîte (entières et coupées)						
Formes d'activités		Consommation d'eau	Charge des eaux usées	Sous-produits / Déchets solides	Énergie électrique	Énergie thermique
No.	Description	(m ³ /t)	(kg de DCO/t)	(kg/t)	(kWh/t)	(kg de vapeur/t)
A.1	Manutention et stockage des matières	0,2	1,5	10 – 15	1	
A.2	Trier / cribler, calibrer, décortiquer, équeuter / égrapper et parer	1	0,1	0,2	1,5	
A.3	Pelage (affinage)	0,5 – 2	3 – 5	25 – 30	2,5	100
A.4	Lavage	2	2	0,2	0,5	
B.1	Couper, découper en tranches, hacher, émincer, dépulper et presser		1			
B.2	Mixer / mélanger, homogénéiser et concher					
C.5	Filtrage		1			

Chapitre 3

E.2	Blanchiment		0,5		4 - 5	60
E.8	Pasteurisation, stérilisation et UHT	15 – 25 ⁽¹⁾			2	450 – 500
	Boîtes et bouteilles					200 – 300
F.1	Évaporation (du jus)	10 – 12 ⁽¹⁾			7 – 8	150 – 200
H.1	Mise sous emballage et remplissage			0,5	1,5	
U.1	Nettoyage et désinfection	1,5	1	0,2 – 1		
U.4	Génération de vide	0,5			1 - 2	
	Totaux généraux d'installations types (chaque installation ne pratiquant pas toutes les formes d'activités, les totaux ne représentent pas la somme des niveaux pour chaque forme d'activités)	35 – 40	7 – 10	25 – 35	19 – 24	750 – 850
			6 – 8⁽²⁾			

⁽¹⁾Pas de rejet mais recyclage
⁽²⁾Eaux usées – m³/t

Tableau 3.36 : Niveaux de consommation et d'émission afférents à la mise en boîte des tomates [89, Italian contribution, 2001, 184, Italy, 2003]

Jus de tomate, purée et pâte (purée entre 28 et 30 °Brix ⁽¹⁾)						
Forme d'activité		Consommation d'eau	Charge des eaux usées	Sous-produits / déchets solides	Énergie électrique	Énergie thermique
N°	Description	(m ³ /t)	(kg de DCO /t)	(kg/t)	(kWh/t)	(kg de vapeur/t)
A.1	Manutention et stockage	5	6	12	0,4	
A.2	Trier / cribler, calibrer, décortiquer, équeuter / égrapper et parer	10	2		1,5	
A.3	Pelage (affinage)			150 – 200	8 – 12	
A.4	Lavage	15	5			
B.1	Couper, découper en tranches, hacher, émincer, dépulper et presser				2.5	
B.2	Mixer / mélanger, homogénéiser et concher					
E.2	Blanchiment				15 – 25	700 – 900
E.8	Pasteurisation, stérilisation et UHT				0,5	60 – 80
F.1	Évaporation (liquide vers liquide)	100 – 150 ⁽²⁾			60 – 80	1500 – 1800
F.2	Séchage (liquide vers solide)					
H.1	Mise sous emballage et remplissage			1,5	3,5	10
U.1	Nettoyage et désinfection		1			
U.4	Génération de vide	1			4 - 5	
	Totaux généraux d'installations types (chaque installation ne pratiquant pas toutes les formes d'activités, les totaux ne représentent pas la somme des niveaux pour chaque forme d'activités)	130 – 180⁽²⁾	10 – 12	160 – 210	90 – 125	2300 – 2800
			60 – 80⁽²⁾			

⁽¹⁾ Tous les chiffres se réfèrent à 1 t de purée de tomate à 28 – 30 °Brix. Coefficients de conversion pour d'autres produits finis :
Purée entre 7 et 12 °Brix : multiplier par 0,3
Purée entre 20 et 22 °Brix : multiplier par 0,7
Purée entre 36 et 40 °Brix : multiplier par 1,3
⁽²⁾ Sans les tours de refroidissement

Tableau 3.37 : Niveaux de consommation et d'émission afférents à la fabrication de jus de tomate, purée de tomate et pâte de tomate

[89, Italian contribution, 2001, 184, Italy, 2003]

3.3.3.2 Eaux usées

Les caractéristiques des eaux usées sont affectées par différents facteurs. Ces derniers incluent le traitement de la matière première, les variations saisonnières et des sources, les formes d'activités, les schémas de production et les pratiques propres à l'opérateur. Le Tableau 3.38 montre des données afférentes à la mise en boîte de fruits et légumes aux États-Unis.

Paramètres	Fruits	Légumes
Volume d'eaux usées (m ³ /t de matières premières)	10,86	22,91
DBO ₅ (kg/t de matières premières)	11,8	13,0
STS (kg/t de matières premières)	2,2	6,6

Tableau 3.38 : Quantités moyennes d'eaux usées et pollution moyenne de l'eau engendrées par les conserveries US en 1975

[74, Greek Ministry for the Environment, 2001]

Les eaux usées sont généralement riches en matières en suspension, en sucres et en amidons. Les pesticides résiduels, difficiles à dégrader pendant l'épuration des eaux usées, peuvent être préoccupants, spécialement lorsque les produits proviennent de pays pratiquant des contrôles moins sévères sur l'utilisation des pesticides.

Le Tableau 3.39 et le Tableau 3.40 indiquent les niveaux constatés de DBO et de STS dans les eaux usées engendrées par la transformation de différents fruits et légumes.

DBO <500 mg/l		DBO 500 – 1000 mg/l		DBO 1000 – 2000 mg/l	
Produit	STS mg/l	Produit	STS mg/l	Produit	STS mg/l
Agrumes	130	Jus de fruits	104	Pommes de terre congelées	1716
Asperges	43 – 114	Fraises	96 – 210	Pommes de terre sèches	981
Brocoli	100 – 455	Aliments pour nourrissons	101 – 533	Abricots	33 – 387
Choux de Bruxelles	29 – 1680	Tomates pelées	280 – 1280	Champignons	33 – 467
Choux-fleurs	18 – 113	Produits à base de tomate	512 – 1180	Pêches	164 – 1020
Légumes déshydratés	168 – 778			Prunes	60 – 187
Légumes feuillus	19 – 419				
DBO 2000 – 3000 mg/l		DBO 3000 – 5000 mg/l		DBO >5000 mg/l	
Produit	STS mg/l	Produit	STS mg/l	Produit	STS mg/l
Carottes	262 – 1540	Fruits séchés	8 – 568	Betteraves	367 – 4330
Jus de pamplemouss e	216 – 228	Confitures, gelées, conserves	404 – 711	Pommes de terre entières	1660 – 24300
Pois	79 – 673	Poires	84 – 702	Maïs	131 – 2440
Croustilles de pommes de terre	1450 – 3910				

Tableau 3.39 : Teneurs en DBO et en STS des eaux usées provenant de la transformation des fruits et légumes [140, World Bank (IBRD), et al., 1998]

Type d'opération	Matières en suspension (mg/l)	DCO (mg/l)	DBO ₅ (mg/l)	N _{tot} (mg/l)	P _{tot} (mg/l)
Légumes, légumes congelés, conserves, jus de fruits et de légumes	700	5000	3000	150	30
Transformation des pommes de terre	700	10000	3000	150	200
Pelage des pommes de terre	1100	6000	2500	200	30
Jus de fruits et de légumes ¹					
Pommes	33 ²	5500	2500	26.5	21
Pommes (sans pressage)	16.5 ²	5100	2500	27	23
Griottes	9 ²	4000	2300	15	
Cassis	24 ²	4900	2600	13.5	12.5
Cassis sans pressage	21 ²	4600	2100	–	9
Carottes	24 ²	8600	2700		
¹ Chiffres moyens arrondis					
² Solides sédimentables au bout de deux heures, en ml/l					

Tableau 3.40 : caractéristiques des eaux usées issues de la transformation de certains fruits et légumes [5, Derden A Vercaemst P and Dijkmans R, 1999, 65, Germany, 2002]

Les deux tableaux suivants illustrent la génération spécifique d'eaux usées et des charges polluantes spécifiques. Le Tableau 3.41 montre les charges constatées par unité de production et qu'il est possible d'atteindre en appliquant des mesures visant à réduire la pollution, telles que les achats de fruits et légumes crus propres, et l'utilisation de systèmes à contre-courant pour laver et recycler l'eau processuelle, bien que les techniques spécifiquement utilisées pour chaque exemple et l'unité de produit n'aient pas été identifiées. Le Tableau 3.42 montre les volumes d'eaux usées et la pollution par unité de produit générés pendant la transformation de certains fruits.

Produit	Volume d'eaux usées (m ³ /U)	DBO ₅ (kg/U)	STS (kg/U)
Asperge	69,0	2,1	3,4
Brocoli	11,0	9,8	5,6
Choux de Bruxelles	36,0	3,4	11,0
Carottes	12,0	20,0	12,0
Choux-fleurs	89,0	5,2	2,7
Maïs			
En conserve	4,5	14,0	6,7
Congelé	13,0	20,0	5,6
Oignons et ail déshydratés	20,0	6,5	5,9
Légumes déshydratés	22,0	7,9	5,6
Pois secs	18,0	15,0	4,4
Haricots de Lima	27,0	14,0	10,0
Champignons	22,0	8,7	4,8
Oignons, en boîte	23,0	23,0	9,3
Pois			
En boîte	20,0	22,0	5,4
Congelés	15,0	18,0	4,9
Petits légumes au vinaigre			
Emballés frais	8,5	9,5	1,9
Emballés au cours du processus	9,6	18,0	3,3
Stations de salage	1,1	8,0	0,4
Piments	29,0	27,0	2,9

Pommes de terre			
Tous produits	10,0	18,0	16,0
Produits congelés	11,0	23,0	19,0
Produits déshydratés	8,8	11,0	8,6
Choux			
En boîte	3,5	3,5	0,6
Cuits	0,4	1,2	0,2
Haricots mange-tout			
En boîte	15,0	3,1	2,0
Congelés	20,0	6,0	3,0
Épinards			
En boîte	38,0	8,2	6,5
Congelés	29,0	4,8	2,0
Squash	5,6	17,0	2,
Patates douces	4,1	30,0	12,0
Tomates			
Pelées	8,9	4,1	6,1
Produits	4,7	1,3	2,7
L'unité de production (U) n'est pas définie dans [140, World Bank (IBRD), et al., 1998]			

Tableau 3.41 : Volumes d'eaux usées et pollution de l'eau par unité de produit engendrés au cours de la transformation de certains légumes [140, World Bank (IBRD), et al., 1998]

Produit	Volume de déchets (m ³ /U)	DBO ₅ (kg/U)	STS (kg/U)
Abricots	29,0	15,0	4,3
Pommes			
Tous produits	3,7	5,0	0,5
Tout sauf le jus	5,4	6,4	0,8
Jus	2,9	2,0	0,3
Canneberges	5,8	2,8	0,6
Agrumes	10,0	3,2	1,3
Cerises	7,8	9,6	0,6
Griottes	12,0	17,0	1,0
Bings	20,0	22,0	1,4
Canneberges	12,0	10,0	1,4
Fruits secs	13,0	12,0	1,9
Pamplemousses			
En boîte	72,0	11,0	1,2
Pressés	1,6	1,9	0,4
Pêches			
En boîte	13,0	14,0	2,3
Congelées	5,4	12,0	1,8
Poires	12,0	21,0	3,2
Ananas	13,0	10,0	2,7
Prunes	5,0	4,1	0,3
Raisins	2,8	6,0	1,6
Fraises	13,0	5,3	1,4
L'unité de production (U) n'est pas définie dans [140, World Bank (IBRD), et al., 1998]			

Tableau 3.42 : Volumes d'eaux usées et pollution de l'eau enregistrés par unité de produit pendant la transformation de certains fruits [140, World Bank (IBRD), et al., 1998]

Cette section fournit jusqu'ici des données générales constatées sur la pollution de l'eau provoquée par la transformation des fruits et légumes. Les paragraphes suivants ont trait à la décomposition de toutes les formes d'activités génératrices d'eaux usées. La Figure 3.29 illustre un procédé type et indique les quantités d'eaux usées engendrées par les principales formes d'activités.

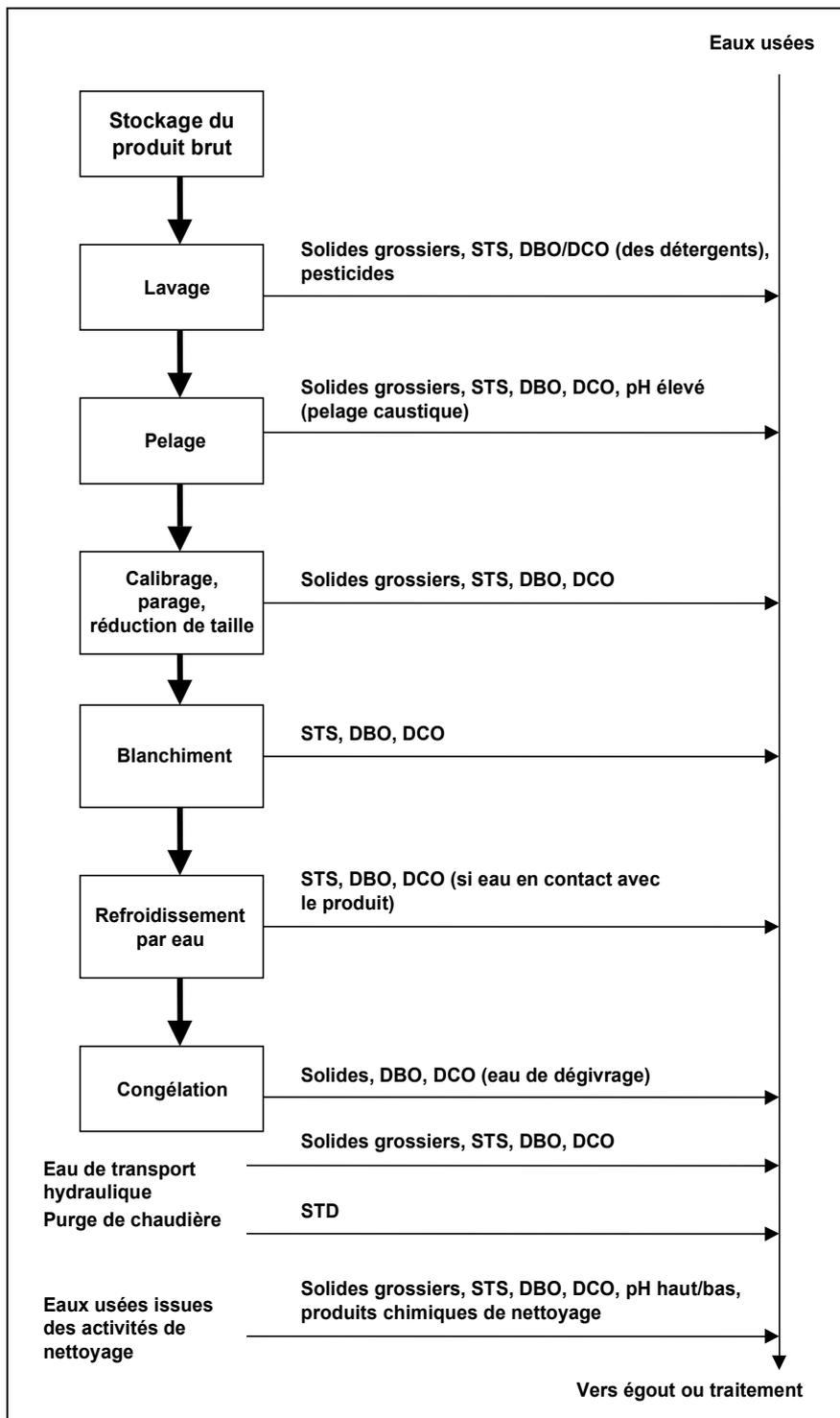


Figure 3.29 : Eaux usées produites pendant la transformation des fruits et légumes [13, Environment Agency of England and Wales, 2000]

Les produits entrants sont lavés dans de l'eau chlorée afin d'en retirer la terre résiduelle, les pierres et d'autres débris et de réduire les populations microbiennes. Il faut de gros volumes d'eau chlorée, plus particulièrement avec les légumes racines qui véhiculent avec eux une grande quantité de terre, et avec les légumes feuillus qui présentent une grande surface. Des techniques de flottation mécanique ou dans l'air sont utilisées pour faciliter l'enlèvement de la terre et réduire la consommation d'eau. Il est courant que l'eau provenant d'autres opérations soit remise en circulation ou réutilisée. Les eaux usées provenant du pré-lavage contiennent principalement des débris du champ et des particules de sol avec de petits fragments de fruits ou

de légumes. Si l'on utilise des détergents pour accroître l'efficacité, ils contribuent à la charge de DCO dans les eaux usées.

La plupart des procédés impliquent certains types de calibrage, de parage et de réduction de taille. Parfois on se sert de calibreuses opérant par densité et utilisant des saumures différemment concentrées. Le rejet de quantités significatives de saumures peut avoir des effets nocifs divers sur une SEEU biologique. Le lavage des produits après ces opérations génère des eaux usées contenant de l'amidon, des sucres et acides solubles. L'utilisation du transport par eau pour convoier à la fois le produit et les matières premières provoque un délavage supplémentaire de ces substances. Les eaux usées provenant de la transformation des agrumes contiennent aussi des substances pectiques susceptibles pouvant gêner la décantation des matières en suspension.

Toutes les lignes, équipements et zones processuelles qui ne se trouvent pas dans des zones conçues sèches requièrent un nettoyage mouillé, lequel engendre des eaux usées contaminées par la matière première, le produit et les produits chimiques de nettoyage. Dans ce secteur, les exigences visant les produits chimiques agressifs sont moins nombreuses que dans d'autres secteurs, sauf si de l'huile et de la matière grasse entrent dans la transformation.

3.3.3.3 Extrants solides.

De grandes quantités de déchets solides sont produites. Il s'agit de matières organiques comprenant les fruits et légumes rebutés pendant la sélection, et de celles provenant de procédés comme le pelage ou le dénoyautage. Ces déchets ont généralement une haute valeur nutritive et peuvent servir d'aliments pour animaux. Les matières indésirables, rejetées au cours des premières séquences de transformation, comprennent la terre et les matières végétales étrangères, les stocks alimentaires abîmés, et certains déchets de parage, les noyaux, graines et la pulpe.

Lorsqu'on utilise des produits caustiques pour peler les fruits et les légumes tendres, cela produit des déchets solides hautement alcalins ou salés. Les déchets solides à forte teneur d'humidité peuvent être engendrés par le nettoyage mouillé et les opérations de réutilisation dans lesquelles les solides dissous ou matières en suspension sont concentrés et séparés des eaux usées.

Jusqu'à 50 % des fruits et généralement entre 10 et 30 % des légumes crus sont perdus pendant la transformation. Une partie des déchets va aux eaux usées et des quantités significatives de déchets solides sont également générés. Le Tableau 3.43 contient quelques chiffres recensés à ce sujet.

Matières premières transformées	Déchets solides engendrés par tonne de produit (kg)
Maïs	40
Pois	40
Pommes de terre	40
Fraises	60
Pommes	90
Tous légumes	130
Pêches	180
Brocoli	200
Carottes	200
Pêches congelées*	200
*Produit	

Tableau 3.43 : Déchets solides issus de la transformation des fruits et légumes
[140, World Bank (IBRD), et al., 1998]

La Figure 3.30 renseigne sur les types et quantités recensés de déchets produits pendant la transformation et la conservation des fruits et légumes.

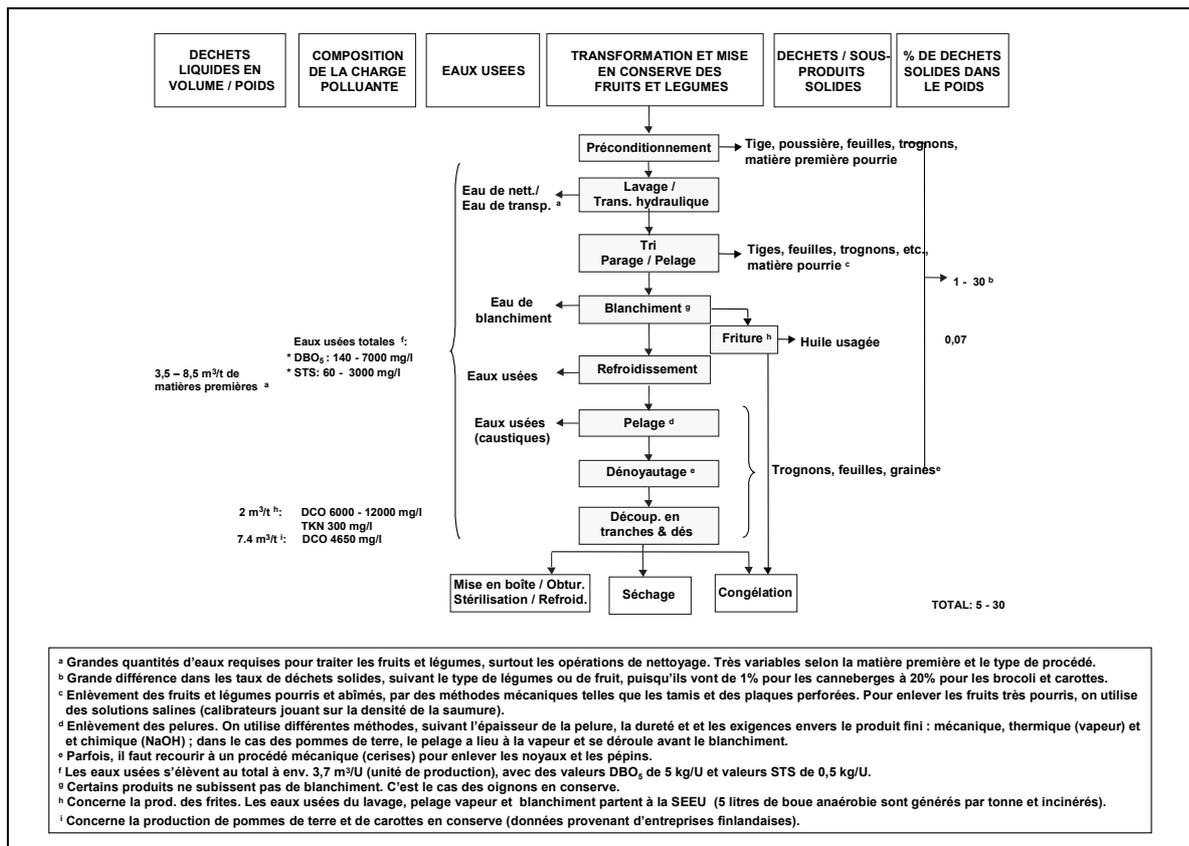


Figure 3.30 : Type et quantité de déchets produits pendant la transformation et la conservation des fruits et légumes [134, AWARENET, 2002]

La Figure 3.31 contient des chiffres issus de la production des jus de fruits et légumes.

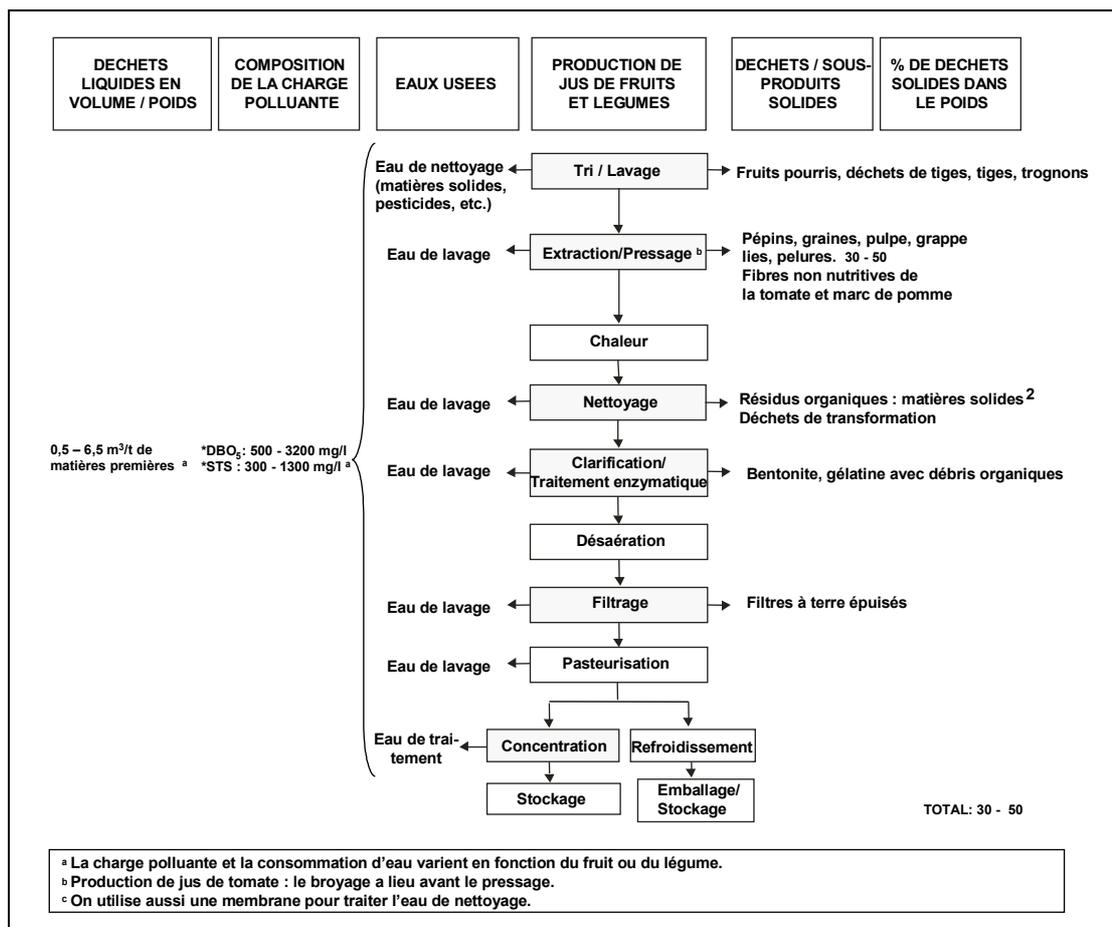


Figure 3.31 : Type et quantité de déchets produits pendant la fabrication des jus de fruits et de légumes [134, AWARENET, 2002]

Si les fruits et légumes sont traités avec des enzymes pendant la fabrication des jus, la production de déchets diminue. Le Tableau 3.44 montre les effets de la transformation des pommes et des tomates en Hongrie.

Matières premières	Type de prétraitement	Quantité de déchets (%)
Pomme	Avec des enzymes	8 - 18
	Sans enzymes	10 - 25
Tomate	Avec des enzymes	2 - 6
	Sans enzymes	4 - 8

Tableau 3.44 : Déchets de fruits et légumes engendrés par la production de jus en Hongrie [134, AWARENET, 2002]

Certains déchets entrent normalement dans la production d'aliments pour animaux ou d'engrais organiques. Ils peuvent également servir à fabriquer des aliments pour l'homme et d'autres produits commercialisables, ou sont éliminés avec les eaux usées ou renvoyés dans les champs. Les itinéraires possibles de réutilisation et d'élimination des différents déchets solides produits sont les suivants :

- Fibres non nutritives provenant du marc de pomme, la peau sèche des agrumes et la lécithine des graines de soja peut servir à produire des aliments tels que des aliments fermentés, boissons, huiles et protéines, ou à développer des biopolymères entrant eux-mêmes dans l'élaboration d'emballages biodégradables et dans des matériaux de construction. La pectine est extraite des pommes. Avec les agrumes, l'extraction a lieu pendant la production des jus.

- Les déchets d'agrumes, les lies des raisins et les déchets issus de la transformation des pommes de terre peuvent entrer dans la biosynthèse de produits chimiques naturels tels que le furfural, le xylitol, l'alcool, les acides organiques et les polysaccharides, ainsi que dans des substances pharmaceutiques comme l'hycogénine, les antibiotiques et les vitamines. Cette option va croissant au fur et à mesure que l'on identifie de nouvelles opportunités.
- La production d'aliments pour animaux à partir de pulpe de betterave sucrière, de granulés issus du marc de pomme et de tomate et de pulpe d'agrumes, sans ou après traitement (physique, chimique, microbien, mise en silo, production de biomasse microbienne). Cette forme d'utilisation est limitée par plusieurs facteurs dont l'expédition, la putréfaction pendant le stockage et le transport, et la présence de constituants indésirables tels que des alcalis ou du sel. La teneur en eau représente la plus grande part des coûts d'expédition et, dans une certaine mesure, des taux de putréfaction. La putréfaction réduit la durée de conservation et la valeur des déchets solides et restreint leur utilisation comme aliments pour animaux.
- Les noyaux de pêches et d'olives, les balles de riz et la paille peuvent être directement incinérés ou convertis pour produire du biogaz ou de l'alcool. L'incinération est une option viable pour les déchets solides présentant une teneur relativement faible (<10 %) en eau. La gazéification catalytique ou la pyrolyse peuvent également être appliquées.
- Le composté et l'utilisation sur le sol de déchets organiques sont limités en raison des odeurs et de la contamination possible du sol par les substances organiques et les sels issus du lessivage.

Parmi les formes d'activités utilisées dans le secteur des fruits et légumes, le pelage est l'un des grands producteurs de déchets solides et d'eaux usées.

Le pelage à la vapeur s'emploie généralement en présence de grandes quantités de pommes de terre, carottes et autres tubercules. Le prétraitement comprend le lavage et la séparation de la boue et des pierres. Les déchets solides n'ont aucune valeur vis-à-vis de la bioconversion. Les déchets produits au cours du pelage contiennent des solides et beaucoup de pelures séparés de la phase aqueuse par décantation, séchage et qui peuvent être compostés ensuite. Il est possible de poursuivre le traitement de ces déchets pour en récupérer des minéraux, fibres et substances phénoliques. La phase aqueuse part au traitement des eaux usées avec celles issues d'autres procédés. La pollution de cette phase, avant rejet aux SEEUM s'exprime en DCO et s'élève à environ 4 000 mg/l. Les vitamines solubles, l'amidon, les fibres et fluides tissulaires peuvent être récupérés de ces eaux usées.

Le pelage mécanique s'utilise en présence de petites quantités de pommes de terres, carottes, pommes, poires, etc., dans la logistique de la restauration ou dans les cantines d'établissements. Le pelage a souvent lieu en dehors du transformateur principal. Nombreuses sont les entreprises dédiées au pelage et dont les capacités et équipements varient. Les formes d'activités sont fondamentalement les mêmes que dans le pelage à la vapeur. La transformation commence avec la séparation de la boue et des pierres ; il s'agit donc d'une séquence similaire à celle utilisée dans le procédé de pelage à la vapeur.

Le pelage se décompose en trois séquences successives : le pré-pelage mécanique par exemple au moyen de carborundum, le pelage au couteau puis le lavage. Il y a production d'eaux usées dans chacune de ces trois séquences. Après décantation, la phase gazeuse part au traitement des eaux usées. Sa pollution s'exprime en DCO et s'élève à environ 5 000 mg/l. Normalement, on composte la phase solide séparée. Une récupération des vitamines, de l'amidon, des fibres et minéraux peut avoir lieu.

Le pelage au couteau produit des extrants similaires au pelage à la vapeur, extrants qui peuvent servir de façon similaire, soit directement d'aliments pour animaux, soit pour en récupérer les composants. Environ 60 % des déchets solides organiques totaux sont produits pendant le pré-pelage, le pelage abrasif et le pelage au couteau. Après le découpage en morceaux, les morceaux défectueux qui sont par exemple trop brunis ou trop petits sont séparés et utilisés comme aliments pour animaux. Toutefois et principalement dans la transformation des carottes, il est possible de récupérer, de ces sous-produits que sont les morceaux défectueux, de nombreuses substances de valeur telles que la vitamine C, les fibres, les composés phénoliques et les

caroténoïdes. La séquence suivante est une séquence de rinçage, et dans le cas de la transformation des pommes de terre, on lui associe habituellement l'ajout d'inhibiteurs de brunissage ou de sulfites avant de transporter le produit pelé vers l'installation de transformation principale.

La Figure 4.90 et la Figure 4.91 contiennent des données comparant les extrants issus de procédés qui recourent soit au pelage à la vapeur, soit à une combinaison du pelage abrasif et du pelage au couteau.

3.3.3.4 Énergie

Les procédés comprenant le chauffage, le refroidissement, le séchage, l'évaporation, la stérilisation, la pasteurisation et le blanchiment consomment une quantité non négligeable d'énergie.

Presque chaque séquence du procédé requiert de l'électricité. Pour produire de la vapeur, on peut utiliser des chaudières marchant au gaz naturel. Le secteur des légumes congelés est un gros consommateur d'électricité et de gaz naturel. La surgélation est le procédé qui consomme le plus d'électricité.

Pendant la surgélation, il faut porter le produit à une température très basse, par exemple comprise entre -30 et -40 °C. Pendant ce procédé, la consommation d'énergie atteint 80 à 280 kWh/tonne de légumes congelés. D'autres procédés comme le lavage par exemple consomment moins d'électricité, au maximum 28 kWh/tonne de produits congelés.

La surgélation des carottes consomme ± 8 kWh/tonne et celle des salsifis ± 20 kWh/tonne ; le tri de ces légumes consomme une grande quantité d'énergie électrique. Le lavage des épinards en vue de leur surgélation consomme ± 4 kWh/tonne, et est électriquement intensif. La transformation mécanique des haricots et salsifis congelés consomme respectivement entre ± 6 kWh/t et ± 9 kWh/t, c'est-à-dire beaucoup d'électricité comparé à d'autres légumes.

La consommation d'électricité du blancher à tapis avec refroidissement par air, qui demande entre 7 et 30 kWh/tonne de produit congelé, est significativement plus élevée que celle du blancher à tapis opérant avec refroidissement par eau, lequel demande entre 2 et 9 kWh/tonne de produit congelé, ou que le blancher à tambour avec refroidissement par eau à contre-courant qui demande entre 1 et 2,6 kWh/t de produit congelé. Les épinards requièrent la plus grande quantité d'électricité en raison des procédés intermédiaires comme la mise sous emballage et la confection de portions.

La vapeur sert à peler et blanchir. Le pelage à la vapeur consomme environ cinq fois plus de vapeur que le pelage caustique. Le blanchiment sur tapis avec refroidissement par eau consomme environ la moitié moins d'énergie que le blanchiment sur tapis avec refroidissement par air ou le blanchiment au tambour avec refroidissement par eau à contre-courant. Quant au stockage, la consommation d'électricité est comprise entre 20 et 65 kWh par m³ d'espace de stockage et par an.

3.3.3.5 Données afférentes à certaines fruits et légumes

3.3.3.5.1 Emballage fraîcheur

Les fruits et légumes conditionnés sous emballage fraîcheur requièrent un traitement minimal. La consommation d'eau a lieu principalement au lavage des produits, à l'écoulement dans des rigoles et au nettoyage de la chaîne. Les installations de transformation se trouvent souvent près des zones de culture, ce qui crée des opportunités d'utiliser les eaux usées dans l'irrigation. Certains légumes sous emballage fraîcheur requièrent d'être pelés.

3.3.3.5.2 Fruits et légumes en conserve

Le traitement des fruits et légumes destinés aux conserves se poursuit. Les types de traitement les plus courants sont abordés ci-après.

De nombreux légumes et certains fruits requièrent d'être **pelés**, ce qui peut être source majeure de DBO et de STS, et représente une proportion non négligeable du volume total d'eaux usées. Le pelage est habituellement suivi du lavage.

Le pelage conventionnel à la vapeur consomme de grandes quantités d'eau et donne des eaux usées très chargées en résidus de produit. Dans les installations de transformation des pommes de terre, les pelures peuvent représenter jusqu'à 80 % de la DBO totale. Dans le traitement des fruits, les eaux usées de pelage peuvent représenter jusqu'à 10 % du flux total d'eaux usées et 60 % de la DBO. Le refroidissement à l'eau au cours du pelage à la vapeur accroît la consommation d'eau.

Le pelage caustique provoque une plus forte dissolution de matière donc de plus fortes teneurs en DCO, DBO et en matières en suspension que le pelage mécanique, lequel est une combinaison de pelage au couteau et par abrasion. En outre, l'utilisation de produit caustique pendant le pelage peut provoquer des variations de PH dans les eaux usées. Le pelage caustique à sec tend à moins consommer de produit caustique que les méthodes mouillées et peut grandement réduire le volume des eaux usées en provenance de cette activité et leur teneur en produit caustique, ce qui permet de collecter les pelures sous forme de pâte liquide pompable.

Le blanchiment s'utilise avec la plupart des légumes destinés à la mise en boîte, à la congélation et au séchage. Le blanchiment a généralement lieu à l'aide d'eau très chaude ou de vapeur. S'il est prévu de congeler le produit, le blanchiment est suivi d'un refroidissement par eau ou par air.

Tant le blanchiment à l'eau qu'à la vapeur donne des eaux usées à DBO élevée ; dans certains cas, elle représente plus de la moitié de la charge de DBO totale. Le volume d'eaux usées est moins élevé avec le blanchiment à la vapeur qu'avec le blanchiment à l'eau. Il est possible de réduire la quantité d'eaux usées engendrées par le blanchiment à la vapeur en recyclant la vapeur, au moyen de joints à vapeur efficaces et d'équipements conçus pour réduire la consommation de vapeur. Les eaux usées peuvent être complètement éliminées par le blanchiment aux micro-ondes, méthode utilisée en Europe et au Japon.

Fruits et légumes qu'il est possible de stériliser microbiologiquement à des températures non supérieures à 100 °C : leur stérilisation, généralement appelée **pasteurisation** dans ce cas, peut avoir lieu dans des installations faisant appel à de l'eau très chaude ou de la vapeur à la pression atmosphérique. Le procédé à basse température le plus couramment utilisé est celui à bain ouvert. Il s'agit de bassins métalliques cylindriques ou reliés en parallèle par des tuyauteries ; ils contiennent de l'eau échauffée par injection directe de vapeur à l'aide d'une buse placée au fond. Ces bains ne sont généralement pas équipés de thermostats automatiques. La température opérationnelle est le point d'ébullition de l'eau à la température atmosphérique, avec un flux continu de vapeur excédentaire. Les paquets à stériliser sont chargés dans de grands paniers ; les paniers sont immergés dans les bains au moyen de poulies et traités par l'eau bouillante pendant la durée convenue. Le **refroidissement** n'a pas lieu généralement dans le bain de stérilisation lui-même, raison pour laquelle ce dernier est prêt à recevoir une nouvelle charge, mais dans un autre bain contenant de l'eau courante froide.

Avec les produits **conditionnés** dans des conteneurs en verre, on utilise des tunnels linéaires incluant les phases suivantes : alimentation, préchauffage, chauffage, prérefroidissement, refroidissement et séchage. Le séchage fait appel à de la vapeur saturée sèche ou à de l'eau très chaude descendant sur les paquets depuis le sommet, depuis une série de buses ou par simple percolation depuis un plafond perforé. L'eau est ensuite récupérée dans des bains de recyclage équipés d'un chauffage direct ou indirect de la vapeur. Le **refroidissement** s'effectue également en aspergeant avec de l'eau. L'eau de prérefroidissement est partiellement recyclée, ce qui la

maintient à environ 60 °C. La séquence de **séchage** est indispensable si l'on veut empêcher les marques sur la coiffe et, surtout, pour permet d'étiqueter et de passer au conditionnement secondaire en ligne. Cette opération est accomplie au moyen de ventilateurs à air très chaud ou froid. Pour stériliser les produits à faible acidité, requérant une température supérieure à 100 °C, il est possible d'utiliser différents moyens de chauffage, bien que ce soient les autoclaves qui prédominent. Tous les stérilisateur à haute température fonctionnent à des températures supérieures à la pression atmosphérique.

Les produits acides à phase unique ou les produits contenant de petits morceaux, comme les jus de fruits, les jus de légumes et les purées, purées de tomates, confitures, marmelades et gelées, peuvent être introduits très chauds dans leur conditionnement. La stérilisation thermique peut avoir lieu avant le conditionnement du fait du pH ou de l' a_w bas de ces produits. Le produit lui-même, du fait qu'il est très chaud, stérilise le récipient en métal ou en verre de sorte qu'il ne faut stériliser séparément que les coiffes ou les goulots de bouteille ainsi que les couvercles des petits récipients. Il faut que le remplissage et l'obturation hermétique du récipient aient lieu avant que le produit ne refroidisse. La température de remplissage doit être comprise entre 85 et 92 °C. Dans tous les cas, le refroidissement subséquent a lieu avec de l'eau chlorée stérilisée.

Et enfin a lieu le **conditionnement aseptique**. Celui-ci se déroule dans une combinaison d'installations destinées à stériliser le produit et les différents types de récipients, avec un système isolé de remplissage et obturation. Le conditionnement aseptique de produits liquides implique les séquences opérationnelles suivantes : échauffement jusqu'à des températures fixées d'avance, transfert vers une section de maintien en température ; refroidissement à une température d'environ 35 °C ; remplissage du paquet prérépété, ouverture et maintien dans des conditions d'asepsie parfaite, et obturation du paquet. La sélection du type d'échangeur thermique a lieu en fonction des propriétés rhéologiques des produits présentant des valeurs Re élevées et des échangeurs thermiques à triple tube ou échangeurs à plaques pour les produits présentant des valeurs Re faibles [124, Italy, 2002].

La macération est également une opération importante dans la conservation des fruits et légumes. Les phases suivantes de procédés produisent de la saumure ; saumure fraîche après tranchage et salage (100 à 150 kg/tonne de chou blanc) et saumure aigre en cours de fermentation lactique (150 à 180 kg/tonne de chou blanc). Le procédé de blanchiment a lieu dans de la saumure aigre, ce qui produit de la saumure de blanchiment. Le Tableau 3.45 montre les valeurs des eaux usées afférentes à la saumure pendant la production de choucroute.

Saumure	pH	Concentration dans les eaux usées		
		DBO ₅ (mg/l)	DCO (mg/l)	Chlorure (mg/l)
Saumure fraîche	6,0 – 6,2	10000 – 30000	15000 – 40000	12000 – 15000
Saumure de fermentation	3,8 – 4,2	17000 – 50000	25000 – 75000	2500 – 20000
Saumure de blanchiment	3,8 – 4,0	40000 – 55000	65000 – 85000	–

Tableau 3.45 : Valeurs des eaux usées afférentes à la saumure pendant la production de choucroute

3.3.3.5.3 Légumes congelés

Manutention et stockage des matières (A.1)

Pendant l'élaboration de légumes congelés, les opérations de transport et de stockage demandent de l'énergie comme suit [32, Van Bael J., 1998] :

- Le transport de légumes congelés consomme entre 2 et 14 kWh/tonne de légumes congelés. Sur la plupart des lignes de production, les convoyeurs sont conçus pour consommer entre 5 et 30 kWh.

- Le stockage des légumes consomme entre 20 et 65 kWh d'électricité par m³ de stockage et par an et il faut 26 389 kWh par m² de stockage par an (95 MJ/m²/an) sous forme d'eau très chaude.

Des données tirées de la bibliographie montrent que le bilan énergétique moyen se compose de ce qui suit [32, Van Bael J., 1998]:

- 11 % pour les ventilateurs des évaporateurs
- 5 % pour les ventilateurs des condenseurs
- 7 % pour les équipements périphériques
- 77 % pour les compresseurs, dont 21 % utilisés pour l'apport de chaleur via des portes / guichets, 48 % utilisés sous forme de pertes via l'enveloppe du bâtiment et 8 % utilisés par le produit.

Trier / cribler, calibrer, décortiquer, équeuter / égrapper et parer (A.2)

L'opération de tri consomme, en énergie électrique, entre 0 et 20 kWh/tonne de légumes congelés [32, Van Bael J., 1998]. Le Tableau 3.46 montre la consommation d'électricité pendant le tri des légumes.

Produit	Consommation d'électricité (kWh/t de légumes congelés)
Épinards	0
Choux-fleurs	1
Pois	4
Choux de Bruxelles	4
Haricots	5
Carottes	8

Tableau 3.46 : Consommation d'électricité pendant le tri des légumes [32, Van Bael J., 1998]

Peler (A.3)

Au cours de la transformation des légumes congelés, les salsifis et les carottes subissent un pelage avant de subir une transformation mécanique. Le pelage caustique et le pelage à la vapeur sont deux méthodes utilisées. Le pelage caustique demande moins d'énergie que le pelage à la vapeur, tant en termes de consommation d'électricité que de consommation de vapeur, mais accroît la charge polluante envoyée à la SEEU. Le Tableau 3.47 montre le vecteur énergétique et la consommation afférents au pelage caustique de légumes, et le Tableau 3.48 montre le vecteur énergétique et la consommation afférents au pelage des légumes à la vapeur.

Vecteur énergétique	Consommation approximative
Eau chaude (kWh/t de légumes congelés)	0
Vapeur (t/t de légumes congelés)	0,16
Pression de vapeur (bar)	7
Électricité (kWh/t de légumes congelés)	2

Tableau 3.47 : Vecteur énergétique et consommation afférents au pelage caustique des légumes [32, Van Bael J., 1998]

Vecteur énergétique	Consommation
---------------------	--------------

	approximative
Eau chaude (kWh/t de légumes congelés)	0
Vapeur (t/t de légumes congelés)	0,9
Pression de vapeur (bar)	4 – 15
Électricité (kWh/t de légumes congelés)	3,5

Tableau 3.48 : Vecteur énergétique et consommation afférents au pelage des légumes à la vapeur [32, Van Bael J., 1998]

Lavage (A.4)

Le lavage tel qu'utilisé dans la production de légumes congelés consomme entre 0 et 5 kWh/tonne de légumes congelés. Certains légumes comme les choux de Bruxelles et les choux-fleurs ne requièrent aucun lavage et ne consomment donc pas d'énergie [32, Van Bael J., 1998]. Le Tableau 3.49 montre la consommation d'électricité pendant le lavage des légumes.

Produit	Consommation d'électricité (kWh/t de légumes congelés)
Choux de Bruxelles	0
Choux-fleurs	0
Haricots	0,5
Carottes	2,5
Salsifis	3
Pois	3
Épinards	5

Tableau 3.49 : Consommation d'électricité afférente au lavage des légumes [32, Van Bael J., 1998]

Couper, découper en tranches, hacher, émincer, dépulper et presser (B.1)

Certains légumes sont découpés avant d'être surgelés. La consommation d'énergie électrique peut atteindre 9 kWh/tonne de légumes congelés. Le Tableau 3.50 montre la consommation électrique afférente à la transformation mécanique des légumes avant leur congélation.

Produit	Consommation d'électricité (kWh/t de légumes congelés)
Pois	0
Choux de Bruxelles	0
Épinards	0
Carottes (en tranches)	1
Carottes (en dés)	2,5
Salsifis	6
Haricots	9
Pois	0

Tableau 3.50 : Consommation d'électricité afférente à la transformation mécanique des légumes avant leur congélation [32, Van Bael J., 1998]

Les carottes, salsifis et haricots requièrent une quantité raisonnable d'énergie électrique pendant leur transformation mécanique. D'autres légumes étudiés ne requièrent pas d'électricité du tout [32, Van Bael J., 1998].

Blanchiment (E.2)

Les blancheurs à tambour et à tapis s'utilisent dans la fabrication des légumes surgelés. La consommation d'énergie dépend non seulement du type de dispositif de blanchiment mais aussi du type de séquence de refroidissement subséquente. Les niveaux typiques de consommation d'énergie figurent dans le Tableau 3.51 et le Tableau 3.52.

Vecteur énergétique	Consommation approximative
Eau chaude (kWh/t de légumes congelés)	0
Vapeur (t/t de légumes congelés)	0,16
Pression de la vapeur (bar)	7
Électricité (kWh/t de légumes congelés)	0,5 – 1,3

Tableau 3.51 : Source et consommation d'énergie par le blanchiment en tambour afférent à la surgélation des légumes
[32, Van Bael J., 1998]

Vecteur énergétique	Consommation approximative
Eau chaude (kWh/t de légumes congelés)	0
Vapeur (t/t de légumes congelés)	0
Pression de la vapeur (bar)	0
Électricité (kWh/t de légumes congelés)	0,5 – 1,3

Tableau 3.52 : Source et consommation d'énergie afférentes au refroidissement par eau à contre-courant au cours de la transformation des légumes
[32, Van Bael J., 1998]

En outre, l'électricité consommée pour produire de l'eau glacée est comprise dans la consommation d'électricité indiquée pour la surgélation. Ainsi par exemple, le blancheur à tapis avec refroidissement par eau présente, en termes de consommation d'énergie, la consommation totale la plus basse. La chaleur libérée par le refroidissement du produit dans la zone de refroidissement sert à préchauffer les légumes. De cette manière, le blanchiment demande moins de vapeur. Le Tableau 3.53 indique, dans la transformation des légumes, le vecteur énergétique et la consommation du blancheur à tapis avec refroidissement par eau ; le Tableau 3.54 montre, également dans la transformation des légumes, le vecteur énergétique et des indicateurs d'ordre de grandeur du blancheur à tapis avec refroidissement par air.

Vecteur énergétique	Consommation approximative
Eau chaude (kWh/t de légumes congelés)	0
Vapeur (t/t de légumes congelés)	0,09
Pression de la vapeur (bar)	7
Électricité (kWh/t de légumes congelés)	2 – 9

Tableau 3.53 : Vecteur énergétique et consommation afférente à un blancheur à tapis avec refroidissement par eau (transformation des légumes)
[32, Van Bael J., 1998]

Vecteur énergétique	Indicateurs d'ordre de
---------------------	------------------------

	grandeur
Eau chaude (kWh/t de légumes congelés)	0
Vapeur (t/t de légumes congelés)	0,16
Pression de la vapeur (bar)	7
Électricité (kWh/t de légumes congelés)	7 – 30

Tableau 3.54 : Vecteur énergétique et indicateurs d'ordre de grandeur pour un blancheur à tapis avec refroidissement par air dans la transformation des légumes [32, Van Bael J., 1998]

En matière de consommation d'électricité, c'est le blancheur à tambour avec refroidissement par eau à contre-courant qui présente la consommation la plus faible. La consommation d'eau d'une telle installation est relativement élevée. Un blancheur à tapis avec refroidissement par air par ventilateurs de grande puissance (60 kWh) fait que la consommation d'électricité est élevée dans ce type d'opérations [32, Van Bael J., 1998].

3.3.3.5.4 Jus

La consommation d'énergie a lieu pendant la concentration du jus par évaporation, et pendant la pasteurisation. La production d'eaux usées est due au condensat pendant l'évaporation et pendant la phase de démarrage, le passage à un autre produit et le nettoyage des pasteurisateurs. La production de déchets solides a lieu pendant le pressage des fruits et des légumes. 2 % des tomates par exemple et 30 % des agrumes peuvent être perdus sous forme de déchets solides pendant le pressage [184, Italy, 2003].

3.3.3.5.5 Autres produits

Les confitures, gelées et gelées de fruits sont basées respectivement sur la production de gels de fruits extraits des jus, sur la base de purées ou de fruits entiers. Les gels de fruits se composent de pectines, d'acide, de sucre et d'eau. L'utilisation de sucre et le recours à une cuisson supplémentaire tendent à accroître la DBO des eaux usées comparé à la majorité des autres formes de transformation des fruits. La présence de pectine naturelle et ajoutée dans les eaux usées peuvent avoir des effets adverses sur la décantation des matières solides.

3.3.4 Huiles et graisses végétales

3.3.4.1 Consommation d'eau

Les procédés assortis de la consommation d'eau la plus significative sont la production d'huile brute, la neutralisation chimique et le lavage subséquent de l'huile avec sa désodorisation [182, Germany, 2003]. La consommation d'eau dépend du type de procédés (la consommation d'eau pendant le pressage par exemple est minimale), du type de refroidissement, de l'installation génératrice de vide, et du type et de l'âge des graines oléagineuses (les graines tendres comme celles de colza par exemple requièrent des quantités d'eau différentes de celles requises par les graines de soja) [109, CIAA-FEDIOL, 2002, 182, Germany, 2003].

La consommation d'eau pendant la production d'huile brute est comprise entre 0,2 et 14 m³/tonne de graines oléagineuses ; cette eau sert à des fins de refroidissement. La neutralisation chimique de l'huile brute consomme de l'eau à raison de 1 – 1,5 m³/tonne de produit. La désodorisation de l'huile neutralisée et blanchie, ainsi que de la matière grasse alimentaire blanchie consomme entre 10 et 30 m³/tonne de produit. L'eau consommée pendant le durcissement de l'huile végétale sert principalement à des fins de refroidissement et de génération de vide ; cette consommation est comprise entre 2,2 et 7 m³/t d'huile.

Le raffinage chimique de l'huile alimentaire demande également d'utiliser les substances suivantes :

- Eau déminéralisée : 0,1 – 0,3 m³/t d’huile
- Eau potable : 0,05 – 0,3 m³/t d’huile
- Eau de refroidissement : 0,1 – 0,2 m³/t d’huile
- H₂SO₄ : 50 – 250 kg/t de savon.

3.3.4.1.1 Huile d’olive

Les producteurs d’huile d’olive consomment environ 12 million de tonnes d’eau par an [142, IMPEL, 2002], ce qui correspond à environ 5 m³ d’eau /tonne d’huile d’olive produite.

3.3.4.2 Eaux usées

La transformation des assaisonnements pour salade et de l’huile alimentaire peuvent produire entre 10 et 25 m³ d’eaux usées par tonne de produit [140, World Bank (IBRD), et al., 1998].

La consommation spécifique d’eaux usées est généralement comprise dans une fourchette de 3 à 5 m³/tonne de substance alimentaire. La quantité d’eaux usées dépend fortement du type de source d’huile et de la technologie utilisée. Ainsi par exemple, la production d’huile de colza brute recourt à l’extraction par pressage et au solvant, et produit donc entre 2,5 et 3,0 m³ d’eaux usées par tonne de graines de colza (entre 7 et 12 m³ par m³ d’huile brute) ; la production d’huile raffinée quant à elle, à partir de graines de colza, demande entre 10 et 12 m³ d’eaux usées par tonne de graines de colza [134, AWARENET, 2002].

Les caractéristiques des eaux usées engendrées par la fabrication de l’huile végétale, en provenance de plusieurs sources et avec utilisation de différentes unités, figurent au Tableau 3.55, Tableau 3.56 et au Tableau 3.57.

Secteur de production	Unité	Volume d’eaux usées
Production d’huiles / matières grasses végétales brutes		
Transformation des graines		
Eaux usées	(m ³ /t graines)	0,2 – 0,5
Eau de refroidissement	(m ³ /t graines)	0,2 – 14
Raffinage d’huiles / matières grasses végétales brutes		
Eau acide issue du fractionnement du savon dans la neutralisation classique de l’huile	(m ³ /t) *	1 – 1,5
Eaux usées engendrées par le nettoyage de l’installation	(m ³ /t) *	jusqu’à 0,5
Vapeurs condensées issues de la désodorisation	(m ³ /t) *	0,01 – 0,1
Vapeurs condensées en cas d’utilisation d’éjecteurs à vapeur (boosters) pour générer le vide requis par la désodorisation	(m ³ /t) *	0,02 – 0,4
Eau issue de la chute barométrique, provenant des étages de vide finaux dans la neutralisation par distillation, et de la désodorisation (sans recirculation)	(m ³ /t) *	10 – 30
Eaux usées provenant d’autres équipements utilisant le vide	(m ³ /t) *	environ 1,5
Margarine production		
Procédé de rinçage et de nettoyage	(m ³ /t de produit fini)	0,75 – 2
Intrant d’eau pour l’évaporation	(m ³ /t de produit fini)	0,1**
* Se réfère à l’huile finie raffinée		
** Pour une capacité de réfrigération de 15 à 20 kW/tonne de produit fini		

Tableau 3.55 : Production d’eaux usées dans les différentes séquences de fabrication de l’huile végétale
[65, Germany, 2002, 109, CIAA-FEDIOL, 2002]

Procédé / Formes d’activités	Paramètre	Niveau
------------------------------	-----------	--------

Production d'huile brute (transformation des graines)	Charge de DCO	0,1 – 1,0 kg/t de graines transformées
Neutralisation chimique et fractionnement du savon	Volume d'eaux usées	1 – 1,5 m ³ /t de produit raffiné
	Charge de DCO	≤5 kg/t de produit raffiné
Désodorisation	Volume d'eaux usées	10 – 30 m ³ /t de produit raffiné (système à passage unique)
	Charge de DCO	≤7 kg/t de produit raffiné
Raffinage chimique conventionnel de l'huile alimentaire	Volume d'eaux usées	25 – 35 m ³ /t de produit raffiné
	Charge de DCO	<15 kg/t de produit raffiné
Production et transformation combinées de l'huile alimentaire	Rapport DCO/DBO ₅ dans les eaux usées	1,5 – 2 (normalement)

Tableau 3.56 : Caractéristiques des eaux usées dans la transformation des huiles végétales [182, Germany, 2003, 185, CIAA-FEDIOL, 2004]

Source	Volume m ³ /t ¹	DBO ₅ mg/l	DCO mg/l	FOG mg/l	SS mg/l
Lavage de l'huile neutre	0,1	1000	15000	100 - 500	n.d. ³
Réaction de neutralisation pH = 10 – 12	2.1 ²	4300	7200	670	2900
Condenseurs barométriques pH = 6.5 – 7.5	2	140 – 200	500 – 600	20 – 200	40 – 100
Chaudière à vapeur	10 % de vapeur	20	40	–	100
Adoucissage de l'eau	5 % de vapeur	20	40	–	100
Nettoyage des sols et équipements	0,1	1500	2000	n.d.	300

¹ par tonne d'huile brute ² per tonne d'AGL ³ n.d. = aucune donnée disponible

Tableau 3.57 : Caractéristiques constatées des eaux usées non traitées dans le raffinage des huiles végétales (bleuet, graine de coton et tournesol) [74, Greek Ministry for the Environment, 2001]

3.3.4.2.1 Huile d'olive

La production traditionnelle d'huile d'olive, également appelée le pressage, engendre entre 2 et 5 litres d'eaux usées par litre d'huile produite ; l'extraction continue de l'huile d'olive en trois phases génère environ 6 à 8 litres d'eaux usées par litre d'huile obtenu, tandis que l'extraction continue d'huile d'olive en deux phases produit seulement entre 0,33 et 0,35 litre d'eaux usées par litre d'huile produite. Le Tableau 3.58 montre les caractéristiques des eaux usées engendrées par les différentes techniques d'extraction de l'huile d'olive.

Technologie	Volume d'eaux usées (m ³ /t d'huile)	DBO ₅ (mg/l)	DCO (mg/l)	STS (mg/l)	pH
-------------	---	-------------------------	------------	------------	----

	d'olive)				
Extraction traditionnelle (pressage)	2 – 5	22000 – 62000	59000 – 162000	65000	4,6 – 4,9
Extraction en trois phases	6 – 8	13000 – 14000	39000 – 78000	65000	5,2
Extraction en deux phases	0,33 – 0,35	90000 – 100000	120000 – 130000	120000	4,5 – 5,0

Tableau 3.58 : Caractéristiques des eaux usées sortant d'un moulin à huile d'olive
[74, Greek Ministry for the Environment, 2001, 86, Junta de Andalucia and Agencia de Medio Ambiente, 1994]

3.3.4.3 Émissions dans l'air

Il y a génération de poussière pendant la livraison des olives, leur ensilage, le nettoyage et la préparation des olives, l'expédition de la farine, le transport/convoyage de la farine dans des locaux. Il peut y avoir une production de poussière mouillée pendant la préparation des graines, le séchage et le refroidissement de la farine, un transport/convoyage à l'intérieur de locaux.

Si l'on recourt à l'extraction au moyen de solvants, des fuites et le transport peuvent engendrer des pertes dans l'air. Après la séquence d'extraction, des émissions de solvants (hexane) peuvent se produire pendant le séchage, le refroidissement, le stockage et le transport de farine et d'huile brute. Les niveaux d'émission d'hexane dans l'air associés à différentes substances alimentaires figurent au Tableau 3.59.

Substance entrante	Extrait (hexane) (kg hexane/t de graines brutes)
Graines de soja	0,5 – 1,0
Graines de colza	0,5 – 1,2
Graines de tournesol	0,5 – 1,2
Graines de lin	environ 2,0
Castor	>3,0

Tableau 3.59 : Émissions d'hexane dans l'air
[65, Germany, 2002]

Avec certaines graines, celles de colza par exemple, la teneur en soufre peut être élevée. Des procédés enzymatiques et biologiques peuvent convertir les composés soufrés en sulfure d'hydrogène. Jusqu'à présent, aucune donnée n'ont été fournies pendant le stockage, mais des concentrations significatives de sulfure d'hydrogène ont été détectées dans les extracteurs à air d'échappement [65, Germany, 2002]. Le Tableau 3.60 mentionne des types d'émission dans l'air pendant la fabrication d'huiles végétales brutes.

Dégommage	Neutralisation	Blanchiment	Désodorisation	Durcissement
	Composés volatiles	Odeur	AGL Composés volatiles Odeurs	

Tableau 3.60 : Résumé des émissions dans l'air pendant la fabrication d'huiles végétales brutes
[10, Environment Agency of England and Wales, 2000, 74, Greek Ministry for the Environment, 2001]

Toutes les séquences impliquant de la chaleur produisent des odeurs. Ces odeurs proviennent des acides gras volatiles, des composés azotés organiques et, dans le cas des graines de colza, du sulfure d'hydrogène et des composés organiques sulfurés.

3.3.4.4 Extrants solides

Suivant le type de légumes, c'est-à-dire graines oléagineuses ou fruits oléagineux, les matières premières affectées à la production d'huile végétale peuvent être presque entièrement converties en produits comme par exemple les huiles végétales, les farines riches en protéines, les acides gras et la lécithine, ou en sous-produits tels les produits alimentaires pour l'homme, les aliments pour animaux et les produits pharmaceutiques.

Les déchets solides comme les feuilles, le bois, morceaux de métal et les pierres proviennent de la séquence de traitement primaire de la matière première (nettoyage et décortilage). La séparation a lieu pendant le nettoyage des matières premières au moyen de cribleuses à vent, de séparateurs magnétiques et de tamis. Dans la production de graines oléagineuses, la part de déchets solides représente moins de 1 % des graines transformées. Les métaux sont envoyés au recyclage ou au rebut et le reliquat, formé de pierres et de sable, est mis au rebut. Il est possible d'incinérer la poussière. Le pressage / la centrifugation use les toiles de filtration utilisées pendant le pressage des graines ; ces toiles sont également mises au rebut [161, Verband Deutscher Oelmuehlen, 2003].

Dans le cas du raffinage chimique, la neutralisation de l'huile crue génère de la pâte de neutralisation. Cette pâte se compose principalement d'AGL saponifiés NaOH, mais elle contient aussi des phosphatides, protéines et d'autres composés. Normalement, sa transformation se poursuit dans la raffinerie par un fractionnement des savons et une récupération des acides gras (huile acide). Dans certains pays, il est possible de mélanger avec d'autres ingrédients la pâte de neutralisation issue du raffinage chimique de l'huile végétale, ceci dans le but de produire des savons de basse qualité, ou pour obtenir des aliments pour animaux.

La production de déchets solides à partir du raffinage et de la transformation de l'huile végétale dépend du site spécifique. Les opérations de blanchiment donnent de la terre décolorante épuisée contenant entre 20 et 40 % de matière grasse, rendant ce déchet enclin à s'enflammer spontanément. Dans les installations de production raffinant et modifiant exclusivement de l'huile alimentaire, la terre décolorante est utilisée par des tiers pour générer de l'énergie par cofermentation dans le but de produire du biogaz ou de confectionner des briques [182, Germany, 2003]. Le catalyseur épuisé est recyclé, c'est-à-dire envoyé à des tiers qui se chargent de la régénérer.

Dans les installations mixtes produisant de l'huile brute et de la farine et qui raffinent / modifient l'huile alimentaire, d'autres opportunités s'offrent pour utiliser les composants des matières premières et des déchets. C'est le cas par exemple des phospholipides contenus dans la farine et de la terre décolorante épuisée contenue dans la farine qui servent tous deux d'aliments pour animaux. Toutefois, ce dernier exemple s'assortit d'une condition préalable, à savoir l'absence de résidus de nickel catalytique [161, Verband Deutscher Oelmuehlen, 2003].

Le distillat de désodoriseur, collecter à partir de la distillation à la vapeur des huiles alimentaires raffinées, présente une composition variable en fonction de la matière première et du procédé de raffinage. Lorsque ce distillat provient d'un raffinage physique et si sa teneur en pesticides est faible, il peut servir dans l'industrie fourragère. Autrement, il pourra être vendu comme source d'acides gras techniques. Les distillats issus du raffinage chimique présentent des valeurs supérieures du fait de leur teneur plus élevée en tocophérol. Ils constituent une substance alimentaire intéressante pour la production de vitamine E. Du fait de l'intérêt croissant envers les anti-oxydants naturels tels que le tocophérol, et du fait de l'utilisation des phytostérols par l'industrie alimentaire et l'industrie pharmaceutique, il est probable que l'importance des distillats ira croissant.

Le Tableau 3.61 indique les types d'extrants solides/liquides provenant de différentes formes de transformation des huiles végétales.

	Dégommage	Neutralisation	Blanchiment	Désodorisation	Durcissement
Extrant solide/liquide	Mucilage	Pâte de neutralisation et acides/alkalis épuisés	Terre épuisée contenant des gommages, métaux et pigments	Aucune	Catalyseurs épuisés et auxiliaire de filtration épuisé

Tableau 3.61 : Résumé des émissions solides/liquides clés et des sous-produits clés dans la fabrication des huiles végétales crues [10, Environment Agency of England and Wales, 2000, 74, Greek Ministry for the Environment, 2001]

Le Tableau 3.62 compare les extraits solides de la production d'huile d'olive et de celle d'huile de graines.

Type de production	Prétraitement des matières premières	Conditionnement des matières premières	Pressage/ Centrifugation	Extraction par solvant
Déchets d'olives	Corps étrangers, par exemple les feuilles et pierres	Aucun	Toiles filtrantes usagées, tourteau de pressage, noyaux d'olives	Tourteau d'extraction, farine et débris de filtre
Déchets de graines oléagineuses	Corps étrangers, par exemple les feuilles et pierres	Aucun	Toiles filtrantes usagées	Aucune

Tableau 3.62 : Résumé des extraits solides provenant de la fabrication des huiles végétales brutes [10, Environment Agency of England and Wales, 2000, 185, CIAA-FEDIOL, 2004]

Les types et quantités de déchets et de sous-produits sont résumés dans la Figure 3.32.

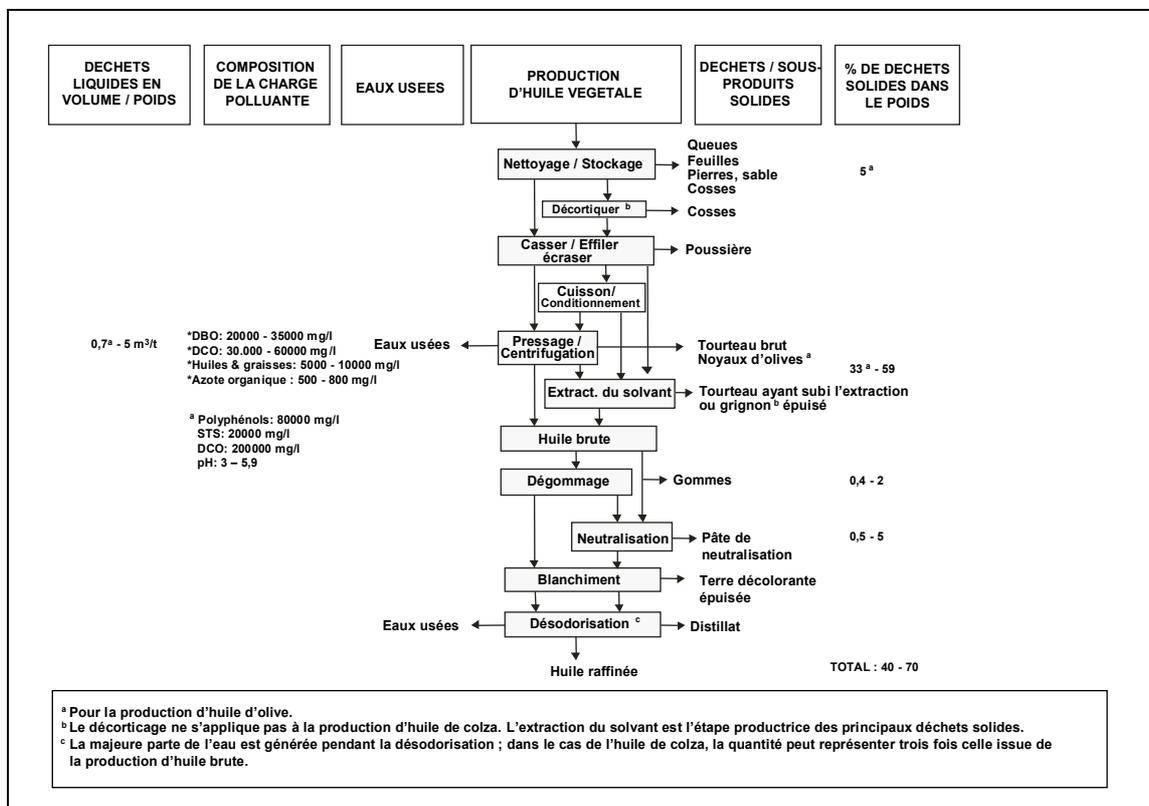


Figure 3.32 : Types et quantités de déchets et sous-produits générés pendant la transformation de l'huile végétale [134, AWARENET, 2002]

3.3.4.4.1 Graines oléagineuses

Le rendement des graines oléagineuses, pendant leur transformation, atteint presque les 100 %. Les produits issus de la transformation des graines oléagineuses et du raffinage de l'huile végétale sont principalement de l'huile végétale, de la farine riche en protéines, de la lécithine et des AGL (huile acide). Les AGL peuvent contenir du tocophérol qui est un anti-oxydant naturel. Ils peuvent servir de substance alimentaire lors de la production de vitamine E. Les sous-produits peuvent soit servir d'aliments pour animaux soit servir de combustibles [182, Germany, 2003, 185, CIAA-FEDIOL, 2004].

Le raffinage chimique produit de la pâte de neutralisation pendant la neutralisation de l'huile brute. Cette pâte se compose principalement des sels sodiques des AGL séparés, mais comprend aussi des triacylglycérols, phosphatides, protéines, pigments et d'autres composés. Normalement, la transformation de la pâte de neutralisation se poursuit dans la raffinerie par fractionnement des savons et la récupération des AGL. Il est possible de mélanger la pâte de neutralisation, issue du raffinage chimique de l'huile végétale, avec d'autres ingrédients pour produire des savons de basse qualité ou pour l'ajouter à la farine destinée à l'alimentation animale [182, Germany, 2003, 185, CIAA-FEDIOL, 2004].

Soit le tourteau brut et la farine épuisée sont incinérés, soit ils entrent dans la fabrication de combustibles et d'autres produits tels que l'huile de noyau et le carbone activé. Ils peuvent aussi servir d'aliments pour animaux. Le tourteau épuisé, dont la teneur en huile est inférieure à 1 %, est habituellement modelé en granulés ou briquettes et sa principale application est celle d'aliment pour animaux ; toutefois, il est également possible de le composter ou incinérer.

La lécithine est un sous-produit comestible consistant en un mélange de phosphatides avec des quantités mineures de glycolipides et d'oligosaccharides. Elle est connue pour ses remarquables caractéristiques fonctionnelles telles que des propriétés d'émulsification, d'étalabilité, et pour sa capacité à servir d'agent mouillant. Après une purification très simple et peu coûteuse, elle peut servir dans un certain nombre d'applications dans l'alimentation humaine, dans les produits cosmétiques et pharmaceutiques. L'huile de graine de soja est la plus importante source de lécithine bien que d'autres huiles végétales, telles que celle de maïs, de tournesol et d'arachide donnent elles aussi une lécithine adéquate.

La transformation des graines oléagineuses génère 0,7 à 0,8 tonnes d'extraits solides par tonne de matières premières. La majeure partie de ceux-ci est d'origine végétale (tourteau ou farine). Soit la transformation de ces extraits se poursuit pour en extraire la teneur résiduelle en huile, laquelle peut être comprise entre 10 et 20 %, soit ils servent d'aliments pour animaux, soit ils sont envoyés à la récupération de chaleur, soit encore ils servent de produits pour conditionner le sol, sans ou après avoir été compostés.

3.3.4.4.2 Huile d'olive

Dans la fabrication de l'huile d'olive, le système traditionnel c'est-à-dire le pressage et le système à trois phases produisent un tourteau de pressage et une quantité considérable d'eaux usées, tandis que le système à deux phases, principalement utilisé en Espagne, produit un déchet pâteux appelé « alperujo » qui a une plus forte teneur en eau et qui est plus difficile à traiter que les déchets solides traditionnels. La teneur en eau du tourteau de pressage, composé du tourteau d'olive brute, de marc et de balles est d'environ 30 % si la technologie utilisée est la technologie de pressage traditionnelle, et d'environ 45 à 50 % avec les centrifugeuses à décantation. Le tourteau de pressage contient encore un peu d'huile que l'on récupère normalement dans une installation à part. Le tourteau d'olives épuisé est soit incinéré soit utilisé pour conditionner les sols dans les oliveraies.

3.3.4.5 Énergie

La consommation d'énergie pendant la production d'huile végétale brute dépend du type de matière première, de l'équipement et des procédés de fabrication. Le chauffage, le refroidissement, le séchage, la mouture, le pressage, l'évaporation et la distillation sont les principales séquences consommatrices d'énergie. Le pressage à froid, sans conditionnement thermique de la matière première, méthode spécialement utilisée pour produire de l'huile d'olive, consomme deux fois plus d'énergie que le pressage des graines oléagineuses qui ont reçu un conditionnement thermique. La consommation de vapeur se situe dans une plage de 200 à 500 kg/tonne de graines traitées (155 – 390 kWh/t) ; les besoins en électricités se situent dans une fourchette de 25 à 50 kWh/tonne de graines traitées (90 à 180 MJ/t) [109, CIAA-FEDIOL, 2002, 182, Germany, 2003, 185, CIAA-FEDIOL, 2004]. Le Tableau 3.63 renseigne sur la consommation d'énergie et de vapeur par certains procédés, dans des installations allemandes dédiées au raffinage de l'huile végétale brute. Les techniques décrites aux sections 4.7.4.2, 4.7.4.3 et 4.7.4.4 contiennent d'autres chiffres de consommation afférents à certains procédés.

Séquence de transformation	Consommation totale d'énergie	Consommation de vapeur ¹	Consommation d'électricité
	(MJ/t de produit fini)	(MJ/t de produit fini)	(MJ/t de produit fini)
Neutralisation	145 – 330	112 – 280	22 – 44
Fractionnement du savon	620 – 2850*	560 – 2800*	11 – 36*
Désodorisation	510 – 1350	420 – 1120	60 – 150
Durcissement	400 – 1000	n.d.	n.d.
Blanchiment	n.d.	n.d.	n.d.
	(kWh/t de produit fini)	(kWh/t de produit fini)	(kWh/t de produit fini)
Neutralisation	40 – 92	31 – 78	6 – 12
Fractionnement du savon	172 – 792*	156 – 778*	3 – 10*
Désodorisation	142 – 375	117 – 311	17 – 42
Durcissement	111 – 278	n.d.	n.d.
Blanchiment	n.d.	n.d.	n.d.

¹ Calculée sur la base de 2,8 x kg de vapeur/t = MJ/t
 *MJ/t de savon ou kWh/t de savon
 n.d. (aucune donnée disponible)
 Produit fini = huile végétale raffinée

Tableau 3.63 : Consommation d'énergie pendant le raffinage de l'huile végétale brute [65, Germany, 2002, 109, CIAA-FEDIOL, 2002]

3.3.4.6 Produits chimiques utilisés

Le but idéal des solvants d'extraction serait qu'ils ne dissolvent que les triglycérides et laissent les composants indésirables tels que la matière colorante, les gommes et phospholipides. Les solvants ne doivent pas contenir de composants toxiques et devraient être récupérables avec un minimum de perte, être d'une manutention sûre et faciles à enlever de la matière extraite. C'est la raison pour laquelle on utilise presque exclusivement les hydrocarbures aliphatiques, l'hexane en particulier. L'hexane technique, dont le point d'ébullition se situe dans une plage de 55 – 70 °C, s'est avéré être le solvant optimal. L'hexane s'enlève facilement de l'huile à une température inférieure à 100 °C, sous vide, et peut être strippé de la farine avec de la vapeur. La solubilité de l'hexane dans l'eau condensée n'est que de 0,1 %.

Des alcools tels que l'éthanol, l'isopropanol, le méthanol, le butanol et le furfural sont spécifiquement adaptés à l'extraction de matières relativement mouillées. L'extraction des graines oléagineuses à l'alcool donne des concentrations relativement élevées de phosphatides, glycolipides, hydrates de carbone et constituants similaires présents dans l'huile brute, bien que les glycérides se laissent en principe concentrer par refroidissement ou extraction des solutions alcooliques. D'une manière générale, les alcools ne servent pas de solvants d'extraction primaire. Toutefois, ils servent occasionnellement comme solvants d'extraction secondaire pour enlever le gossypol de la farine de graines de coton, les thioglycosides de la farine de graines de colza, les sucres de la farine de graines de soja (pour produire des concentrés de protéines), et les alcaloïdes provenant de la farine de lupin. L'extraction de l'huile au propane ou au dioxyde de carbone supercritiques est une nouvelle technologie dans laquelle cette extraction a lieu sous haute pression. Ce procédé est réservé, en raison du coût élevé des équipements mobilisés, à des produits spéciaux d'une haute valeur intrinsèque [87, Ullmann, 2001].

La neutralisation chimique de l'huile brute fait appel à des produits chimiques. Entre 1 et 6 kg/tonne d'huile NaOH et entre 0,1 et 2 kg/tonne d'huile sont utilisés, ceci dépendant de la fonction du type d'huile et de la teneur en AGL de l'huile brute, dégomagée ou non. En cas d'utilisation d'acide phosphorique, sa consommation s'élève à 0,1 – 2,0 kg/tonne d'huile. Il est possible d'utiliser de l'acide citrique à titre d'alternative ; sa consommation est comprise entre 0,1 et 1,0 kg/tonne d'huile. La consommation d'acide sulfurique utilisé dans le fractionnement de la pâte de neutralisation s'élève à 100 – 250 kg de H₂SO₄/tonne de savon [109, CIAA-FEDIOL, 2002].

3.3.5 Produits laitiers

3.3.5.1 Eau

3.3.5.1.1 Consommation d'eau

Ce sont principalement les opérations de nettoyage qui consomment de l'eau. Les facteurs affectant la consommation d'eau dans les laiteries européennes sont les suivants [160, European Dairy Association, 2002] :

- Disponibilité d'eaux de surface et de la nappe phréatique à des fins de refroidissement
- Temps et quantité d'eau nécessaires pour rincer
- Caractéristiques des programmes de CIP
- Maintenance, par exemple réparation des fuites.

Une consommation d'eau constatée comme raisonnablement efficace s'élève à environ 1 – 5 l/kg de lait [134, AWARENET, 2002] ; toutefois, certains rapports énoncent que l'on peut

parvenir à une consommation de 0,8 à 1,0 l/kg de lait en utilisant un équipement avancé et de bonnes méthodes d'exploitation [74, Greek Ministry for the Environment, 2001]. Selon une enquête allemande réalisée en 1999, 132 laiteries consommaient en moyenne 2,06 l d'eau par kg de lait [39, Verband der Deutschen Milchwirtschaft (German Dairy Association), 2001]. Le Tableau 3.64 montre la consommation d'eau dans les laiteries européennes. Le Tableau 3.65 renseigne sur la consommation d'eau dans quelques laiteries nordiques.

Produit	Consommation d'eau* (l/kg de lait traité)	
	Min	Max
Lait et yaourt commercialisés	0,8	25
Fromage et petit-lait	1,0	60
Poudre de lait, fromage et/ou produits liquides	1,2	60
*Eau de refroidissement incluse		

Tableau 3.64 : Consommation d'eau dans des laiteries européennes
[160, European Dairy Association, 2002]

Produit	Consommation d'eau (l/l de lait traité)			
	Suède	Danemark	Finlande	Norvège
Lait et yaourt commercialisés	0,96 – 2,8 (8)	0,60 – 0,97 (3)	1,2 – 2,9 (8)	4,1 (1)
Fromage et petit-lait	2,0 – 2,5 (4)	1,2 – 1,7 (5)	2,0 – 3,1 (2)	2,5 – 3,8 (2)
Poudre de lait, fromage et/ou produits liquides	1,7 – 4,0 (7)	0,69 – 1,9 (3)	1,4 – 4,6 (2)	4,6 – 6,3 (2)
Les figures entre parenthèses indiquent le nombre d'entreprises laitières dans chaque catégorie				

Tableau 3.65 : Consommation d'eau dans quelques laiteries nordiques
[42, Nordic Council of Ministers, et al., 2001]

Dans l'industrie laitière du Royaume-Uni, le rapport consommation d'eau / quantité donnée de lait varie fortement comparé au volume de lait reçu pour traitement par chaque entreprise (voir la Figure 3.33).

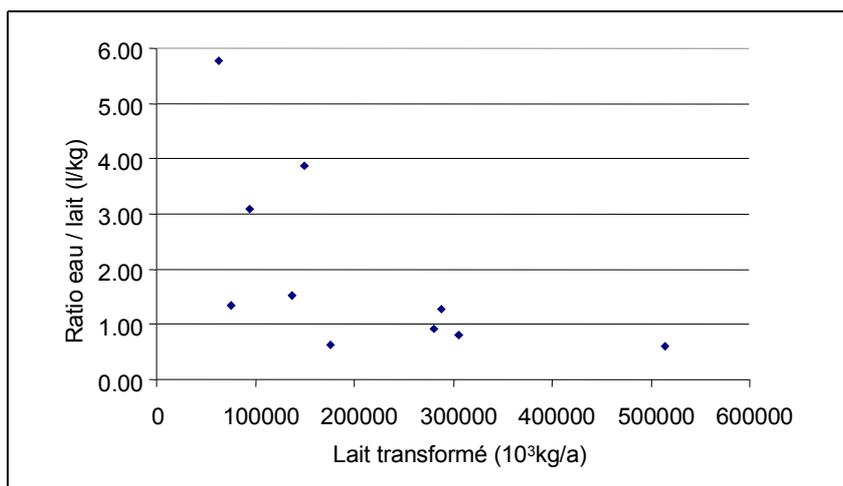


Figure 3.33 : Rapport consommation d'eau / lait traité en fonction de la quantité de lait traité
[94, Environment Agency of England and Wales, 2002]

Sept entreprises productrices de crèmes glacées, basées dans des pays nordiques, ont constaté une consommation d'eau située dans une plage de 3,6 à 10,3 l/kg de crèmes glacées produites [42, Nordic Council of Ministers, et al., 2001]. Dans les entreprises productrices de crèmes glacées et

dont le système de refroidissement n'inclut pas un recyclage de l'eau, une consommation d'eau de 10 à 325 litres par kg de produit a été constatée [118, CIAA-EDA, 2002].

3.3.5.1.2 Eaux usées

Dans le secteur laitier, les eaux usées sont la principale problématique environnementale. Ce secteur utilise une grande quantité d'eau et génère une gigantesque quantité d'eaux usées pour maintenir le niveau requis d'hygiène et de propreté. Le Tableau 3.66 contient des données relevées visant le rejet d'eaux usées spécifiquement générées par les laiteries autrichiennes. Les rapports indiquent que les volumes d'eaux usées dans les entreprises bien gérées s'élèvent à env. 1 à 2 l/kg de lait.

Type de produit	Volume d'eaux usées (l/kg de lait transformé)
Produits « blancs », c'est-à-dire le lait, la crème et le yaourt	3
Produits « jaunes », c'est-à-dire le beurre et le fromage	4
Produits « spéciaux », c'est-à-dire les laits et petits-laits concentrés, et les produits à base de lait sec	5

Tableau 3.66 : Volumes approximatifs d'eaux usées engendrés par les activités des laiteries [152, Austria, 2002]

Le Royaume-Uni produit chaque année environ 14 millions de m³ de lait destinés à la transformation. Les documents rapportent qu'une nouvelle laiterie parvient, au Royaume-Uni, à un ratio de 1:1, soit un volume de lait pour un volume d'eaux usées, et que les laiteries existantes peuvent parvenir à un ratio de 1,5 : 1. Les documents rapportent une comparaison entre une laiterie produisant 2 litres d'eaux usées par litre de lait transformé. Cela reviendrait à produire environ 28 millions de m³ d'eaux usées par an, eaux à éliminer via les SEEU. Si l'on considère que ces eaux présentent une teneur DCO moyenne de 3 000 mg/l, la charge totale s'élèverait à environ 84 000 t de DCO/an, l'équivalent des déchets produits par plus de deux millions de personnes. De même, si 1 m³ de lait est rejeté dans un cours d'eau, son potentiel d'appauvrissement de l'oxygène équivaut, en termes de charge DBO₅, aux flux bruts rejetés quotidiennement à l'égout par 1 500 à 2 000 personnes.

Les eaux usées de laiterie non traitées présentent une charge DBO moyenne comprise entre 0,8 et 2,5 kg de DBO/tonne de lait. D'autres polluants significatifs présents dans les eaux usées sont le phosphore, l'azote et le chlorure. Des flux individuels d'eaux usées sont produits, dont le pH s'étend sur une vaste plage. Il est peut-être nécessaire aussi d'examiner la température des flux d'eaux usées. Ces dernières peuvent contenir des agents pathogènes provenant de matières ou de procédés de production contaminés [140, World Bank (IBRD), et al., 1998]. Le Tableau 3.67 contient des données sur les eaux usées habituelles, non traitées, issues de la transformation en laiterie.

Composant	Plage
MES	24 – 5700 mg/l
STS	135 – 8500 mg/l
DCO	500 – 4500 mg/l**
DBO ₅	450 – 4790 mg/l
Protéine	210 – 560 mg/l
Matière grasse	35 – 500 mg/l
Hydrate de carbone	252 – 931 mg/l
Azote ammoniacal	10 – 100 mg/l**
Azote	15 – 180 mg/l
Phosphore	20 – 250** mg/l
Sodium	60 – 807 mg/l
Chlorure	48 – 469 (jusqu'à 2000*) mg/l
Calcium	57 – 112 mg/l
Magnésium	22 – 49 mg/l

Potassium	11 – 160 mg/l
pH	5,3 – 9,4 (6 – 10*)
Température	12 – 40 °C
Les niveaux réels dépendent de l'utilisation de techniques intégrées dans les procédés dans le but de prévenir la contamination de l'eau (ces niveaux ne figurent pas dans les rapports)	
* Commentaires de la CIAA [83, CIAA, 2001]	
** Commentaires de l'Allemagne [99, Germany, 2002]	

Tableau 3.67 : Niveaux de contamination, énoncés dans les rapports, des eaux usées provenant des laiteries
[13, Environment Agency of England and Wales, 2000]

Le Tableau 3.68 renseigne sur les volumes d'eaux usées provenant des laiteries, et sur les niveaux de pollution de ces eaux en Europe. Les DBO typiques de différents produits laitiers figurent dans le tableau Tableau 3.69.

Produit	Volume d'eaux usées (l/kg)	Paramètres (mg/kg de lait transformé)		
		DCO	N total	P total
Lait et yaourt commercialisés	0,9 – 25	2,0 – 10	0,05 – 0,14	0,01 – 0,02
Fromage	0,7 – 60	0,8 – 13	0,08 – 0,2	0,01 – 0,05
Poudre de lait et de petit-lait	0,4 – 60	0,5 – 6	0,03 – 0,3	0,01 – 0,2
Crèmes glacées	2,7 – 7,8			

Tableau 3.68 : Volumes d'eaux usées en provenance des laiteries en Europe, et niveaux de pollution de ces eaux
[42, Nordic Council of Ministers, et al., 2001, 160, European Dairy Association, 2002]

Produit	DBO ₅ (mg/kg de produit)
Lait entier	104 000
Lait écrémé	67 000
Double crème	399 000
Yaourt	91 000
Crème glacée	292 000
Petit-lait	34 000

Tableau 3.69 : Niveaux types de DBO de différents produits laitiers
[13, Environment Agency of England and Wales, 2000]

Dans les eaux usées, l'eau de nettoyage se taille la part du lion. Cette eau sert à nettoyer les équipements, à purger par exemple les conduites lors du passage à un autre produit, pendant les séquences de démarrage, de fermeture et de passage à un autre produit sur les unités HTST, ainsi qu'à certains lavages de produits. Les pertes de produit pendant la transformation du lait peuvent atteindre 3 à 4 %, avec 0,5 à 1,5 % du produit partant aux déchets. Ces pertes de lait peuvent se produire pendant le nettoyage, sous forme de fuites pendant le démarrage, la fermeture ou pendant le passage à un autre produit sur les unités HTST, ou à la suite de déversements accidentels. Les pertes de produit entré dans les eaux usées contribuent grandement à la DCO, à la teneur en azote et en phosphore. La Figure 3.34 illustre les pertes typiques de lait.

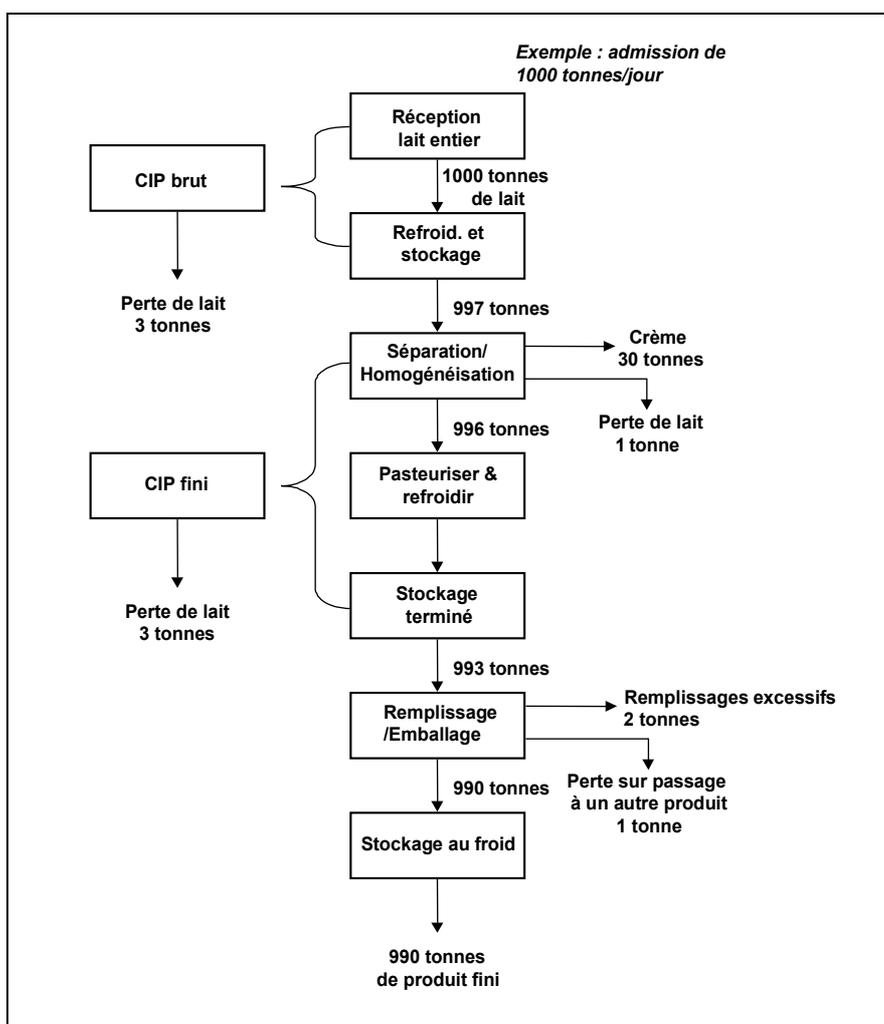


Figure 3.34 : Pertes types de lait dans l'industrie laitière
 [11, Environment Agency of England and Wales, 2000]

Bien que les opérations de nettoyage en place (CIP) contribuent à économiser de l'eau, de l'énergie et des produits chimiques, elles continuent d'engendrer de gros volumes d'eaux usées pouvant présenter un pH élevé ou bas du fait de l'utilisation de solutions acides et alcalines. L'utilisation des acides phosphorique et nitrique accroît la teneur en phosphate et en nitrate des eaux usées. Les systèmes CIP mal conçus et un enlèvement inapproprié du produit avant le démarrage du cycle CIP peut causer la pénétration de grandes quantités de produit dans l'eau de nettoyage. Certains sites de laiteries, au Royaume-Uni, ont réussi à réduire de 40 à 65 % la DCO de leurs eaux usées à la suite d'améliorations réalisées dans ce domaine [43, Envirowise (UK) and Entec UK Ltd., 1999]. Des eaux usées contenant de fortes concentrations de solides dissous sont produites par la régénération des résines échangeuses d'ions, et du lavage des membranes en sens inverse.

La production du lait concentré fait appel à de grands évaporateurs. Ce lait concentré représente la première séquence dans la production du lait en poudre et du petit-lait sec. L'eau évaporée se condense, ce qui engendre de grandes quantités de condensat. Ce condensat est propre normalement, mais des « fuites » de vide sur les condenseurs peuvent entraîner sa contamination avec le produit. Le condensat peut entrer dans d'autres procédés tels que le préchauffage du lait entrant ou comme eau de nettoyage après avoir reçu un traitement approprié, par exemple une osmose inverse suivie d'une désinfection.

Les ingrédients non de nature laitière mais utilisés dans certains des produits, et des lubrifiants, peuvent contribuer pour une plus petite part aux eaux usées. Les matières en suspension (MES)

sont associées au lait coagulé, aux particules de caillé de fromage et aux ingrédients de nature autre que laitière.

En ce qui concerne la fabrication du fromage, environ 90 % du lait utilisé finit sous forme de petit-lait. Le petit-lait doux est souvent récupéré et utilisé comme additif de qualité alimentaire. Le petit-lait salé, produit après ajout de sel au caillé pour en retirer un supplément de liquide, ne convient pas à cette application sauf si le sel est retiré par osmose inverse. Le perméat issu de l'osmose inverse est hautement salin. Sauf si le petit-lait est traité rapidement, il s'acidifie du fait de la formation d'acide lactique. Si le petit-lait acide est rejeté vers une SEEU, il peut provoquer l'apparition de pH bas.

Ces eaux usées ont une composition extrêmement variable, dépendant de la technologie appliquée et de si le petit-lait a été séparé ou non. Le Tableau 3.70 renseigne sur les caractéristiques des eaux usées types issues de la fabrication du fromage.

Paramètres	Installation récupérant le petit-lait	Installation ne récupérant pas le petit-lait
	mg/l	
DBO ₅	2 397	5 312
DCO	5 312	20 559
Matières grasses	96	463
N _{total}	90	159
P _{total}	26	21

Tableau 3.70 : Composition des eaux usées issues de la fabrication du fromage [134, AWARENET, 2002]

3.3.5.2 Émissions dans l'air

De nombreuses laiteries produisent de l'énergie thermique sur site. Les émissions de dioxyde de carbone, de dioxyde de soufre et d'oxydes d'azote proviennent de la production d'énergie dans les installations à chaudières et ne seront pas abordées ici. De nombreuses laiteries continuent d'utiliser des composés halogénés dans leurs systèmes de refroidissement, des HCFC principalement, mais l'on continue d'utiliser de petites quantités de CFC dans certains pays. L'interaction entre les réfrigérants halogénés et l'ozone présent dans l'air a provoqué l'interdiction progressive de la commercialisation et de l'utilisation de substances détruisant l'ozone, et de produits et équipements contenant de telles substances [202, EC, 2000]. Le Parlement Européen et le Conseil travaillent actuellement sur une proposition de Règlement visant certains gaz fluorés participant à l'effet de serre [246, EC, 2003].

L'ammoniaque utilisée dans les systèmes peut provoquer des fuites ou des rejets accidentels susceptibles de se traduire par des plaintes en raison des odeurs. Les problèmes d'odeurs sont liés d'habitude aux opérations de traitement des eaux usées. Les laiteries situées en zones urbaines reçoivent habituellement des plaintes ayant trait au bruit, celui des véhicules en mouvement par exemple, des installations de réfrigération et installations UHT.

Il est possible d'utiliser des filtres à poche pour ramener les émissions de poussière à moins de 5 mg/Nm³. Les filtres consomment nettement moins d'énergie que les cyclones et sont moins bruyants qu'eux. Si pour l'air sortant on utilise des installations de filtration adaptées au CIP, il n'est pas nécessaire d'utiliser des cyclones, ce qui permet d'énormes économies d'énergie et réductions de bruit. La poudre de filtration en qualité alimentaire peut resservir à d'autres fins.

3.3.5.3 Extrants solides

Il faut réutiliser ou éliminer les déchets d'emballage tels le papier, les palettes en bois, les bigs bags et les films plastiques, ainsi que d'autres déchets. Les pièges à graisse, les SEEU à flottation et biologiques produisent également des déchets. Parallèlement à ces déchets, d'importants déchets solides et liquides et sous-produits sont également générés, par exemple les résidus de

petit-lait, les produits non conformes, les boues issues de la séparation pendant la clarification et la filtration du lait, les pertes de produit sur la surface de transfert thermique et par rejet aux eaux usées pendant le nettoyage des équipements, les déchets de caillé et les petits morceaux de fromage. Il est possible de séparer le petit-lait et de le transformer pour élaborer d'autres produits utiles. Les produits non conformes servent comme aliments pour animaux ou sont envoyés au centre d'enfouissement technique ; la boue générée dans la SEEU prend le même chemin.

Le Tableau 3.71 résume les pertes de produits dans l'industrie laitière, pertes exprimées en pourcentage de volume de lait ou de matière grasse ou de petit-lait transformé.

Type de transformation	Pertes de produit (%)		
	Lait	Matière grasse	Petit-lait
Beurre / transport de lait écrémé	0,17	0,14	–
Beurre et lait écrémé en poudre	0,60	0,20	–
Fromage	0,20	0,10	1,6
Fromage et évaporation du petit-lait	0,20	0,10	2,2
Fromage et petit-lait en poudre	0,20	0,10	2,3
Lait de consommation	1,9	0,7	–
Poudre de lait entier	0,64	0,22	–

Tableau 3.71 : Pertes de produits dans certains procédés de l'industrie laitière [140, World Bank (IBRD), et al., 1998]

Le Tableau 3.72 renseigne sur les extraits solides constatés par tonne de lait transformé.

	Extraits solides (kg)	Boues des SEEU
Lait et yaourt liquide	1,7 – 45,0	0,2 – 18,0
Fromage	1 – 20	0,2 – 24
Lait et petit-lait en poudre	0,5 – 16	3 – 30

Tableau 3.72: Extraits solides par tonne de lait transformé [160, European Dairy Association, 2002]

La Figure 3.35, la Figure 3.36, la Figure 3.37 renseignent sur les principales sources de déchets dans la transformation du lait, du yaourt et du fromage.

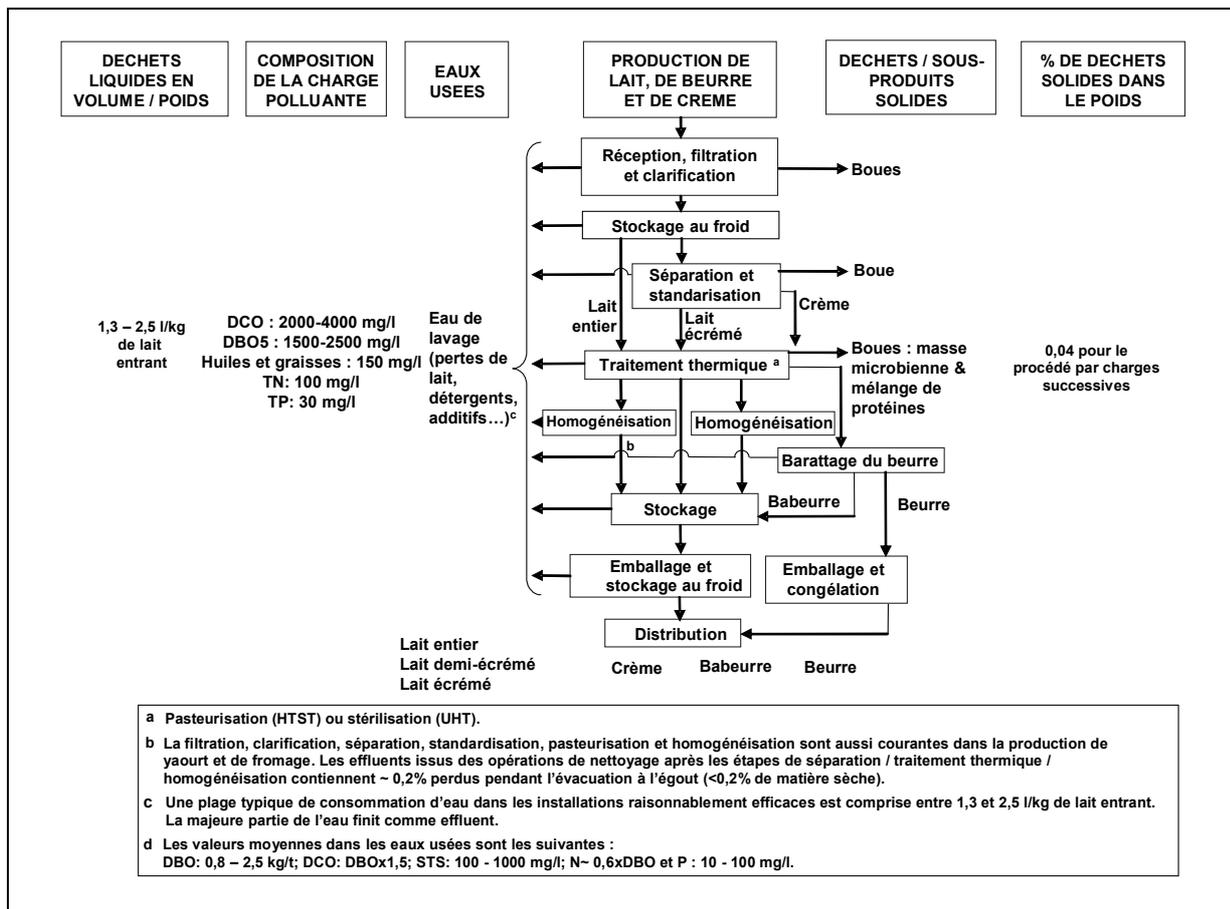


Figure 3.35 : Types et quantités de déchets produits pendant la transformation du lait [134, AWARENET, 2002]

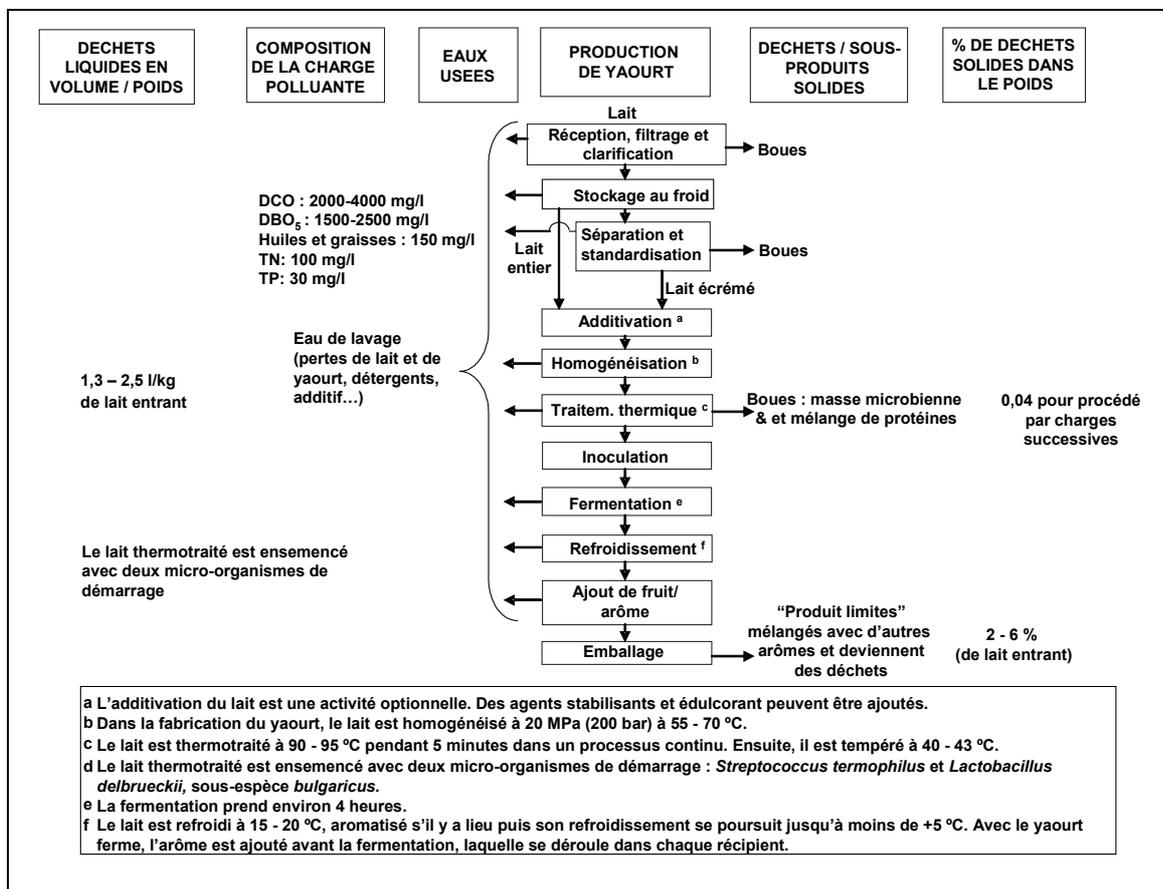


Figure 3.36 : Types et quantités de déchets produits pendant la transformation des yaourts [134, AWARENET, 2002]

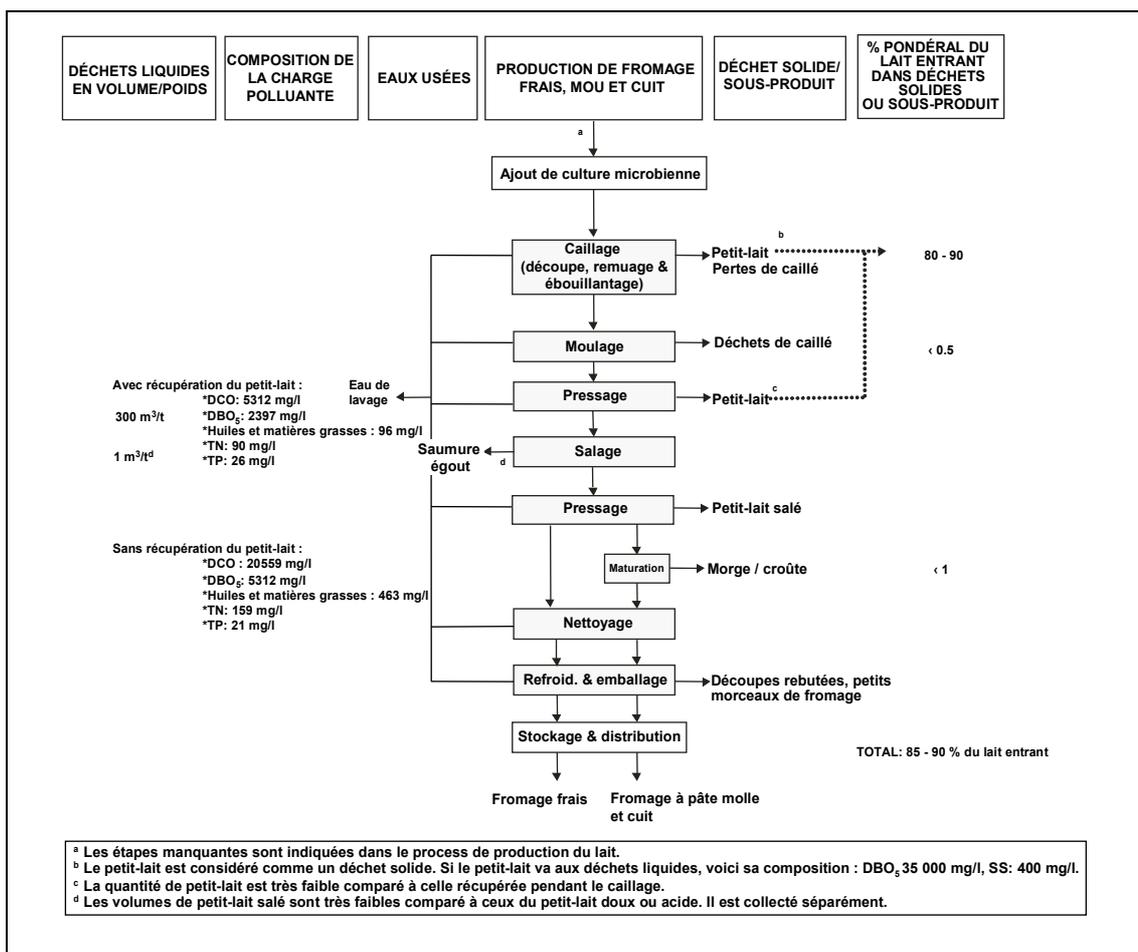


Figure 3.37 : Types et quantités de déchets produits pendant la transformation du fromage [134, AWARENET, 2002]

Le Tableau 3.73 indique les quantités totales de déchets produites dans des entreprises nordiques, et la façon dont elles ont été éliminées. Ces chiffres n'incluent pas les déchets destinés à l'alimentation animale. Ils comprennent les produits non conformes envoyés aux centres d'enfouissement technique.

Produits	Déchets solides totaux (kg/1000 l)	Dont			
		Recyclés	Incinérés	Composés	Envoyés à un centre d'enfouissement
Lait commercialisé, produits à l'aide de cultures incorporées	1,7 – 14 (13)	5 – 41 %	0 – 48 %	0 – 14 %	14 – 95 %
Fromage, petit-lait, poudre	0,5 – 10 (17)	1 – 91 %	0 – 80 %	0 – 2 %	9 – 88 %
Crèmes glacées (kg/1000 kg)	35 – 48 (4)	4 – 33 %	0 – 6 %	0 %	67 – 95 %

* Les chiffres entre parenthèses représentent le nombre d'entreprises laitières dans chaque catégorie

Tableau 3.73: Production et mise au rebut de déchets solides provenant de certaines laiteries nordiques
[42, Nordic Council of Ministers, et al., 2001]

En Europe, les extrants solides totaux constatés et provenant de la fabrication de crèmes se situent dans une plus vaste plage, c'est-à-dire entre 30 et 150 kg/tonne de produit [118, CIAA-EDA, 2002].

3.3.5.4 Énergie

Les laiteries consomment une quantité non négligeable d'énergie. Environ 80 % de l'énergie est consommée sous forme d'énergie thermique issue de la combustion de combustibles fossiles, dans le but de produire de la vapeur et de l'eau chaude. Toutes deux servent dans les opérations de chauffage et dans le nettoyage. Les 20 % restants sont consommés sous forme d'électricité destinée à entraîner le machinisme, à la réfrigération, la ventilation et l'éclairage. Les opérations les plus dévoreuses d'énergie sont l'évaporation et le séchage du lait. [42, Nordic Council of Ministers, et al., 2001]. Dans la pasteurisation, une quantité non négligeable d'énergie est également requise au cours des séquences d'échauffement et de refroidissement. La récupération de chaleur au moyen d'échangeurs thermiques est également applicable. L'évaporation est normalement associée à la recompression de la vapeur. Une vaste plage de données de consommation d'énergie a été constatée pour l'industrie laitière européenne. Les chiffres figurent dans le Tableau 3.74.

Produits	Consommation d'énergie (GJ/t de lait transformé)		Remarque
	Électricité	Combustible	
Lait et yaourt commercialisés	0,15 – 2,5 0,09 – 1,11*	0,18 – 1,5	Minimale avec le lait liquide, maximale avec les spécialités
Fromage	0,08 – 2,9 0,06 – 2,08*	0,15 – 4,6	Dépend du type de fromage et de la séance de production Quantité maximale de combustible requise pour faire évaporer le petit-lait
Lait et petit-lait en poudre	0,06 – 3,3 0,85 – 6,47*	3 – 20	Quantité maximale de combustible avec les produits à base de petit-lait

* Nombre approximatif de kWh/l (en supposant que le lait présente une densité 1 kg/l)

Tableau 3.74 : Consommation d'énergie dans des laiteries européennes
[160, European Dairy Association, 2002]

Comme le montre le Tableau 3.75, les chiffres en provenance des laiteries nordiques sont similaires.

Produits	Consommation totale d'énergie à partir de l'électricité et du fioul (en kWh/l de lait transformé)			
	Suède	Danemark	Finlande	Norvège
Lait commercialisé et produits à cultures incorporées	0,11 – 0,34 (8)*	0,07 – 0,09 (3)	0,16 – 0,28 (8)	0,45 (1)
Fromage et petit-lait	0,15 – 0,34 (4)	0,12 – 0,18 (4)	0,27 – 0,82 (3)	0,21 (1)
Lait en poudre, fromage et/ou autres produits liquides	0,18 – 0,65 (7)	0,3 – 0,71 (3)	0,28 – 0,92 (2)	0,29 – 0,34 (2)

* Les chiffres entre parenthèses indiquent le nombre d'entreprises laitières dans chaque catégorie

Tableau 3.75 : Consommation totale d'énergie de quelques laiteries nordiques
[42, Nordic Council of Ministers, et al., 2001]

Les laiteries produisant du beurre, du lait à boire ainsi qu'une plus grande quantité de lait en poudre consomment plus d'énergie. Dans les pays nordiques, quatre entreprises dédiées à la production de crèmes glacées ont signalé avoir une consommation totale d'énergie comprise entre 0,75 et 1,6 kWh/kg de crème glacée produite [42, Nordic Council of Ministers, et al., 2001]. D'autres rapports font ressortir une consommation d'énergie comprise entre 2 et 10 GJ/tonne de crème glacée produite [118, CIAA-EDA, 2002].

3.3.5.5 Consommation de produits chimiques

La plupart des produits chimiques servent à nettoyer et désinfecter le machinisme et les tuyauteries. Les laiteries dédiées aux produits frais utilisent des produits caustiques et de l'acide nitrique comme désinfectants, tels que le peroxyde d'hydrogène, l'acide peracétique et l'hypochlorite de soude. Les agents désinfectants sont également utilisés dans une plage de 0,01 à 0,34 kg/t de lait transformé [160, European Dairy Association, 2002]. Le Tableau 3.76 renseigne sur la consommation d'agents de nettoyage dans les laiteries européennes. La consommation totale de produits chimiques dans les laiteries nordiques se décompose comme suit : 55 % d'origine caustique et 30 % d'acide nitrique. Le Tableau 3.77 indique la consommation de produits chimiques de nettoyage dans certaines laiteries nordiques.

Produits	Consommation d'agents de nettoyage (kg/t lait transformé)		
	NaOH, 100 %	HNO ₃ , 100 %	Détergents
Lait et yaourt commercialisés	0,2 – 10	0,2 – 5,0	*
Fromage	0,4 – 5,4	0,6 – 3,8	0,1 – 1,5
Lait et petit-lait en poudre	0,4 – 5,4	0,8 – 2,5	*
Les valeurs varient avec la longueur et la capacité des séances de production			
* Pas applicable			

Tableau 3.76 : Consommation d'agents de nettoyage utilisés dans des laiteries européennes
[160, European Dairy Association, 2002]

Produit	Produit caustique sous forme de NaOH, 100 %	Acide nitrique sous forme HNO ₃ , 100 %
	kg par m ³ de lait transformé ou par tonne de crème glacée	
Lait et yaour commercialisés	0,2 – 0,9 (13)	0,1 – 1,0 (13)
Fromage / lait et poudre de petit-lait	0,4 – 5,4 (14)	0,6 – 3,8 (14)
Ice-cream	0,5 – 4,5 (7)	0,2 – 2,5 (7)
Les chiffres entre parenthèses indiquent le nombre d'entreprises laitières dans chaque catégorie		

Tableau 3.77 : Consommation de produits chimiques de nettoyage dans quelques laiteries nordiques
[42, Nordic Council of Ministers, et al., 2001]

Le traitement du petit-lait impliquant l'électrodialyse, l'échange d'ions, l'ultrafiltration et la nanofiltration, requiert de grandes quantités d'acides phosphorique, sulfurique et chlorhydrique, ainsi que d'hydroxyde de potassium et d'hypochlorite de soude. Les agents chélateurs sont largement utilisés dans les opérations de nettoyage et sont discutés aux sections 4.3.8.2 à 4.3.8.2.5.

3.3.5.6 Bruit

Le bruit est occasionné par les déplacements des camions-citernes et les camions de distribution, les évaporateurs, les séchoirs à pulvérisation et les condenseurs de refroidissement [42, Nordic Council of Ministers, et al., 2001]. Les filtres à poche consomment nettement moins d'énergie que les cyclones et font moins de bruit. Si les installations de filtration adaptées au nettoyage CIP ont été affectées à l'air sortant, il n'est pas nécessaire de recourir aux cyclones, ce qui permet d'obtenir d'énormes économies d'énergie et réductions de bruit.

3.3.6 Pâtes sèches

La matière première de base entrant dans la production de pâtes de haute qualité est la semoule obtenue à partir du blé dur. Il faut entre 1,04 et 1,05 tonnes de semoule pour produire une tonne de pâtes. L'eau et d'autres ingrédients sont ajoutés pour obtenir une pâte ferme contenant environ 31 % d'eau. On force la pâte à traverser les filières équipant une extrudeuse. La principale problématique environnementale dans ce secteur réside dans la consommation d'énergie vu que tous les procédés de fabrication des pâtes impliquent de les sécher.

3.3.6.1 Eau

La consommation d'eau est comprise entre 22 et 30 m³/tonne de produit. L'eau sert principalement d'ingrédient. Les rapports signalent que la production d'eaux usées liées au procédé est insignifiante [117, CIAA-UNAFPA, 2002].

3.3.6.2 Émissions dans l'air

L'énergie thermique est obtenue dans des chaudières consommant habituellement du gaz naturel. C'est de l'eau surchauffée (d'une température comprise entre 130 et 160 °C et d'une pression comprise entre 4 et 7 bar telle que mesurée dans un réservoir à air hydraulique) qui sert à sécher les pâtes. Le Tableau 3.78 indique les valeurs types des émissions dans l'air.

Paramètres	Plage
Dioxyde de carbone	130 – 160 kg CO ₂ /t de produit
Monoxyde de carbone	Inférieure à 100 mg/Nm ^{3*}
NO _x	Inférieure à 350 mg/Nm ^{3*}
* Avec une concentration en O ₂ de 3 %	

Tableau 3.78 : Émissions dans l'air provenant de la fabrication des pâtes
[117, CIAA-UNAFPA, 2002, 150, Unione Industriali Pastai Italiani, 2002]

3.3.6.3 Énergie

La séquence de séchage requiert entre 85 et 90 % environ de l'énergie thermique et entre 50 et 60 % de l'électricité consommée par l'installation. Ces taux peuvent être même plus élevés avec les lignes produisant des spécialités comme les lasagnes. Le conditionnement de l'air de l'espace de travail consomme en énergie entre 35 et 50 kWh/tonne de pâtes

Pendant l'évaluation de l'énergie consommée par ce secteur, les résultats d'une étude sur les fabriques de pâtes présentant une capacité de production supérieure à 75 t/jour ont conduit à estimer la consommation d'électricité (exprimée en kWh/t de produit) et la consommation d'énergie thermique (exprimée en kWh/t et en MJ/t) comme le montre le Tableau 3.79 ci-dessous.

Consommation estimée d'énergie	Plage
Électricité	140 - 220 kWh/t

Énergie thermique (mesurée au niveau de la chaudière)	0,417 – 0,527 kWh/t
	1,5 – 1,9 MJ/t

Tableau 3.79 : Consommation d'énergie dans l'industrie italienne des pâtes
[117, CIAA-UNAFPA, 2002, 150, Unione Industriali Pastai Italiani, 2002]

3.3.7 Amidon

En Europe, l'amidon est fabriqué à partir de trois principales matières premières : le maïs, le blé et les pommes de terre. Les consommations moyennes spécifiques sont les suivantes : il faut 1,85 tonnes de maïs, 2,35 tonnes de blé ou 6,6 tonnes de pommes de terre pour obtenir 1 tonne d'amidon [115, CIAA-AAC-UFE, 2002, 152, Austria, 2002].

3.3.7.1 Consommation d'eau

La consommation dépend aussi de l'amidon et des sous-produits de l'amidon fabriqués sur un site particulier. La consommation d'eau diffère également en fonction des matières premières utilisées. Du fait que les pommes de terre contiennent une plus grande quantité d'eau, le procédé d'obtention de l'amidon à partir de celles-ci consomme moins d'eau que le procédé d'obtention à partir des céréales. Au cours de ces 20 dernières années, l'industrie de l'amidon a réalisé des économies substantielles dans la consommation d'eau douce (jusqu'à 20 %) grâce des mesures intégratives de procédé, au recyclage interne de l'eau processuelle et en optimisant le système de refroidissement de l'eau. Néanmoins, du fait des applications propres à l'amidon, par exemple dans l'alimentation et en pharmacie, et du fait des exigences qualitatives pesant sur lui, il n'est pas toujours possible de recycler l'eau processuelle. Le Tableau 3.80 montre la consommation d'eau dans le secteur de l'amidon.

Matière première	Consommation d'eau (m ³ /t de matières premières)	
	Min	Max
Maïs	1,7	3
Blé	1,7	2,5
Pommes de terre	0,7	1,5

Tableau 3.80 : Consommation d'eau dans l'industrie de l'amidon
[115, CIAA-AAC-UFE, 2002]

3.3.7.2 Eaux usées

En Autriche, les rejets d'eaux usées issues de la production d'amidon s'élèvent à 1,4 m³/tonne de pomme de terre traitées (en moyenne par campagne de traitement), 1,8 m³/tonne de maïs traité (moyenne annuelle) et 2,0 m³/tonne de blé traité (moyenne annuelle) [152, Austria, 2002].

3.3.7.3 Émissions dans l'air

Les émissions de poussière par les séchoirs d'amidon sont comprises entre 10 et 80 mg/Nm³ [115, CIAA-AAC-UFE, 2002].

3.3.7.4 Extrants solides

Nombreux sont les facteurs qui influent sur la quantité de boues après le traitement des eaux usées. Des rapports signalent que le type et l'efficacité du procédé de fabrication sont les plus importants. De même, presque aucune boue n'est générée si les eaux usées subissent un traitement anaérobie avant d'être rejetées vers les SEEU. Certains sous-produits comme par exemple le gluten, obtenus pendant la fabrication de l'amidon, peuvent entrer dans d'autres procédés permettant d'obtenir des aliments pour l'homme ou l'animal, ou être envoyés à l'épandage dans les champs. Le Tableau 3.81 montre les extrants solides issus de l'industrie de l'amidon.

Paramètres	Extrants solides (kg/t de matières premières utilisées)	
	Min	Max
Pierres*	1	10*
Terre	8	60*
Matières organiques	0,5	4
Sable*	1,5	7*
Boues d'eaux usées **	0	3
*Les valeurs les plus élevées se réfèrent à la transformation des pommes de terre		
**Les données s'entendent pour la substance sèche		

Tableau 3.81 : Extrants solides issus de l'industrie de l'amidon
[115, CIAA-AAC-UFE, 2002]

3.3.7.5 Énergie

La consommation d'énergie dépend de l'amidon et de ses sous-produits fabriqués sur le site, c'est-à-dire des techniques et procédé impliqués dans la production d'amidon et dans le management des coproduits. Toutefois, l'énergie principalement utilisée dans la production d'amidon est l'énergie thermique affectée aux procédés d'évaporation et de séchage. Il faut peu d'énergie pour produire de la pâte liquide d'amidon, comparé à l'énergie requise pour finir de fabriquer les produits secs. Les sites utilisant des procédés d'évaporation et/ou de séchage pour les coproduits tels que les fibres, matières solubles et protéines consomment plus d'énergie que les sites depuis lesquels les matières solubles partent vers l'épandage et où les fibres sont vendues comme aliments mouillés pour animaux. Le Tableau 3.82 renseigne sur la consommation générale d'électricité dans le secteur de l'amidon.

Énergie	Matière première	Min	Max
	(kWh/t de matières premières utilisées)		
Énergie électrique	Maïs	100	200
	Blé	200	500
	Pommes de terre	40	80
Énergie thermique	Maïs	200	500
	Blé	800	1300
	Pommes de terre	50	250

Tableau 3.82 : Énergie consommée par l'industrie de l'amidon
[115, CIAA-AAC-UFE, 2002]

3.3.8 Sucre

Sauf mention d'autres sources, la majorité des informations afférentes à ce secteur proviennent d'un document intitulé « Guide to Establishing MTD in the Sugar Industry; Comité Européen des Fabricants de Sucre (June 2001) » [61, CEFS, 2001].

3.3.8.1 Betterave sucrière

3.3.8.1.1 Consommation d'eau

Les besoins en eau servant à des fins de transport hydraulique représentent 500 à 800 % des quantités de betteraves. Le lavage en représente 150 à 200 % ; un seul tamis à pierres a besoin d'une quantité d'eau représentant entre 70 et 100 % de la quantité de betteraves. L'eau

mécaniquement clarifiée ressort aux fins du transport hydraulique et du lavage, de sorte qu'il ne faut rajouter, lors du dernier rinçage, que seulement 25 à 30 % d'eau industrielle par rapport à la quantité de betteraves, pour rincer les betteraves après les avoir lavées.

L'évaporation de l'eau de refroidissement et le rejet de sous-produits et déchets contenant de l'eau provoquent des pertes peu importantes d'eau. Vu que le corps des betteraves se compose de 75 à 78 % d'eau, elles introduisent une quantité suffisante d'eau dans le procédé, laquelle s'accumule sous forme de condensat. De la sorte, une installation productrice de sucre présente un bilan hydrique positif du fait que l'eau contenue à l'origine dans la betterave devient disponible comme eau excédentaire de refroidissement [134, AWARENET, 2002].

Tandis que la quantité totale d'eau utilisée s'élève à environ 15 m³/tonne de betteraves sucrières traitées, la consommation d'eau douce est comprise entre 0,25 et 0,40 m³/tonne de betterave sucrière transformée, voire moins dans les sucreries modernes. La consommation d'eau dépend des activités pratiquées par chaque entreprise ; ainsi par exemple, une entreprise qui extrait et raffine la betterave sucrière consomme plus d'eau qu'une autre n'accomplissant que l'une de ces deux activités. Les rapports font état, en Autriche, d'une consommation d'eau de 1,5 m³/tonne de betterave sucrière transformée, ce qui équivaut à 9 m³/tonne de sucre produit. [152, Austria, 2002]. Le Tableau 3.84 renseigne sur la consommation d'eau dans les entreprises sucrières danoises.

Paramètre	Valeur spécifique par tonne de betterave transformée		Valeur spécifique par tonne de sucre produite	
	Moyenne	Plage	Moyenne	Plage
Eau (m ³)	0,37	0,23 ^a – 0,50 ^b	2,39	1,56 ^a – 3,21 ^b
^a Eau de refroidissement non comprise (deux entreprises)				
^b Eau de refroidissement comprise (deux entreprises)				

Tableau 3.83 : Consommation d'eau dans des entreprises sucrières danoises [139, Nielsen E.H. Lehmann, 2002]

3.3.8.1.2 Eaux usées

La betterave sucrière se compose à 75 % d'eau et le procédé d'extraction vise par définition à libérer une part élevée d'eau contenue dedans. Environ un tiers de l'eau est perdue par évaporation ou inclusion dans différents flux de produits. Le reliquat, après avoir été utilisé dans le lavage et le transport hydraulique, est une source d'eaux usées très concentrées.

Les betteraves traversent en flottant la séquence de nettoyage au cours de laquelle on en détache les pierres, mauvaises herbes et autres contaminants grossiers. La quantité d'eau de transport évacuée par pompage avec la boue de terre peut représenter jusqu'à 70 % de la quantité de betteraves. Cette eau présente une forte contamination organique due à la terre et au sucre des betteraves endommagées. Sa teneur en DCO est comprise entre 5 000 et 20 000 mg/l.

Les betteraves pénètrent ensuite dans l'installation où elles sont lavées avant d'être tranchées en cossettes pour maximiser la surface exposée au procédé d'extraction. Le condensat issu des séquences d'évaporation et de cristallisation est utilisé en partie comme eau processuelle dans différentes séquences du procédé, y compris dans le lavage des betteraves. Les eaux processuelles usées sont considérées comme du condensat excédentaire provenant des séquences de concentration et de cristallisation. Ce condensat excédentaire présente une teneur élevée en ammoniacque et une teneur relativement faible en DCO. Les eaux usées à teneurs élevées en DBO sont produites en grandes quantités [13, Environment Agency of England and Wales, 2000] et épurées dans une SEEU.

3.3.8.1.3 Extrants solides

Pendant la réception et le transport hydraulique des betteraves sucrières, on les débarrasse de la terre, des pierres, du sable et des matières végétales, par exemple des graines, des queues de

betteraves et des feuilles. La quantité de terre adhérant aux betteraves peut varier grandement en fonction par exemple des conditions météorologiques pendant la récolte, de la conception et du fonctionnement de la récolteuse de betteraves. La transformation annuelle de 500 000 tonnes de betteraves donne en moyenne un monticule de 60 000 tonnes de terre [87, Ullmann, 2001]. La terre arrivant à l'installation est retirée dans des bassins de décantation. Les sédiments peuvent être ramenés sur les terres arables ou servir à d'autres fins telles que l'horticulture ou les chantiers de génie civil. La matière végétale est séparée de l'eau de transport afin de la vendre comme aliment pour animaux ou comme engrais.

La teneur en sucre des betteraves ne varie pas beaucoup. Elle est par exemple de 18,4 % en Autriche et de 13,9 % en Grèce [87, Ullmann, 2001]. L'efficacité de l'extraction du sucre se situe à environ 90 %. Il y a d'autres substances soit dans les déchets soit dans les sous-produits, tels que la pulpe de betteraves. Après l'extraction du sucre, on presse la pulpe de betterave extraite. La pulpe mouillée peut subir un séchage. Normalement, la pulpe de betterave est normalement vendue comme aliment sucré pour le bétail. Un autre sous-produit est la chaux de carbonatation. La purification du jus a lieu à l'aide de chaux. Elle peut être pressée et vendue pour désacidifier les sols ou rééquilibrer leur pH.

Les betteraves sucrières contiennent quelques substances solubles autres que le sucre, dont 30 à 40 % sont éliminés pendant la purification du jus avec des anions de Ca^{2+} précipitables, des pectines et protéines. Le reliquat reste dans le jus et empêche la cristallisation complète du sucre, laissant un sirop final appelé mélasse. Il s'agit de la principale perte individuelle de sucre dans le procédé. 10 à 18 % de la teneur en sucre de la betterave se trouve dans la mélasse. Une tonne de betterave sucrière produit environ 38 kg de mélasse. La mélasse se compose d'environ 80 % de matière solide et de 20 % d'eau

Dans une étude portant sur les sucreries danoises, il est indiqué qu'environ 49 % de la production totale concerne des produits primaires comme le sucre, la mélasse et les aliments granulés pour animaux. Les sous-produits restants comme la chaux, la pulpe de betterave et les mauvaises herbes sont vendus ou réutilisés [139, Nielsen E.H. Lehmann, 2002].

La Figure 3.38 contient le diagramme d'un procédé type appliqué à une installation transformatrice des betteraves et à la production d'eaux usées, déchets et sous-produits [134, AWARENET, 2002].

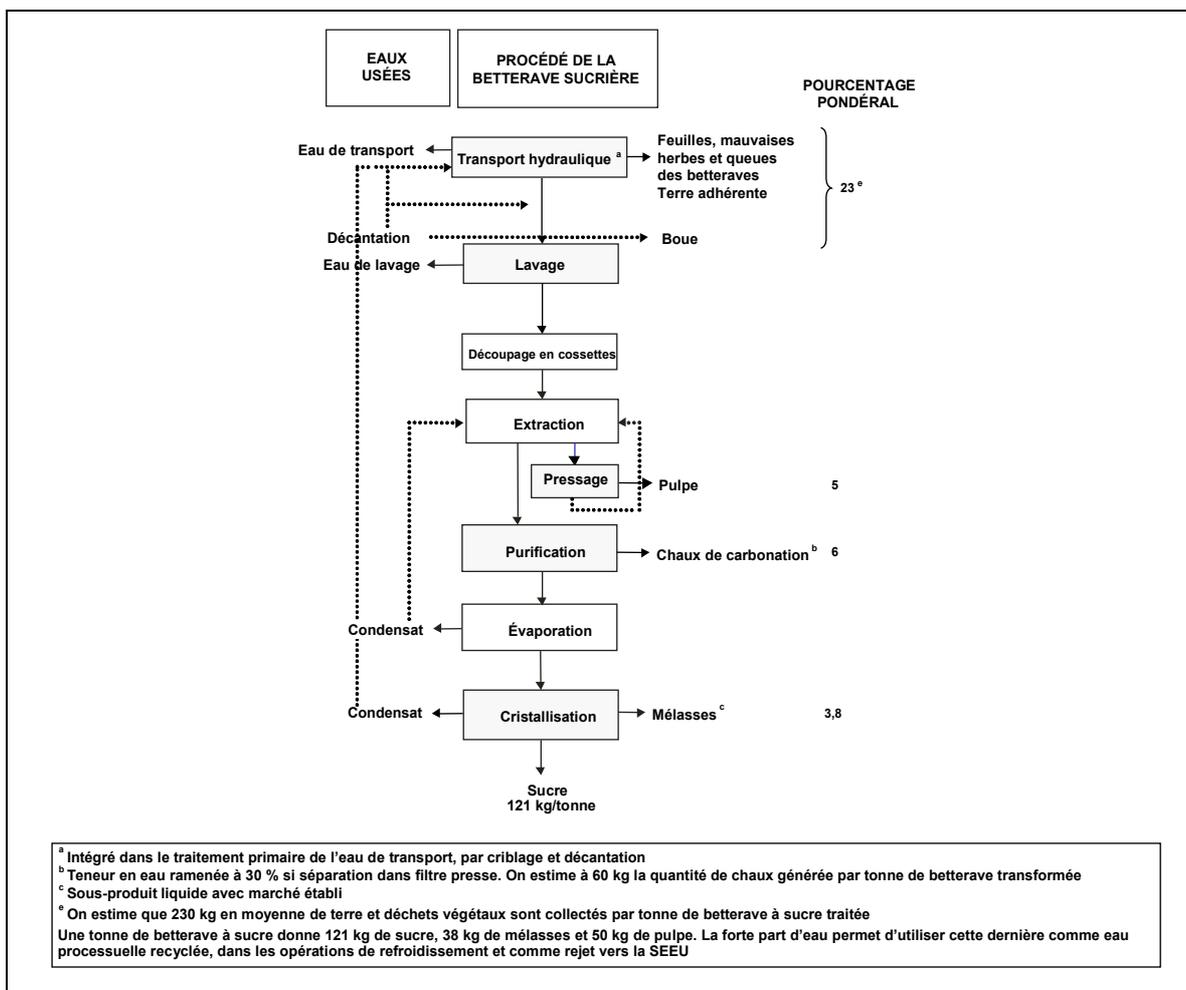


Figure 3.38 : Type et quantité d’eaux usées, de déchets et de sous-produits issus de la transformation des betteraves sucrières [134, AWARENET, 2002]

3.3.8.1.4 Énergie

L'évaporation et la déshydratation de la pulpe de betterave consomment une quantité importante d'énergie thermique. Il faut de l'énergie électrique pour alimenter les pompes et entraîner les centrifugeuses. Selon le CEFS, la consommation spécifique d'énergie s'élevait, en 1998, à 31,49 kWh/100 kg de betteraves [159, CIAA-CEFS, 2003]. Le Tableau 3.84 renseigne sur la consommation d'énergie dans les entreprises sucrières danoises.

Énergie totale consommée (kWh)			
Valeur spécifique par tonne de betterave transformée		Valeur spécifique par tonne de sucre produite	
Moyenne	Plage	Moyenne	Plage
307	232 – 367	1 987	1 554 – 2 379

Tableau 3.84 : Consommation d'énergie dans les entreprises sucrières danoises [139, Nielsen E.H. Lehmann, 2002]

Comme chiffres de consommation d'énergie dans la fabrication du sucre, une étude réalisée en Grèce mentionne 280 kWh/tonne comme part représentée par l'électricité dans cette consommation [74, Greek Ministry for the Environment, 2001].

3.3.8.2 Raffinage de la canne à sucre

Le point de départ n'est pas la canne à sucre mais le sucre brut. Il faut donc moins d'eau que dans la transformation de la betterave à sucre. La régénération, toutes les 40 à 50 heures, des cellules contenant la résine échangeuse d'ions utilisée dans le procédé de décoloration génère des eaux usées problématiques vu que c'est une saumure caustique qui sert de régénérant.[13, Environment Agency of England and Wales, 2000]. Il peut y avoir une production excessive de condensat et d'eau sucrée mais il est possible de les éliminer (voir la section 4.7.7.3). Les eaux usées sont générées par le nettoyage à la vapeur des camions-citernes transportant les produits à base de sucres liquides

3.3.9 Café

Voir son extraction à la section 3.2.9, sa torréfaction à la section 3.2.39 et son séchage à la section 3.2.44.

3.3.10 Boissons

Cette section comprend la production d'alcool éthylique par fermentation, la fabrication de vin à partir de raisins et de moût concentré de raisins, la fabrication de vins de fruits et d'autres boissons fermentées à base de fruit, la fabrication de cidre et de poiré, la fabrication de boissons alcoolisées distillées, la fabrication de boissons non alcoolisées et la production d'eaux minérales, à condition que cette activité s'accomplisse avec une autre activité visée par la directive PRIP. La fabrication des jus de fruits et de la bière a été abordée aux sections 3.3.3 et 3.3.11.

3.3.10.1 Consommation d'eau

La consommation d'eau se situe dans une plage de 6 à 14 m³ par m³ de produit. Dans les brasseries, l'eau sert principalement à l'empâtage, au transfert thermique et aux opérations de nettoyage. Dans les brasseries modernes, la consommation d'eau est généralement comprise entre 0,4 et 1 m³ par hectolitre.

3.3.10.2 Eaux usées

La production d'eaux usées constitue la principale problématique dans ce secteur. Certains chiffres de production types afférents au secteur des boissons non alcoolisées figurent dans le Tableau 3.85.

Produit	Rejets spécifiques d'eaux usées (en m ³ par m ³ de produit)
Eaux en bouteilles	0,8
Jus de fruits	1,5
Carbonates / matières diluables	1,4
Carbonates / jus de fruits	3.6

Tableau 3.85 : Rejets spécifiques moyens d'eaux usées
[51, Envirowise (UK), 1998]

Les procédés afférents à la fabrication de différentes boissons ont en commun des sources d'eaux usées, dont les suivantes :

- Nettoyage d'installations et équipements, de récipients dont par exemple les bouteilles, boîtes et barils
- Pasteurisation des aliments dans des récipients
- Nettoyage des sols

- Eau de refroidissement à passage unique ou purge des circuits de refroidissement en circuit fermé
- Purge des chaudières
- Lavage en sens inverse, provenant des systèmes de traitement de l'eau
- Eau de « chasse » purgée en provenance des tuyauteries entre deux séances d'utilisation.

La préparation et le nettoyage de l'équipement constituent la plus grande source d'eaux usées dans ce secteur. Le nettoyage des récipients de fermentation constitue la principale origine de la charge de DCO/DBO et de matières en suspension. Les produits entrant dans le procédé de nettoyage comme par exemple l'argile, les désinfectants, détergents et produits de désinfection contribuent aux charges des eaux usées. Les solutions diluées d'acide peracétique, lequel est un agent désinfectant utilisé à grande échelle, ont une teneur en DCO d'environ 1 000 mg/l. A titre d'exemple, une installation de ce secteur a changé le lubrifiant qu'elle utilisait sur ses convoyeurs et réduit de 75 % l'utilisation de savon. Ceci a entraîné une réduction substantielle du DCO dans les rejets associés au savon. Outre ces sources ponctuelles, les débordements de récipients et de réservoirs contribuent souvent de façon non négligeable à la concentration des substances dans les eaux usées.

3.3.10.2.1 Vin

Les eaux usées sont engendrées dans pratiquement toutes les séquences du procédé comme le nettoyage des contenants, des réacteurs et des filtres. Les eaux usées les plus concentrées sont produites pendant la fermentation, l'affinage et le vieillissement/l'enfûtage du fait de l'emport des sédiments, des marcs et lies. Plutôt que de laisser l'eau les emporter et du fait de leur forte charge organique, les fractions semi-solides peuvent être séparées pour en poursuivre la déshydratation, le séchage, la transformation ou l'élimination. Si l'on ne sépare pas les solides issus de l'affinage et de l'enfûtage, les eaux usées sont fortement contaminées et peuvent atteindre des teneurs en DBO extrêmement élevées, de l'ordre de 500 000 mg/l. Pour cette raison, il est essentiel de récupérer à la source les composants des eaux usées par filtration, centrifugation ou décantation pour qu'ils n'entrent pas dans les SEEU. Les bouteilles de vin sont nettoyées avant le remplissage et par voie de conséquence, l'eau de lavage gagne la SEEU ou fait l'objet d'un recyclage.

Même après le procédé de récupération, les eaux usées sont globalement acides (pH compris entre 4 et 6), sauf lorsqu'on utilise des solutions caustiques dans le cadre de l'élimination du tartrate ou pendant le conditionnement des bouteilles. Les eaux usées les plus polluantes issues de la production du vin sont générées pendant les opérations de fermentation et d'enfûtage (le premier enfûtage notamment). Le Tableau 3.86 renseigne sur la composition moyenne des eaux usées.

	Fermentation			Vieillessement / Enfûtage			Nettoyage des barils
	Cave 1	Cave 2	Cave 3	Cave 1	Cave 2	Cave 3	
pH	4,86	4,61	6,17	3,71	3,90	3,70	4,30
Conductivité (µS/cm)	893	641	531	1452	1377	1938	863
DCO (mgO ₂ /l)	5249	2286	5925	22428	16210	66986	2401
STS (mg/l)	444	452	205	4700	4490	31700	18
TKN (mgN/l)	51,5	40,9	35,9	239	279	1288	51,8
N-NH ₄ ⁺ (mgN/l)	7,86	7,28	13,1	34,3	33,1	154	11,2
P-PO ₄ ³⁻ (mg/l)	13,6	10,6	10,6	21,2	26,6	101	1,10
DBO ₅ (mgO ₂ /l)	3000	1900	3000	6000	9000	42500	1250

Tableau 3.86 : Caractéristiques des eaux usées dans les procédés d'un producteur de vin rouge [134, AWARENET, 2002]

3.3.10.2.2 Cidre et poiré

Les principales sources d'eaux usées se situent dans le circuit d'eau de refroidissement qui dessert les condenseurs et les réservoirs de fermentation, et les résidus (vinasses) issus des tours de

distillation. Deux procédés principaux génèrent des eaux usées dans les installations productrices de cidre et de poiré. Il s'agit de la fabrication du produit fini à partir du jus et le broyage du fruit.

L'élaboration du produit fini a lieu tout au long de l'année, tandis que l'époque de broyage des fruits est dictée par la récolte de ces derniers. Les eaux usées engendrées par la fabrication du produit fini proviennent généralement de l'eau de nettoyage, des déchets, lesquels sont maintenus à un minimum, et des déversements accidentels depuis les zones de stockage. Pendant la saison de broyage, les volumes d'eaux usées et leurs teneurs augmentent de façon significative. Pendant cette période, les principales sources d'eaux usées sont l'eau qui sert à véhiculer les fruits à travers le procédé, l'eau excédentaire issue de l'évaporateur dans la concentration du jus, et de l'eau de nettoyage en général.

L'eau servant au transport des fruits se laisse souvent recycler. Toutefois, cette eau usée est fortement polluée. Vers le milieu de la saison de broyage, les flux et les charges augmentent du fait de la quantité de fruits entrant dans une installation. Vers la fin de la saison de broyage, le volume d'eaux usées décroît, ce qui n'empêche pas les teneurs en DBO et en matières solides des eaux usées d'augmenter du fait que la qualité des fruits reçus se détériore.

3.3.11 Brasserie

La bière est une boisson fermentée avec une teneur en alcool relativement faible ; elle est élaborée à partir de différents types de malts et de grains. L'orge malté prédomine mais la bière peut aussi être brassée à partir de blé et de maïs maltés ou d'autres grains ; du sucre ou des sirops peuvent également être utilisés. Bien qu'il y ait des brasseries produisant aussi le malt dans leurs locaux, les niveaux de consommation et d'émission afférents à la production de malt sont énoncés à la section 3.2.26.

Les brasseries utilisent des quantités significatives d'eau et d'énergie ; elles produisent des eaux usées et des résidus solides. La Figure 3.39 montre les niveaux typiques de consommation et d'émission afférents aux brasseries allemandes. A noter que la capacité de production des brasseries est fréquemment exprimée en hectolitres (hl) et non pas en mètres cubes (m³) de bière.

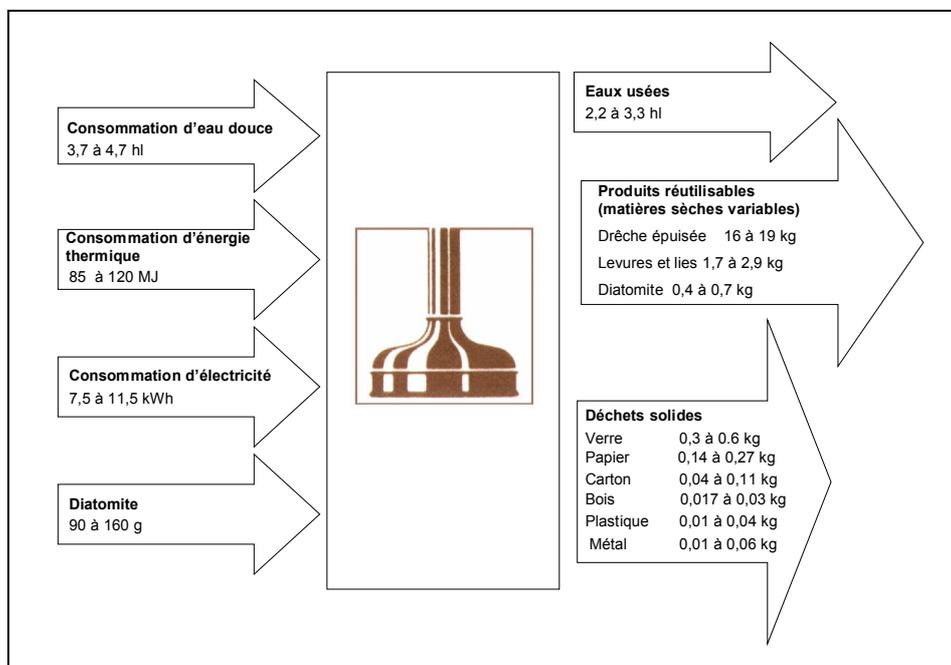


Figure 3.39 : Statistiques des intrants et extrants dans de grandes brasseries allemandes (capacité de production supérieure à 1 million d'hectolitres de bière) par hectolitre de bière vendue. [65, Germany, 2002]

3.3.11.1 Consommation d'eau

Dans les brasseries modernes, la consommation d'eau est généralement comprise entre 0,4 et 1 m³/hl de bière produite. Une brasserie finlandaise prise à titre d'exemple a déclaré consommer en moyenne 0,32 m³/hl [199, Finland, 2003]. Le Tableau 3.87 indique les consommations d'eau dans différentes séquences individuelles du procédé telles que constatées dans l'industrie brassière allemande.

Département	Consommation d'eau spécifique (m ³ /hl de bière produite)			
	Mesurée**		Bibliographie	
	entre	et	entre	et
Salle de brassage	0,130	0,236	0,174	0,26
Stockage au froid			0,11	0,24
Cave de fermentation	0,032	0,053	0,04	0,08
Cave de stockage	0,024	0,067	0,01	0,06
Cave de filtration	0,031	0,109	0,01	0,076
Cave d'embouteillage	0,059	0,163	0,09	0,098
Cave à barils	0,013	0,061	0,01	0,12
Divers *	0,20	0,204	0,026	0,397
TOTAL PROCÉDÉ	0,489	0,893	0,470	1,331
*Estimations				
**Mesures réalisées par Heidemann, Rosenwinkel et Seyfried (de 1990 à 1992) ou chiffres fournis par des brasseries				

Tableau 3.87 : Consommation d'eau dans différents procédés de brasserie [65, Germany, 2002]

Les chiffres de consommation d'eau varient en fonction du type de bière, du nombre de marques de bière, de la taille des brassins, la présence d'un équipement de lavage des bouteilles, de la façon dont la bière est mise sous emballage et pasteurisée, de l'ancienneté de l'installation, du système de nettoyage et du type d'équipement utilisé. Si la brasserie recourt à un puits situé sur place, l'eau peut requérir un traitement avant usage, traitement pouvant entraîner une perte de jusqu'à 30 % de l'eau. L'embouteillage consomme plus d'eau que la mise en barils. Les chiffres de consommation sont élevés dans les systèmes de refroidissement à passage unique ainsi qu'en raison de l'évaporation sous les climats chauds

3.3.11.2 Eaux usées

Les rejets d'eau usées sont égaux à la quantité d'eau apportée minorée de la quantité de bière produite, de l'eau évaporée dans la brasserie et dans les installations utilitaires et minorée de l'eau présente dans les sous-produits et déchets solides. Les documents signalent qu'en Autriche la production d'un hectolitre de bière génère entre 0,26 et 0,6 m³ d'eaux usées. Ils indiquent également que dans les brasseries modernes, il faut entre 0,3 et 0,9 m³ d'eaux usées pour produire un hectolitre de bière. Une brasserie finlandaise prise à titre d'exemple a signalé que sa production moyenne d'eaux usées s'élevait à 0,24 m³/hl [199, Finland, 2003]. Le Tableau 3.88 renseigne sur la production d'eaux usées dans différents procédés de brasserie.

Département	Volume spécifique d'eaux usées (m ³ /hl de bière produite)			
	Mesurée*		Bibliographie	
	entre	et	entre	et
Salle de brassage/ stockage au froid	0,024	0,063	0,010 0,008	0,114 0,050
Cave de fermentation	0,005	0,021	0,0012	0,070
Cave de stockage	0,005	0,013	0,0014	0,030
Cave de filtration	0,019	0,059	0,0070	0,090
Cave d'embouteillage	0,036	0,068	0,070	0,280
Cave à barils	0,008	0,037	0,0053	0,067
Divers	0,020	0,204	-	-
Total procédé	0,117	0,465	0,1029	0,701
* Mesures réalisées par Heidemann, Rosenwinkel et Seyfried (1990 – 1992)				

Tableau 3.88 : Consommation d'eau dans différents procédés de brasserie [65, Germany, 2002]

Les paramètres des eaux usées sont très variables et la courbe de la charge polluante apportée au fil des différentes séquences ne suit pas la courbe du débit volumique de la bière. Ainsi par exemple, le nettoyage des bouteilles produit une grande quantité d'eaux usées mais présentant seulement une faible charge organique, tandis que les eaux usées issues de la fermentation et de la filtration représentent seulement 3 % du volume total d'eaux usées mais 97 % de la charge en DBO [140, World Bank (IBRD), et al., 1998]. La pollution organique dans les eaux usées provient principalement des sources suivantes :

- Drêches
- Levure et levure excédentaire
- Trouble
- Décharge de moût dilué
- Vidange et rinçage de l'eau présente dans les chaudières à moût
- Vidange des réservoirs processuels
- Têtes et queues de passage en provenance de la filtration (diatomite) et remplissage
- Eau de chasse injectée dans les conduites processuelles
- Bière rebutée dans la zone de mise sous emballage
- Bière retournée par le destinataire
- Bris de bouteilles dans la zone de mise sous emballage
- Matières auxiliaires utilisées dans la zone de mise sous emballage
- Lubrification des convoyeurs
- Colle d'étiquetage.

Les matières en suspension dans les eaux usées proviennent du rejet de sous-produits, de diatomite dont par exemple la terre d'infusoires, parfois de pulpe d'étiquettes en provenance du dispositif de nettoyage des bouteilles. L'azote provient principalement des détergents utilisés pour nettoyer les réservoirs, du malt et des additifs. Le phosphore peut provenir des agents de nettoyage utilisés. De fortes variations du PH peuvent se produire du fait de l'utilisation d'acides et de produits caustiques pendant le nettoyage des équipements processuels et des bouteilles consignées. Les métaux lourds sont normalement présents à de faibles concentrations. L'usure des machines, notamment des convoyeurs dans la zone de mise sous emballage, peut être une source de nickel et de chrome. Le Tableau 3.89 montre les caractéristiques des eaux usées non traitées provenant des brasseries. En termes de charge polluante, le Tableau 3.90 montre les plages applicables aux brasseries modernes.

Paramètres	Unité	Plage
DBO ₅	mg/l	1000 – 1500
DCO	mg/l	1800 – 3000
Solides en suspension	mg/l	10 – 60
Azote total	mg/l	30 – 100
Phosphore total	mg/l	30 – 100
pH	–	3 – 13

Tableau 3.89 : Caractéristiques des eaux usées non traitées provenant des brasseries [65, Germany, 2002, 136, CBMC - The Brewers of Europe, 2002, 140, World Bank (IBRD), et al., 1998]

Paramètres	Unité	Plage
Consommation d'eau	hl d'eau/hl de bière vendue	4 – 10
Génération d'eaux usées	hl d'eau/hl de bière vendue moins la consommation d'eau	1,3 – 1,8
DCO	kg/hl de bière vendue	0,8 – 2,5
Ratio DCO/DBO ₅	–	1,5 – 1,7
Total matières en suspension	kg/hl de bière vendue	0,2 – 0,4

Tableau 3.90 : Eaux usées et pollution engendrées dans les brasseries [136, CBMC - The Brewers of Europe, 2002]

3.3.11.3 Émissions dans l'air

Hormis les émissions dans l'air provoquées par les procédés générateurs d'énergie, les principales sources potentielles d'émission sont la poussière à l'admission des matières et pendant le transport des matières premières, c'est-à-dire des grains, les auxiliaires de filtration c'est-à-dire la terre d'infusoires. Des fuites accidentelles d'ammoniac peuvent se produire au niveau des activités de refroidissement.

L'évaporation du moût en ébullition constitue la plus forte source d'émissions olfactives. Autres sources de telles émissions : le traitement des eaux usées, le stockage et la manutention des coproduits et sous-produits, le stockage du fioul, la ventilation des caves à bière et des lignes de mise sous emballage, les émissions dans l'air depuis la salle des chaudières.

3.3.11.4 Extrants solides

Les matières solides entrent dans la brasserie sous la forme de matières premières et auxiliaires. Les matières solides quittent la brasserie sous forme de coproduits tels que les drêches de brasserie et de levure excédentaire, de matériaux d'emballage primaire et secondaire, et de déchets solides divers. D'une manière générale, la production de déchets dangereux est très faible (par exemple les produits chimiques de laboratoire usagés et les batteries usagées). Les principaux coproduits, sous-produits et fractions de déchets solides sont identifiées dans la Figure 3.40. Les quantités indiquées de coproduits, sous-produits et déchets solides concernent une brasserie produisant un million d'hectolitres de bière par an. L'installation prise comme exemple produit de la bière en bouteilles principalement consignées et utilise des caisses en plastique. Cette figure ne prend pas en compte la génération de gaz de fumée et des résidus issus du traitement des eaux usées.

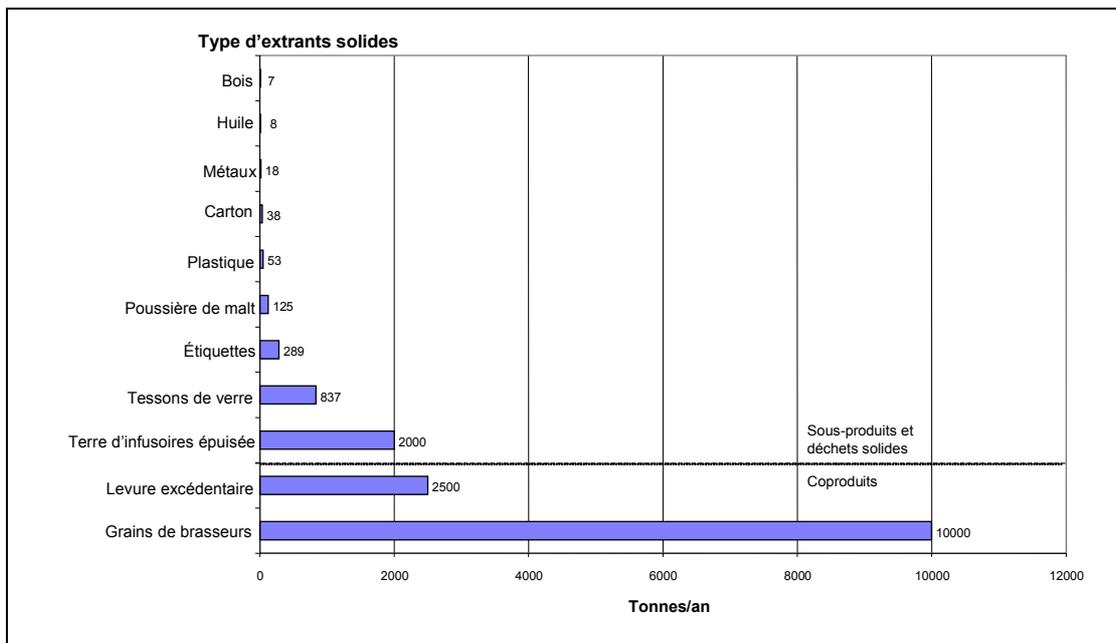


Figure 3.40 : Quantités de coproduits, sous-produits et déchets solides en provenance d'une brasserie produisant 1 million d'hectolitres de bière / an [136, CBMC - The Brewers of Europe, 2002]

Les balles et grits de malt peuvent être incorporés dans les drêches de brasserie utilisées pendant le procédé de production. La levure excédentaire, les drêches de brasserie, la cassure venant du bac à moût tourbillonnaire, les balles et les grits de malt peuvent servir d'aliments pour animaux. Les levures entrent aussi dans l'élaboration des produits cosmétiques, des produits pharmaceutiques et produits à étaler. La diatomite épuisée, c'est-à-dire la terre d'infusoires, peut servir dans les cimenteries, les tessons de verre peuvent retourner aux verreries. La pulpe d'étiquettes engendrée par le nettoyage des bouteilles consignées, le carton et les déchets de papier peuvent retourner à l'industrie papetière. Les plastiques et métaux provenant des conteneurs de houblon ainsi que des équipements de remplacement peuvent être recyclés.

3.3.11.5 Énergie

Les brasseries consomment de l'énergie électrique et de l'énergie thermique. Certaines entreprises recourent à la génération combinée de chaleur et d'électricité. Suivant leur disponibilité, leurs prix et la réglementation légale, différents combustibles tels que le charbon, le fioul ou le gaz sont utilisés. Le Tableau 3.91 livre des détails sur les consommations d'énergie, de chaleur et d'électricité dans quelques brasseries allemandes.

An- née	Chaleur				Électricité (x 10 ⁶ kWh)	Producti on de bière (x 10 ⁶ hl)	Spécifique	
	Cha r- bon	Fioul	Gaz	Total			Chaleur (kWh/hl)	Électricité (kWh/hl)
	(x 10 ³ kWh)						(MJ/hl)	
1997	157	929	2992	4078	1,2	114,8	35,5	10,4
1998	150	846	2943	3939	1,2	111,7	35,3	10,6
1999	162	789	2956	3907	1,2	112,8	34,6	10,4
2000	150	683	2809	3642	1,2	110,4	33,0	10,5
	(x 10 ³ MJ)				(MJ/hl)			
1997	565	3345	10771	14681			127,9	
1998	541	3046	10595	14182			127,0	
1999	583	2841	10642	14066			124,7	
2000	540	2458	10113	13111			118,7	

Tableau 3.91 : Consommation d'énergie dans les brasseries allemandes employant plus de 20 personnes
[65, Germany, 2002]

Une brasserie ne possédant pas de système sophistiqué de récupération de chaleur consomme environ 27,78 à 55,55 kWh/hl de bière (100 - 200 MJ/hl) [136, CBMC - The Brewers of Europe, 2002]. Les séquences principales consommatrices de chaleur sont l'empâtage, l'ébullition du moût, la génération de liqueur chaude, le nettoyage en place, la stérilisation, le nettoyage des bouteilles/barils et la pasteurisation. Le Tableau 3.92 renseigne sur la consommation de chaleur dans certains départements.

Département/ procédé	Chiffre			Plage	
	Minimu m	Moyen	Maximu m	Selon bibliographie 1	Mesurée ²
	(MJ/hl de bière)			(MJ/hl de bière)	
Salle de brassage	87	92	121	84 – 113	50 – 80
Installation d'embouteillage	58	86	94	25 – 46	38 – 58
Installation de mise en barils	8	11	13	8 – 13	
Eau processuelle	3	4	8	4 – 8	
Eau de service				8 – 17	
Divers				33 – 46	95
Total	156	193	236	162 – 243	183 – 233
	(kWh/hl de bière)			(kWh/hl de bière)	
Salle de brassage	24,17	25,56	33,61	23,33 – 31,39	13,89 – 22,22
Installation de mise en bouteille	16,11	23,89	26,11	6,94 – 12,78	10,56 – 16,11
Installation de mise en barils	2,22	3,06	3,61	2,22 – 3,61	
Eau processuelle	0,83	1,11	2,22	1,11 – 2,22	
Eau de service				2,22 – 472	
Divers				9,17 – 12,78	26,39
Total	43,33	53,62	65,55	44,99 – 67,50	24,44 – 64,72

¹⁾ 20 000 à 500 000 hl de bière vendus par an

²⁾ 300 000 à 500 000 hl de bière vendus par an

Tableau 3.92 : Chaleur consommée par différents procédé de brasserie
[65, Germany, 2002]

Les principaux consommateurs d'énergie électrique sont la zone de conditionnement, l'installation de refroidissement, celle à air comprimé, celle de récupération du dioxyde de carbone (si appliqué), la SEEU et le conditionnement de l'air. Les pompes, ventilateurs, moteurs d'entraînement et l'éclairage électrique représentent une large part de la consommation d'électricité dans une brasserie (entre 8 et 12 kWh/hl).

3.3.11.6 Bruit

Les principales sources de bruit sont le transport à l'intérieur de la brasserie par les camions ainsi que les élévateurs à fourche, les condenseurs et les tours de refroidissement.

3.3.11.7 Extrants solides

C'est la mise sous emballage qui génère la majeure partie des déchets solides.

3.3.12 Acide citrique

Ce procédé est décrit à la section 2.2.20. Les principales problématiques environnementales sont la pollution de l'eau et la génération de déchets solides.

3.3.12.1 Consommation d'eau

La consommation spécifique d'eau s'élève à environ 40 m³ par tonne de capacité de production d'acide citrique dans une entreprise.

3.3.12.2 Eaux usées

Les eaux usées produites présentent des taux de DCO élevés, des composés contenant du calcium et du soufre dérivés de la précipitation et de la décomposition, et une forte teneur en NH₄-N issue de la matière première (mélasses) et de la fermentation [151, Austrian contribution, 2002].

3.3.12.3 Extrants solides

Les principaux déchets solides sont le mycélium des moisissures filtrées hors du bouillon de fermentation, le gypse engendré par la purification de l'acide citrique et les déchets solides produits pendant le traitement des eaux usées, c'est-à-dire les boues anaérobies et le soufre issu du biogaz. Des quantités mineures d'auxiliaires de filtration proviennent de la filtration de finition. Le Tableau 3.93 renseigne sur les déchets solides et sur les sous-produits issus de la fermentation de l'acide citrique.

Déchets solides et sous-produit	Unité	Valeur
Mycélium	kg de matière	100
Gypse (CaSO ₄ x 2H ₂ O)	sèche/	1000
Boues d'eaux usées provenant du prétraitement anaérobie	tonne d'acide citrique	50
Soufre provenant de la désulfuration		3 – 4

Tableau 3.93 : Déchets solides et sous-produits provenant du procédé de fermentation de l'acide citrique.
[151, Austrian contribution, 2002]

4 TECHNIQUES À PRENDRE EN COMPTE LORS DE L'ÉLABORATION DES MTD

Le présent chapitre présente les techniques susceptibles de fournir une importante protection environnementale dans les secteurs industriels concernés par le présent document. Il couvre les systèmes de gestion, les techniques intégrées au procédé, ainsi que les mesures « end-of-pipe » (prises à la fin de la chaîne productive) ; toutefois, ces trois axes se recoupent partiellement lorsque des résultats optimaux sont recherchés.

Le présent chapitre aborde des procédures de prévention, de contrôle, de limitation et de recyclage, ainsi que la réutilisation des matériaux et de l'énergie.

Pour atteindre les objectifs de la PRIP, les techniques peuvent être présentées individuellement ou regroupées. L'Annexe IV à la Directive énumère un certain nombre de réflexions générales à prendre en compte lors du choix des MTD. Les techniques décrites dans le présent chapitre aborde une ou plusieurs de ces réflexions. Dans la mesure du possible, une structure standard permet de définir chaque technique, de comparer les techniques entre elles et d'en faire une analyse objective par rapport à la définition des MTD énoncée dans la Directive.

Le contenu du présent chapitre ne constitue pas une liste exhaustive des techniques ; d'autres peuvent exister ou être en cours d'élaboration et entrer dans le cadre défini par les MTD.

De manière générale, la description de chaque technique s'articule autour d'une structure standard, comme le montre le Tableau 4.94.

Nature des informations prises en compte	Nature des informations données
Description	Description fonctionnelle de la technique
Avantages environnementaux	Principal (aux) impact(s) sur l'environnement que la technique devra traiter (procédé ou réduction), y compris les valeurs d'émission obtenues (normalement une plage de valeurs) et le rendement. Avantages environnementaux apportés par la technique par rapport à d'autres.
Interactions entre les milieux	Tout effet secondaire et inconvénient que sa mise en œuvre causerait à d'autres milieux. Problèmes environnementaux liés à la technique par rapport à d'autres.
Données d'exploitation	Résultats concernant les émissions / déchets et la consommation (matières premières, eau et énergie). Toute autre information utile sur l'exploitation, l'entretien et le contrôle de la technique, entre autres les questions de sécurité et les contraintes d'exploitation de la technique, le rendement, la qualité, etc.
Domaines d'application	Étude des facteurs intervenant dans la mise en œuvre de la technique dans des installations neuves ou existantes (espace disponible, spécificités de procédé, etc.).
Données financières	Coûts (coûts d'investissement et d'exploitation) et toute économie possible (consommation réduite de matières premières, volumes de déchets, etc.), rapprochés de préférence de la capacité de la technique.
Arguments motivant la mise en application	Motifs encourageant la mise en œuvre de la technique (réglementations diverses, amélioration de la qualité produit, etc.).
Exemples d'installation	Référence à des installations mettant en œuvre la technique.
Bibliographie de référence	Documents source fournissant des informations plus détaillées sur la technique.

Tableau 4.94 : Format des informations sur les techniques à prendre en compte lors de l'élaboration des BAT

Le présent chapitre comprend certaines techniques « end-of-pipe » qui peuvent être ou ne pas être prises en compte pour définir les MTD, à savoir les sections 4.4 et 4.5.

Les techniques décrites démontrent que la prévention peut être mise en œuvre de différentes façons, par exemple par l'application de techniques de production moins polluantes que d'autres, une moindre consommation de matières, la remise en état des procédés pour pouvoir réutiliser les produits qui, par exemple, ne répondaient pas aux spécifications du client, l'amélioration des pratiques de gestion et le remplacement de substances par d'autres moins dangereuses. Le présent chapitre offre des informations sur des techniques de prévention et de contrôle à la fois générales et particulières mises en œuvre à l'échelle industrielle.

La « BREF sur le stockage » [95, EC, 2005] couvre des techniques générales de stockage et de manipulation qui ne sont normalement pas reprises dans ce document, sauf si elles font référence à des questions spécifiques à la FDM, telles que la sécurité alimentaire et la durée de conservation en magasin.

Le secteur FDM est si varié qu'il est impossible de décrire chaque technique pouvant entrer dans le cadre des MTD, pour chaque activité et chaque contexte. Il est cependant évident que diverses bonnes techniques appliquées à une branche du secteur peuvent également convenir à d'autres.

Le présent chapitre se divise en sept grandes sections :

Section 4.1 Techniques générales destinées au secteur FDM

Cette section décrit des techniques généralement applicables à l'ensemble du secteur FDM, mais pas à une exploitation d'unité particulière. Certaines portent sur la gestion et le contrôle global des installations, comme les programmes de formation, tandis que d'autres peuvent servir à différentes exploitations, telle que la mesure des niveaux.

Section 4.2 Techniques applicables à un certain nombre de secteurs FDM

Cette section aborde les techniques applicables à des exploitations individuelles possibles dans certains secteurs FDM, mais pas dans tous. Les techniques sont présentées dans le même ordre que les exploitations d'unité, et leurs consommations et taux d'émissions actuels sont décrits respectivement dans les chapitres 2 et 3.

Section 4.3 Nettoyage

Dans le secteur FDM, l'hygiène constitue une haute priorité car elle affecte la sécurité, la qualité et la durée de conservation en magasin du produit et, par conséquent, la prévention du gaspillage des ingrédients et des produits FDM. Les techniques décrites tiennent compte de l'obligation d'avoir un nettoyage fréquent et performant, tout en s'efforçant de réduire au maximum l'impact environnemental.

Section 4.4 Techniques de réduction des émissions atmosphériques

Cette section présente les techniques de réduction des émissions dans l'atmosphère. Un grand nombre des techniques décrites sont des mesures « end-of-pipe » destinées à réduire les émissions qui n'ont pas été éliminées par la mise en œuvre de mesures opérationnelles et technologiques intégrées aux procédés.

Section 4.5 Traitement « end-of-pipe » des eaux usées

Toutes les entreprises FDM produisent des eaux usées et un grand nombre possède leur propre SEEU qui traite les eaux usées soit partiellement avant qu'elles sortent du site et subissent un autre traitement, soit pour les réutiliser sur le site ou les rejeter directement dans l'environnement. Les techniques générales de traitement des eaux usées sont décrites dans la première partie de la section ; la seconde partie contient des informations sur le traitement des eaux usées propres à certaines branches.

Section 4.6 Prévention des accidents

Cette section présente les techniques d'identification, d'analyse et de contrôle des risques d'accident et, le cas échéant, des méthodes de limitation de leurs effets sur l'environnement.

Section 4.7 Techniques applicables à certaines branches

Cette section présente les techniques sous les noms des branches où elles peuvent être appliquées. Les techniques sont présentées dans le même ordre que les informations portant sur les branches particulières des chapitres 2 et 3.

On a veillé à ce que les techniques présentées n'entrent pas en conflit avec les exigences de la réglementation sur la sécurité alimentaire concernée.

4.1 Techniques générales destinées au secteur FDM

4.1.1 Outils de gestion de l'environnement

Description

Les meilleures performances environnementales sont habituellement obtenues en mettant en œuvre la meilleure technologie exploitée de la manière la plus efficace possible. C'est la définition du terme « techniques » selon la Directive PRIP : « *la technologie utilisée ainsi que la conception, la construction, l'entretien, l'exploitation et la mise hors service de l'installation* ».

Dans le cadre des installations PRIP, un Système de gestion de l'environnement (EMS) est un outil offert aux opérateurs pour aborder ces questions de conception, construction, exploitation et mise hors service d'une manière systématique et démontrable. Un EMS comprend le cadre organisationnel, les responsabilités, les pratiques, les procédures, les procédés et les ressources destinés à concevoir, mettre en œuvre, entretenir, évaluer et suivre la stratégie environnementale. Les Systèmes de gestion de l'environnement sont extrêmement efficaces et rentables lorsqu'ils font partie intégrante de la gestion et de l'exploitation globale de l'entreprise.

Au sein de l'Union européenne, de nombreuses organisations ont décidé de leur plein gré de mettre en œuvre des systèmes de gestion de l'environnement conformes à la norme EN ISO 14001:1996 ou au plan d'écogestion et d'audit EU EMAS. L'EMAS reprend les exigences du système de gestion de la norme EN ISO 14001, mais il insiste particulièrement sur la conformité juridique, les résultats sur l'environnement et la participation du personnel ; il exige également que le système de gestion soit vérifié par un organisme externe et validé par un organisme environnemental public (dans EN ISO 14001, l'auto-déclaration constitue une solution alternative à la vérification externe). Par ailleurs, de nombreuses organisations ont décidé de mettre en place des EMS non normalisés.

Tandis que les systèmes normalisés (EN ISO 14001:1996 et EMAS) et non normalisés (« programme maison ») prennent en principe *l'entreprise* comme entité, ce document adopte une vue plus étroite en ne prenant pas en compte toutes les activités de l'entreprise, par exemple la totalité de leurs produits et services, en raison du fait que l'entité réglementée au titre de la Directive PRIP est *l'installation* (selon la définition de l'Article 2).

Un Système de gestion de l'environnement (EMS) destiné à une installation PRIP peut se composer des rubriques suivantes :

- (a) Définition d'une politique environnementale
- (b) Planification et établissement d'objectifs et de buts
- (c) Mise en œuvre et exploitation de procédures
- (d) Vérification et actions correctives
- (e) Analyse de la gestion
- (f) Élaboration d'une déclaration officielle sur l'environnement
- (g) Validation par un organisme de certification ou par un contrôleur EMS externe
- (h) Conception permettant la mise hors service de l'installation en fin de vie
- (i) Développement de technologies plus propres
- (j) Tests comparatifs

Ces rubriques sont expliquées ci-dessous plus en détail. Pour obtenir des informations sur les rubriques (a) à (g) toutes incluses dans l'EMAS, le lecteur est invité à consulter la documentation de référence indiquée ci-dessous.

(a) Définition d'une politique environnementale

Les dirigeants de l'entreprise sont chargés de définir pour une installation donnée une politique environnementale qui devra :

- Être appropriée à la nature, à l'importance et à l'impact environnemental des activités ;
- Comporter une clause portant sur la prévention et le contrôle de la pollution ;
- Comporter une clause de conformité avec l'ensemble des législations et réglementations environnementales concernées, ainsi qu'avec toute autre condition à laquelle doit se soumettre l'entreprise ;
- fournir un cadre permettant de définir et d'évaluer les objectifs et cibles environnementaux ;
- Être documentée et communiquée à l'ensemble du personnel ;
- Être accessible par le grand public et toutes les parties intéressées.

(b) Planification :

- Procédures permettant d'identifier les aspects environnementaux de l'installation, de déterminer les activités qui ont ou peuvent avoir des effets importants sur l'environnement et de tenir ces informations à jour ;
- Procédures permettant d'identifier et d'accéder aux exigences réglementaires et diverses auxquelles l'entreprise adhère et qui concernent les aspects environnementaux de ses activités ;
- Établissement et révision des objectifs et des cibles environnementaux documentés, en tenant compte des exigences réglementaires et diverses, ainsi que des opinions des parties intéressées ;
- Établissement et mise à jour régulière d'un programme de gestion de l'environnement qui précise les responsabilités des diverses fonctions et niveaux hiérarchiques en matière d'objectifs et de cibles à atteindre, ainsi que les moyens financiers et le calendrier affectés à leur réalisation.

(c) Mise en oeuvre et exploitation de procédures

Il est important de mettre en place des systèmes qui permettent de diffuser, d'expliquer et de respecter les procédures. Pour cela, une gestion de l'environnement efficace englobe les points suivants :

- (i) Une structure et des responsabilités pour
 - définir, documenter et communiquer les fonctions, les responsabilités et la direction, en nommant un chargé de gestion ;
 - proposer les ressources essentielles à la réalisation et au contrôle du système de gestion de l'environnement, entre autres les ressources humaines et le savoir-faire spécialisé, la technologie et le budget.
- (ii) Formation, sensibilisation et compétence
 - Recenser les besoins en formation afin de s'assurer que l'ensemble du personnel dont les fonctions peuvent avoir un impact environnemental important soit convenablement formé.
- (iii) Communication
 - Établir et gérer des procédures de communication interne entre les divers niveaux et fonctions de l'entreprise, des procédures encourageant le dialogue avec les parties externes intéressées et des méthodes de réception de la documentation et, dans la mesure du raisonnable, de réponse aux communications provenant des parties externes intéressées.
- (iv) Participation du personnel
 - Faire participer le personnel au procédé destiné à obtenir des résultats environnementaux élevés en appliquant les formes de participation appropriées,

telles que le livre de suggestions, des travaux de groupe autour du projet ou des comités de l'environnement.

(v) Documentation

- Rédiger et gérer des informations, sur support papier ou électronique, décrivant les éléments principaux et les interactions du système de gestion, et proposant des références à la documentation connexe.

(vi) Contrôle de procédé performant

- Contrôle de procédé adéquate sous tous les modes d'exploitation, tels que la phase préparatoire, la phase de mise en route, l'exploitation normale, l'arrêt et les conditions anormales ;
- Déterminer les principaux indicateurs de performance, ainsi que les méthodes de mesure et de contrôle de ces paramètres (débit, pression, température, composition et quantité par exemple) ;
- Documenter et analyser les conditions d'exploitation anormales pour en trouver les cause puis les traiter pour qu'elles ne se reproduisent pas (cette tâche peut être facilité en instituant une approche « non culpabilisante » selon laquelle l'identification des causes est plus importante que de trouver le « fautif »).

(vii) Programme de maintenance

- Établir un programme de maintenance structuré basé sur les descriptions techniques des équipements, les normes, etc., ainsi que sur toute panne des équipements et ses conséquences ;
- Appuyer le programme de maintenance en ayant recours à des méthodes de consignation appropriées et des tests diagnostic ;
- Nommer des responsables pour la planification et l'exécution des travaux de maintenance.

(viii) Pouvoir réagir en cas d'urgence

- Élaborer et gérer des procédures visant à identifier les risques d'accidents et les réponses aux accidents et aux situations d'urgence, et pour prévenir et limiter leurs effets sur l'environnement.

(d) Vérification et actions correctives :

(i) Suivi et prises de mesure

- Élaborer et gérer des procédures documentées pour suivre et mesurer à intervalle régulier les caractéristiques essentielles des opérations et des activités qui peuvent avoir une influence significative sur l'environnement, entre autres la consignation des informations permettant de suivre les performances, les contrôles d'exploitation nécessaires et la conformité aux objectifs et cibles environnementaux de l'installation (*voir également le Document de référence sur le suivi des émissions*) ;
- Élaborer et gérer une procédure documentée pour évaluer périodiquement la conformité aux législations et réglementations environnementales.

(ii) Actions correctives et préventives

- Élaborer et gérer des procédures visant à déterminer la responsabilité et la direction en matière de traitement et de recherche des non-conformités ; cette mission englobe les conditions d'autorisation, d'autres exigences législatives, les objectifs et les cibles, la mise en place d'actions pour limiter les conséquences et pour mettre en route et réaliser des actions correctives et préventives appropriées à l'importance du problème et aux effets produits sur l'environnement.

(iii) Rapports

- Élaborer et gérer des procédures permettant de créer, d'actualiser et de communiquer des rapports environnementaux compréhensibles, identifiables et traçables, y compris les rapports de formation et les résultats des audits et des examens.

(iv) Audit

- Élaborer et gérer un ou des (a) programme(s) et procédures d'audit du système de gestion de l'environnement comprenant des échanges avec le personnel, l'inspection des conditions d'exploitation et des équipements, et l'étude des rapports et de la documentation. Ces audits doivent faire l'objet d'un compte-rendu écrit et être réalisés en toute impartialité et objectivité par des membres du personnel (audits internes) ou par des tierces externes à l'organisation (audits externes). Ils doivent mentionner le champ d'application de l'audit, sa fréquence et les méthodologies employées, afin de déterminer si le système de gestion de l'environnement est conforme aux dispositions prévues et si sa mise en place et sa gestion sont correctes ;
- Réaliser l'audit ou le cycle d'audits de la manière appropriée, au plus tard tous les trois ans, en fonction de la nature, de l'étendue et de la complexité des activités, de la portée des effets sur l'environnement, de l'importance et de l'urgence des problèmes détectés par les audits antérieurs, et de l'historique des problèmes environnementaux. Les activités relativement complexes avec des retombées plutôt sérieuses sur l'environnement sont plus souvent soumises à l'audit ;
- Disposer de mécanismes permettant de s'assurer que les résultats de l'audit feront l'objet d'un suivi.

(v) Évaluation régulière de la conformité à la législation

- Évaluation de la conformité à la législation environnementale applicable et des conditions du (des) permis environnemental(aux) accordé(s) à l'installation
- Compte-rendu de l'évaluation.

(E) Évaluation de la Direction :

- Évaluation du système de gestion de l'environnement réalisée par la Direction de l'entreprise selon un calendrier déterminé par eux. Cette évaluation veille à ce que le système garde sa pertinence, son adéquation et son efficacité ;
- S'assurer que les informations nécessaires ont été recueillies afin que la Direction puisse mener à bien son évaluation ;
- Documentation de l'évaluation.

(f) Rédaction d'une déclaration environnementale formelle :

- Rédaction d'une déclaration environnementale formelle qui accorde une attention particulière aux résultats obtenus par l'installation par rapport à ses objectifs et cibles environnementaux. Cette déclaration est faite régulièrement, une fois par an ou moins souvent selon l'importance des émissions, des déchets générés, etc. Elle prend en compte les besoins d'information des parties intéressées et elle est mise à la disposition du grand public (dans des publications électroniques, bibliothèques etc.).

Pour rédiger la déclaration, l'opérateur peut utiliser les indicateurs de performances environnementales existants pertinents, en s'assurant que ces derniers :

- i. reflètent avec exactitude les performances de l'installation,
- ii. sont compréhensibles et clairs,
- iii. permettent de comparer les chiffres d'une année sur l'autre afin d'évaluer l'évolution des performances environnementales de l'installation,
- iv. permettent de faire des comparaisons avec le secteur, évalué au niveau national ou régional selon le besoin,
- v. permettent de faire des comparaisons avec les exigences réglementaires, selon le besoin.

(g) Validation par un organisme de certification ou par un vérificateur EMS externe :

- L'examen et la validation du système de gestion, de la procédure d'audit et de la déclaration sur l'environnement par un organisme de certification agréé ou par un

vérificateur EMS externe peut, si la procédure est réalisée dans les règles, renforcer la crédibilité du système.

- (h) Spécifications conceptuelles relatives à la mise hors service de l'installation en fin de vie
- La mise hors service devient plus facile, moins chère et plus propre si l'on prend en compte l'impact sur l'environnement d'une éventuelle mise hors service dès la conception de la nouvelle usine.
 - Les mises hors service posent des risques de contamination des sols (et des eaux souterraines) et génèrent de gros volumes de déchets solides. Les techniques préventives sont propres aux différents procédés, mais on peut suivre les règles générales suivantes :
 - I. Éviter les structures en sous-sol ;
 - ii. Intégrer des éléments qui facilitent le démantèlement ;
 - iii. Choisir des finitions de surface faciles à décontaminer ;
 - iv. Sélectionner une configuration d'équipement qui retient le moins possible les substances chimiques et facilite l'écoulement naturel ou le lavage ;
 - v. Concevoir des unités flexibles et autonomes qui peuvent se mettre hors service par section ;
 - vi. Utiliser autant que possible des matériaux biodégradables et recyclables.
- (i) Développement de technologies plus propres :
- Puisque les techniques intégrées le plus tôt possible dès la phase d'étude sont à la fois plus efficaces et moins onéreuses, la protection de l'environnement doit faire partie de la conception des procédés réalisés par l'opérateur. Envisager le développement de technologies plus propres peut par exemple s'inscrire dans le cadre d'activités ou d'études RandD. Comme solution alternative au travail réalisé en interne, il est possible de sous-traiter des missions à d'autres opérateurs ou à des instituts de recherche actifs dans le domaine concerné.
- (j) Tests comparatifs :
- Réaliser des comparaisons systématiques et périodiques avec les indicateurs nationaux ou régionaux du secteur ; ces comparaisons portent entre autres sur les activités de conservation de l'énergie et d'amélioration du rendement énergétique, le choix des matières source, les émissions dans l'atmosphère et les rejets dans l'eau (à l'aide par exemple du Registre européen des émissions polluantes, EPER), la consommation d'eau et la production de déchets.

EMS normalisés et non normalisés

Un EMS peut se présenter sous la forme d'un système normalisé ou non normalisé (« produit maison »). La mise en œuvre et la conformité à un système normalisé mondialement reconnu tel que la norme EN ISO 14001:1996 peuvent donner plus de poids à l'EMS, notamment s'il est soumis à une vérification externe exécutée dans les règles. L'EMAS offre une crédibilité supplémentaire grâce à la relation établie avec le public par l'intermédiaire de la déclaration environnementale et les modalités qui garantissent la conformité avec la législation environnementale applicable. Toutefois, les systèmes non normalisés peuvent être dans le principe tout aussi efficaces, à condition qu'ils aient été correctement conçus et mis en œuvre.

Avantages environnementaux

La mise en œuvre et le respect d'un EMS centrent l'attention de l'opérateur sur les performances environnementales de l'installation. La maintenance et l'application de procédures d'exploitation clairement définies dans des situations normales et anormales, ainsi que les responsabilités associées, garantissent notamment que les exigences imposées par le permis ainsi que divers objectifs et cibles environnementaux seront toujours respectés.

En règle générale, les systèmes de gestion de l'environnement veillent à la progression continue des performances environnementales de l'installation. Plus la situation de départ est

mauvaise, plus il y a de chance que les améliorations à court terme soient importantes. Si l'entreprise enregistre déjà globalement de bons résultats environnementaux, le système aide l'opérateur à maintenir cette qualité.

Interactions entre les milieux

Les techniques de gestion de l'environnement sont conçues pour traiter les effets globaux sur l'environnement, selon l'approche intégrée de la Directive PRIP.

Données d'exploitation

Rien à signaler.

Domaines d'application

Les composants décrits ci-dessus sont généralement applicables à toutes les installations PRIP. Le champ d'application (par exemple le degré d'informations) et la nature de l'EMS (par exemple EMS normalisé ou non normalisé) sont généralement liés au type, à l'importance et à la complexité de l'installation, ainsi qu'à ses différents impacts sur l'environnement.

Données financières

Il est difficile de déterminer avec précision les frais et les bénéfices liés à la mise en place et à la gestion d'un bon EMS. Plusieurs études sont présentées ci-dessous, mais ce ne sont que des exemples et leurs résultats ne sont pas parfaitement cohérents. Elles peuvent ne pas être représentatives de tous les secteurs de l'ensemble de l'UE. Par conséquent, elles doivent être examinées avec précaution.

Une étude suédoise réalisée en 1999 a interrogé les 360 sociétés certifiées ISO ayant une EMAS enregistré en Suède. Avec un taux de réponse de 50 %, il en ressort entre autres les conclusions suivantes :

- Le budget de réalisation et d'exploitation d'un EMS est élevé mais pas exorbitant, sauf dans de très petites sociétés. On s'attend à l'avenir à une baisse des coûts.
- On considère qu'une étroite coordination et intégration de l'EMS avec d'autres systèmes de gestion peut faire baisser les coûts.
- La moitié des objectifs et cibles environnementales deviennent rentables au cours de l'année qui suit grâce à une baisse des dépenses et / ou une hausse du chiffre d'affaires.
- Les économies les plus importantes ont résulté d'une réduction des dépenses énergétiques, des frais de traitement de l'eau et du coût en matières premières.
- La majorité des sociétés estime que leur position commerciale a été renforcée par l'EMS. Un tiers des sociétés a constaté une augmentation du chiffre d'affaires grâce à l'EMS.

Certains États-membres prennent des frais de surveillance réduits si l'installation est certifiée.

Un certain nombre d'études¹ montre que la relation entre la taille de l'entreprise et le coût de réalisation d'un EMS est inversement proportionnelle. On retrouve le même type de ratio pour la période d'amortissement du capital investi. Ces deux éléments démontrent que la mise en place d'un EMS dans une PME offre un rapport dépenses-profits moins favorable que celui des entreprises plus grandes.

Selon une étude suisse, le coût moyen de l'élaboration et de l'exploitation de la norme ISO 14001 est variable :

- Si la société emploie entre un et 49 collaborateurs : 64 000 CHF (44 000 EUROS) pour la création de l'EMS et 16 000 CHF (11 000 EUROS) pour son exploitation annuelle.
- Si les effectifs du site industriel sont supérieurs à 250 personnes : 367 000 CHF (252 000 EUROS) pour la création de l'EMS et 155 000 CHF (106 000 EUROS) pour son exploitation annuelle.

¹ E.g. Dyllick and Hamschmidt (2000, 73) quoted in Klemisch H. and R. Holger, *Umweltmanagementsysteme in kleinen und mittleren Unternehmen – Befunde bisheriger Umsetzung*, KNI Papers 01/02, January 2002, p 15; Clausen J., M. Keil and M. Jungwirth, *The State of EMAS in the EU. Eco-Management as a Tool for Sustainable Development – Literature Study*, Institute for Ecological Economy Research (Berlin) and Ecologic – Institute for International and European Environmental Policy (Berlin), 2002, p 15.

Ces moyennes ne représentent pas obligatoirement le coût réel supporté par un site industriel donné parce que ce coût dépend également beaucoup du nombre d'éléments importants (polluants, consommation d'énergie, etc.) et de la complexité des problèmes à étudier.

Une étude allemande récente (Schaltegger, Stefan et Wagner, Marcus, *Umweltmanagement in deutschen Unternehmen - der aktuelle Stand der Praxis* février 2002, p. 106) donne les coûts suivants des EMAS dans différentes branches. On peut remarquer que ces chiffres sont beaucoup plus bas que ceux de l'étude suisse susmentionnée. Ceci confirme le fait que le coût d'un EMS est difficile à déterminer.

Dépenses liées à la création (EUROS) :

minimum - 18 750
 maximum - 75 000
 moyennes - 50 000

Dépenses liées à la validation (EUROS) :

minimum - 5 000
 maximum- 12 500
 moyennes - 6 000

Une étude réalisée par l'Institut allemand des entrepreneurs (Unternehmerinstitut/ Arbeitsgemeinschaft Selbständiger Unternehmer UNI/ASU, 1997, *Umweltmanagementbefragung - Öko-Audit in der mittelständischen Praxis - Evaluierung und Ansätze für eine Effizienzsteigerung von Umweltmanagementsystemen in der Praxis*, Bonn.) fournit des informations sur les économies moyennes annuelles réalisées pour l'EMAS et la période d'amortissement moyenne. Pour un budget de mise en oeuvre de 80 000 EUROS par exemple, les enquêteurs ont trouvé des économies annuelles moyennes de 50 000 EUROS, ce qui correspond à une durée d'amortissement d'un an et demi environ.

Les frais externes liés à la vérification du système peuvent être estimés à partir des conseils publiés par le Forum de l'accréditation internationale (<http://www.iaf.nu>).

Arguments motivant la mise en application

Les systèmes de gestion de l'environnement peuvent fournir un certain nombre d'avantages, comme par exemple

- une meilleure connaissance de l'entreprise dans le domaine de l'environnement,
- une meilleure plate-forme décisionnelle,
- un personnel plus motivé,
- une autre opportunité de réduction des frais d'exploitation et d'amélioration de la qualité produit,
- de meilleures performances environnementales,
- une image de marque renforcée pour la société,
- une réduction des responsabilités, des frais d'assurance et des non-conformités,
- Société plus attrayante aux yeux du personnel, de la clientèle et des investisseurs,
- Confiance accrue des organismes régulateurs pouvant faire baisser la surveillance réglementaire,
- Meilleure relation avec les groupes de défense de l'environnement.

Exemples de site

Les points (a) à (e) ci-dessus sont des éléments de EN ISO 14001:1996 et de l'écogestion et du plan d'audit de la Communauté européenne (EMAS), tandis que les points (f) et (g) ne se réfèrent qu'à l'EMAS. Ces deux systèmes normalisés sont appliqués dans un certain nombre d'installations PRIP. A titre d'exemple, le secteur FDM au sein de l'UE compte 342 organisations enregistrées EMAS. **INFORMATIONS À METTRE À JOUR AVANT L'IEF.**

En 2001 au Royaume-Uni, l'Agence de l'environnement de l'Angleterre et du Pays de Galles a mené une étude au sein des installations réglementées par l'IPC (précurseur du PRIP). L'étude a

démontré que 32 % des entreprises qui ont répondu étaient certifiées ISO 14001 (ce qui correspond à 21 % du total des installations IPC) et 7 % étaient enregistrées EMAS. Toutes les cimenteries du Royaume-Uni (autour de 20) sont certifiées ISO 14001 et la majorité sont enregistrées EMAS. En Irlande, où les licences IPC exigent la création d'un EMS (pas nécessairement un EMS normalisé), environ 100 installations sur 500 agréées ont réalisé un EMS conforme à la norme ISO 14001, les 400 autres installations ayant opté pour un EMS non normalisé.

Bibliographie de référence

(Régulation (EC) No 761/2001 du Parlement européen et du Conseil de l'Europe permettant aux entreprises de participer volontairement à une écogestion et un plan d'audit organisés par la Communauté européenne (EMAS), OJ L 114, 24/4/2001, http://europa.eu.int/comm/environment/emas/index_en.htm)

(EN ISO 14001:1996, <http://www.iso.ch/iso/en/iso9000-14000/iso14000/iso14000index.html>; <http://www.tc207.org>)

4.1.2 Optimisation de l'exploitation par des programmes de formation

Description

Proposer au personnel à tous les niveaux hiérarchiques, du cadre supérieur à l'ouvrier, la formation et les instructions nécessaires à sa mission peut contribuer à améliorer le contrôle des procédés et à réduire la consommation, les niveaux d'émissions et les risques d'accident. Ces activités peuvent être exécutées par des conseillers en environnement salariés ou consultants, mais ils ne peuvent pas être responsables de la gestion environnementale en cours du procédé. Il faut aborder les problèmes pouvant survenir pendant l'exploitation normale, la mise en route, l'arrêt, le nettoyage, la maintenance, les conditions anormales et les tâches spéciales. En partenariat avec les ouvriers, les responsables peuvent se charger de l'évaluation permanente des risques posés par les procédés et les lieux de travail, ainsi que du suivi du respect des normes identifiées et des méthodes d'exploitation.

Les programmes de formation demandent un investissement en temps de l'ensemble du personnel pour fournir les informations, les cours, la formation, la supervision et un programme d'évaluation qui analysera les besoins en formation et l'efficacité des formations.

Avantages environnementaux

Réduction de la consommation, des niveaux d'émissions et des risques d'accidents dans l'ensemble de l'installation.

Données d'exploitation

Il existe de nombreux exemples d'avantages environnementaux, entre autres la prévention des accidents grâce à l'optimisation de l'exploitation par la formation, comme par exemple :

- Éviter les fuites accidentelles lors du débranchement des tuyaux et des flexibles, par exemple pendant la livraison en vrac du lait ; se passer de produits chimiques détergents, tels que les solvants caustiques et organiques (par exemple l'hexane pour raffiner l'huile végétale) ;
- Éviter de perdre ou de déverser accidentellement des produits dans les entrepôts en formant le personnel manutentionnaire, par exemple les conducteurs de chariots élévateurs ;
- S'assurer que les cuves et les tuyaux flexibles ont été vidangés avant de les débrancher ;
- Décharger des liquides nauséabonds dans une cuve au-dessous du niveau indiqué ou aérer par l'arrière les livraisons de matières premières dans le camion-citerne de livraison sont deux initiatives relativement aisées à réaliser et rentables, et elles peuvent contrôler les émissions nauséabondes ;
- S'assurer que les équipements bruyants dont il est impossible de réduire le niveau sonore sont utilisés le moins longtemps possible et que des mesures de protection de l'environnement sont toujours prises, comme par exemple fermer les portes et les fenêtres. Les dispositions de l'UE régissant les questions sanitaires et la sécurité sur le lieu de travail [243, EC, 2003] s'appliquent également à ce contexte,

Domaines d'application

Applicable à l'ensemble des installations FDM.

Arguments motivant la mise en application

La prise en compte des effets sur l'environnement peut canaliser les efforts entrepris pour réduire la consommation et les niveaux d'émissions, ce qui fait baisser les coûts et renforce la confiance de l'organisme régulateur.

Exemples de site

De nombreuses installations FDM.

Bibliographie de référence

[205, DoE SO et WO, 1997]

4.1.3 Conception des équipements

4.1.3.1 Concevoir les équipements en vue de réduire au maximum la consommation et les taux d'émissions

Description

Une conception étudiée des équipements de pompage et de convoyage peut éviter des émissions de substances solides, liquides ou gazeuses. La consommation énergétique peut être réduite par une planification visant l'optimisation énergétique, en autres en réutilisant la chaleur et en isolant les matériels. Les cuves, les pompes, les joints et les soupapes de compresseur, ainsi que les conduites d'évacuation des procédés peuvent constituer une source majeure de fuite. Exemples de conceptions bien étudiées : repérage et marquage des réglages de tous les robinets et équipements pour limiter les risques d'un mauvais réglage, optimisation des conduites et du rendement des équipements pour limiter le gaspillage de produit et pour optimiser la puissance d'extraction et de réduction des émissions dans l'atmosphère, par exemple pendant les opérations de chargement et de déchargement, et en installant les tuyaux en pente pour favoriser l'écoulement naturel.

Concevoir des équipements facile à nettoyer facilite le recyclage du produit dans le procédé ou pour le destiner à un autre usage, comme la fabrication d'aliments pour animaux. Ce nettoyage par voie sèche peut par ailleurs réduire la consommation d'eau et la production d'eaux usées.

Concevoir les équipements en vue de réduire les transbordements peut également limiter les risques de déversements accidentels et d'émissions atmosphériques.

Avantages environnementaux

Réduction de la consommation d'énergie, d'eau et de substances, et baisse des taux d'émissions dans l'atmosphère, l'eau et le sol.

Données d'exploitation

Comme exemples de méthodes de réduction des émissions atmosphériques à partir de la conception des équipements, citons les cuves munies de couvercles flottants ou les pompes pourvues d'une garniture mécanique d'étanchéité double. La taille des installations de réfrigération et de divers autres équipements, tels que les chaudières et les tours de réfrigération, peut être sélectionnée en fonction de la demande maximale et commander pour fournir toujours la puissance requise. L'utilisation de mesures précises et de mécanismes de commande souvent élaborés peut parfois réduire la production d'émissions atmosphériques. Les systèmes de commande existants demandent également une maintenance périodique et performante pour garantir une exploitation correcte et sans interruption.

Les convoyeurs peuvent être hermétiquement fermés ou bien, si cette configuration est impossible, capotés avec un dispositif d'évacuation d'air locale conçu pour intercepter les émissions. Limiter la longueur des convoyeurs ainsi que le nombre de points de transfert peut réduire les émissions. Les convoyeurs peuvent se vider automatiquement sans espace mort, et comporter une évacuation pour faciliter leur nettoyage.

On peut réduire les nuisances sonores en s'assurant si possible que les moteurs sont mécaniquement isolés des canalisations ou des tuyaux connectés. En outre, des silencieux ou des amortisseurs de pulsation peuvent être installés dans les circuits de liquide afin de réduire la transmission des bruits portés par les liquides dans la tuyauterie. En ce qui concerne les dispositifs de manutention des matières, tels que les goulottes de jetée et les trémies, les bruits d'impact des matériaux dans la goulotte ou la trémie peuvent être atténués en évitant les changements brusques de direction et la force de l'impact, par exemple en maintenant le contact des produits avec goulotte et en réduisant la hauteur de cette dernière. S'il est impossible d'éviter certains impacts, il faut alors prévoir des doublures anti-bruit.

La maintenance peut être étudiée dès la phase d'étude, par exemple en faisant en sorte que le circuit hydraulique, les robinets et l'instrumentation soient aisément accessibles lors des travaux de maintenance.

Il peut être possible d'intégrer des techniques de procédé pour maximiser le rendement produit et de minimiser globalement les émissions dans l'environnement.

Domaines d'application

Applicable à l'ensemble des installations FDM.

Arguments motivant la mise en application

Baisse de la consommation et des taux d'émissions, ainsi que des dépenses liées.

Bibliographie de référence

[13, Environment Agency of England and Wales, 2000, 31, VITO, et al., 2001, 34, Willey A R and Williams D A, 2001, 65, Germany, 2002, 182, Germany, 2003, 200, CIAA, 2003, 234, UK, 2003, 242, Lewis D. N., 2003]

4.1.3.2 Sélection de ventilateurs performants et silencieux

Description

Les nuisances sonores provoquées par les ventilateurs proviennent essentiellement des turbulences et du ralentissement local des débits dû aux tourbillons emportés par le courant. Ce phénomène est dû au détachement périodique de tourbillons d'un objet présent dans un flux liquide, appliquant des forces variables sur l'objet.

Les ventilateurs les plus performants et les plus silencieux sont généralement ceux ayant une vitesse d'hélice basse, c'est-à-dire les ventilateurs de grand diamètre et ayant une vitesse basse. Pour une tâche donnée, un ventilateur incurvé ou incliné vers l'arrière fonctionnant à plein régime est moins bruyant qu'un ventilateur radial.

Parmi les autres mesures de réduction des émissions sonores, citons le montage de raccords souples entre les ventilateurs et les conduites pour limiter au maximum la transmission des vibrations ; par ailleurs, l'installation de ventilateurs sur des isolateurs de vibrations empêchent la transmission des vibrations aux structures de soutènement.

Avantages environnementaux

Emissions sonores plus faibles.

Données d'exploitation

Dans un séchoir par pulvérisation, un ventilateur à vitesse fixe de 2 500 t/mn d'une puissance approximative de 45 000 m³/h a été remplacé par deux ventilateurs plus petits fonctionnant à 1 500 t/mn et fournissant le même volume d'air total. Au lieu d'installer un silencieux, la vitesse des nouveaux ventilateurs a été réduite, ce qui a abaissé le niveau sonore de 8 dB(A) environ. Le Tableau 4.95 indique la réduction du bruit prévue en abaissant la vitesse des ventilateurs. Chaque baisse de 3 dB(A) réduit le niveau sonore de moitié.

Réduction de la vitesse des ventilateurs	Baisse du niveau sonore
10 %	2 dB (A)
20 %	5 dB (A)
30 %	8 dB (A)
40 %	11 dB (A)
50 %	15 dB (A)

Tableau 4.95 : Guide de réduction du niveau sonore en abaissant la vitesse des ventilateurs

Domaines d'application

Applicable aux installations qui utilisent des ventilateurs, par exemple pour le conditionnement de l'air, la ventilation et la réfrigération.

Données financières

Les ventilateurs les moins chers sont généralement ceux de petit diamètre ; en revanche, ce sont les plus bruyants. Le prix d'un ventilateur ne représente toutefois qu'une petite partie du budget global d'un quelconque projet. Par conséquent, le prix n'est pas un argument décisif.

Arguments motivant la mise en application

Moins de réclamations faites par des personnes extérieures à l'entreprise sur les émissions sonores.

Bibliographie de référence

[200, CIAA, 2003, 242, Lewis D. N., 2003]

4.1.3.3 Sélection de ventilateurs comportant un petit nombre de pâles

Description

Le bruit des ventilateurs parcourt de grandes distances. Les fréquences élevées créées par les ventilateurs munis de nombreuses pâles ont tendance à disparaître sur des distances plus courtes que les fréquences plus basses émises par des ventilateurs comportant moins de pâles. La Figure 4.41 illustre les effets d'une modification d'un ventilateur installé sur le toit pour produire des fréquences plus hautes.

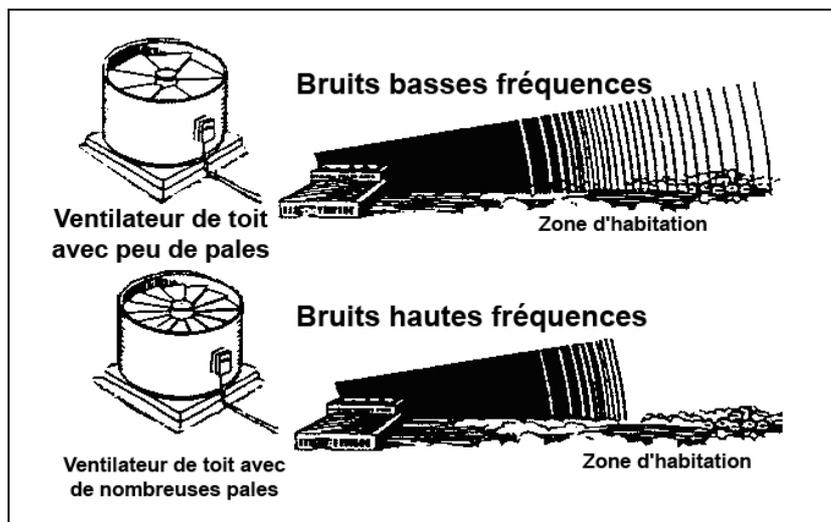


Figure 4.41 : Effet du nombre de pâles de ventilateur sur la distance parcourue par les émissions sonores

Avantages environnementaux

Emissions sonores plus faibles.

Domaines d'utilisation

Applicable dans les opérations qui utilisent des ventilateurs, par exemple pour le conditionnement de l'air, la ventilation et la réfrigération.

Arguments motivant la mise en application

Moins de réclamations faites pas des personnes extérieures à l'entreprise sur les émissions sonores.

Bibliographie de référence

[65, Allemagne, 2002]

4.1.3.4 Conception d'un système de conduites qui limite au maximum les émissions sonores

Description

Pour limiter le bruit, les conduites peuvent être posées à l'intérieur de murs ou dans des canalisations spéciales. Pour obtenir les meilleurs résultats, il faut doubler ou remplir les cavités avec un matériau absorbeur de bruit. L'isolation acoustique peut être améliorée en :

- sélectionnant un matériau de tuyauterie présentant des propriétés isolantes, tel que de la fonte à la place du plastique,
- augmentant l'épaisseur de la paroi des conduites,
- isolant la conduite.

Le matériau et la forme de la paroi des conduites déterminent la propagation des bruits aériens. L'amortissement des vibrations présentes dans la paroi et qui créent les bruits aériens réduit l'énergie sonore en l'absorbant, tandis que les émissions sonores se dispersent dans le liquide. Ce résultat n'est pas important pour les basses fréquences, mais il a plus d'importance au fur et à mesure que les fréquences augmentent. Plus le diamètre des conduites est gros, plus l'insonorisation diminue. Une surface de conduite irrégulière renforce également l'insonorisation. Si les conduites ont une doublure interne amortissant le bruit, à des vitesses d'écoulement du liquide élevées, l'insonorisation diminue considérablement pour les sons se propageant dans le sens du liquide et augmente pour les sons se propageant à contre-courant.

Lors du dimensionnement des conduites, il faut s'assurer que la principale fréquence d'excitation du son entrant dans la conduite est suffisamment éloignée des fréquences naturelles et des fréquences basse des conduites. Toutes les fréquences naturelles sont influencées par la méthode de fixation des tuyaux, leur agencement, par exemple par le nombre et l'emplacement des coudes et des silencieux internes.

Avantages pour l'environnement

Emissions sonores plus faibles.

Données d'exploitation

Les conduites sont destinés au transport de gaz, de vapeurs, de liquides et de solides avec un liquide porteur. Les émissions sonores provenant des conduites englobent les bruits transmis par les liquides et les solides, ainsi que la transmission des bruits aériens. Les flux laminaires ne créent pratiquement pas de bruits, mais une augmentation des turbulences accroît le niveau sonore à l'intérieur des conduites.

La cavitation génère beaucoup de bruit. Ce phénomène se produit lorsque la pression statique est localement égale ou inférieure à la pression de la vapeur ; ce phénomène se produit par exemple lorsque l'écoulement change de sens.

Lorsque les solides sont transportés par un liquide porteur, des bruits supplémentaires sont générés par le contact des particules solides entre elles et contre la paroi de la conduite, notamment lorsque des particules dures sont acheminées au moyen d'un liquide gazeux. La

pression sonore dépend du débit, du matériau de la conduite et du type de solide transporté. La pression sonore peut atteindre entre 85 et 100 dB(A) à un mètre de distance d'éléments de conduite droits. Ces chiffres augmentent vraisemblablement de 10 à 15 dB(A) à proximité des coudes.

Domaines d'utilisation

Applicable aux conduites destinées à véhiculer des gaz, des vapeurs, des liquides et des solides au moyen d'un liquide porteur.

Arguments motivant la mise en application

Prévention d'une baisse de l'ouïe due aux bruits sur le lieu de travail et moins de réclamations faites pas des personnes extérieures à l'entreprise sur les émissions sonores.

Bibliographie de référence

[65, Allemagne, 2002]

4.1.3.5 Isolation acoustique des équipements

Description

Des protections anti-bruit peuvent être installées autour des sources de nuisances sonores. Une protection anti-bruit consiste habituellement en une enceinte métallique doublée d'un matériau absorbant qui enveloppe entièrement ou partiellement la source sonore. La diminution des nuisances sonores dépend de l'isolation des sons aériens par les parois et de la capacité d'absorption de la doublure interne. Pour s'assurer que les objectifs particuliers définis lors de la phase d'étude seront atteints, par exemple le niveau des émissions sonores, la taille, la forme et le matériau de l'écran anti-bruit peuvent être déterminés par des calculs d'études acoustiques. Par ailleurs, l'intensité du bruit peut baisser en raccordant les ventilateurs aux conduites ou aux caissons par des jonctions élastiques et en installant les équipements bruyants sur des fondements absorbant de bruit.

Avantages environnementaux

Emissions sonores plus faibles.

Données d'exploitation

Exemples d'utilisation de matériaux isolants dans le secteur FDM :

- Prévoir des protections fermées pour les convoyeurs de bouteilles de lait et pour les trémies d'alimentation des bouchons.
- Doubler l'intérieur des trémies avec un matériau amortisseur d'impacts et doubler l'extérieur des trémies et des panneaux de protection.
- Doubler les panneaux de recouvrement et fermer les lignes d'ensachage des emballeuses.
- Dans le secteur de la viande, recouvrir les hachoirs à bol par des capots amortisseurs de bruits.
- Dans la branche laitière, enfermer les homogénéisateurs (par exemple dans des salles acoustiquement isolées auxquelles le personnel n'a pas besoin d'accéder fréquemment).
- Enfermer les séchoirs par pulvérisation (par exemple dans des salles acoustiquement isolées auxquelles le personnel n'a pas besoin d'accéder fréquemment).
- Dans les minoteries, enfermer les concasseurs à marteau, les concasseurs à rouleau et les malaxeurs.
- Dans les congélateurs et les chambres froides, enfermer le mécanisme de réfrigération en prévoyant une aération destinée aux moteurs et aux ventilateurs
- Enfermer les compresseurs de vapeur.

Dans certains cas, il peut être nécessaire de laisser l'air entrer et sortir de l'enceinte acoustique. Cette situation entrave les performances de l'enceinte, mais on peut palier cet inconvénient en prévoyant des coudes dans les conduites d'air afin de réduire les émissions sonores. A titre d'exemple, les ventilateurs peuvent être enfermés dans des enceintes insonorisées conçues pour

limiter au maximum l'écho à l'intérieur ; en outre, il faut prévoir une aération qui pourra refroidir le ventilateur de manière appropriée.

Au lieu d'installer des silencieux dans les conduites, il est souvent possible de réduire de 10 à 20 dB(A) les bruits aériens provenant d'une conduite ou d'un orifice en doublant le dernier coude du circuit avec un matériau absorbant le bruit ou en montant sur l'orifice un simple coude à angle droit doublé et absorbant. Il faut noter que l'un des côtés du coude doit être doublé sur une longueur égale à deux fois le diamètre de la conduite.

Domaines d'utilisation

Divers équipements utilisés dans le secteur FDM, comme des ventilateurs, compresseurs, pompes et soufflantes.

Arguments motivant la mise en application

Prévention d'une baisse de l'ouïe due aux bruits sur le lieu de travail et moins de réclamations faites pas des personnes extérieures à l'entreprise sur les émissions sonores.

Exemples de site

L'isolation d'équipements bruyants est largement répandue dans le secteur FDM, par exemple aux lignes d'embouteillage verre, aux trémies où l'impact des produits est bruyant, pendant le conditionnement, à savoir lors de l'emballage, du découpage et de l'ensachage, aux hachoirs à bol utilisés dans le secteur de la viande, dans des meuneries, par exemple dans la fabrication de farines et d'alimentation animale, et dans les congélateurs et chambres froides.

Bibliographie de référence

[200, CIAA, 2003, 242, Lewis D. N., 2003]

4.1.3.6 Positionnement des équipements pour véhiculer les bruits à l'opposé des riverains

Description

Certains équipements ne génèrent pas le même niveau sonore dans toutes les directions. Par exemple, tout équipement qui comporte une entrée ou une sortie de ventilateur sur un côté fera le plus de bruit de ce côté. Par conséquent, positionner l'appareil de sorte que le côté le plus bruyant tourne le dos à un lieu sensible peut réduire les niveaux sonores à cet endroit. Cette option n'est pas toujours efficace car le son part dans différentes directions en fonction des conditions météorologiques.

Avantages pour l'environnement

Réduction des émissions sonores sur le site d'installation, du côté non bruyant de l'équipement.

Interactions entre les milieux

Le niveau sonore reste le même, et il y a toujours des risques de détérioration de l'ouïe dues aux nuisances sonores sur le lieu de travail, ainsi que des risques de réclamations.

Domaines d'utilisation

Applicable aux tours de réfrigération, condenseurs, compresseurs, pompes et soufflantes.

Arguments motivant la mise en application

Émissions sonores plus faibles sur des sites d'installation réception sensibles.

Bibliographie de référence

[65, Allemagne, 2002, 200, CIAA, 2003, 242, Lewis D. N., 2003]

4.1.4 Étude de l'installation

Description

Lors de la phase d'étude initiale d'un bâtiment, un certain nombre de facteurs doit être pris en compte pour contrôler la production d'émissions sonores et atmosphériques.

Avantages pour l'environnement

Emissions atmosphériques plus faibles et, dans de nombreux cas, moins de gaspillage.

Données d'exploitation

Le stockage et la manutention des matières premières crée un problème de mauvaises odeurs. A titre d'exemple, l'espace de stockage peut être conçu pour faciliter l'exploitation d'un système premier entré premier sorti. Pour cela, il peut être avantageux d'effectuer un stockage en trémies qui garantit que les premières matières reçues sont utilisées en premier, c'est-à-dire que la trémie se remplit par le haut et se vide par le bas. Ceci permet d'utiliser les matières encore fraîches, ce qui optimise l'utilisation des matières premières et limite le gaspillage.

On peut limiter le risque de gaspiller ou de déverser par accident du produit dans les entrepôts en s'assurant que la conception de ces derniers permet une utilisation aisée et sûre. Le rayonnage peut par exemple être adapté à l'utilisation de chariots élévateurs.

Les aires de chargement et déchargement peuvent être conçues pour faciliter les nettoyages fréquents et efficaces en étant pourvues de revêtements lisses et en limitant le nombre de coins et autres zones exigés difficiles à nettoyer.

Si les matières sont extrêmement polluantes, le bâtiment peut être conçu de sorte qu'il n'y ait pas d'émissions dans l'atmosphère en cas de conditions anormales – à savoir lors d'un dysfonctionnement d'appareil, en présence de fuites ou pendant les réparations - lorsque les systèmes de contrôle ordinaires seraient suffisants. Le nombre d'entrées peut être limité. Les entrées peuvent être protégées par des doubles portes munies de sas.

Concevoir des locaux aux murs lisses et aux coins arrondis faciles à nettoyer peut également optimiser la récupération des matières à utiliser ou à mettre en décharge. Par ailleurs, cette conception peut réduire la consommation de détergent et d'eau de nettoyage et, en conséquence, les volumes et les charges d'eaux usées.

Domaines d'utilisation

Applicable à l'ensemble des installations FDM.

Arguments motivant la mise en application

Émissions dans l'atmosphère plus faibles et, dans de nombreux cas, production moins importante de déchets et d'eaux usées.

Bibliographie de référence

[34, Willey A R et Williams D A, 2001]

4.1.4.1 Isolation acoustique des bâtiments

Description

Le niveau sonore produit par les machines et les propriétés acoustiques des locaux déterminent le degré de pression sonore exercé à l'intérieur d'un bâtiment. Ces niveaux de pression sonore internes et l'isolation acoustique fournie par le gros œuvre, à savoir les murs, la toiture, les fenêtres, les portes et les ouvertures forment la puissance sonore aérienne, c'est-à-dire le taux d'émission. Ce paramètre peut poser problème lorsque les équipements se trouvent dans des bâtiments à l'ossature en acier et au revêtement extérieur profilé relativement léger. La puissance acoustique d'une source est liée à sa surface. Par conséquent, les façades des grands bâtiments peuvent renvoyer une puissance acoustique importante.

Les constructions peuvent être isolées contre les bruits aériens. Il est beaucoup plus facile de les isoler contre les hautes fréquences et que contre les basses fréquences. On peut utiliser une isolation simple enveloppe ou double enveloppe. La bonne isolation de composants de structure plus ou moins homogène dépend largement de leur poids par unité. La nature du matériau a également de l'importance.

Les constructions à double enveloppe se composent de deux enveloppes denses séparées par un vide d'air ou un revêtement isolant résistant. Sous certaines conditions, l'isolation acoustique

fournie par ces éléments est plus importante que celle des éléments d'enveloppe simple du même poids. La conditions la plus importante pour obtenir une haute isolation est que le vide d'air entre les enveloppes soit suffisamment large ou que tout revêtement isolant placé entre ces enveloppes soit suffisamment solide et présente une texture ouverte. L'effet isolant de la cavité est obtenu en la remplissant d'un matériau absorbant le bruit, comme les panneaux en fibres minérales. Les joints rigides entre les deux enveloppes détériorent l'isolation acoustique.

La qualité de l'isolation acoustique d'un mur quelconque ne dépasse pas celle du plus faible maillon de la structure. Il faut étudier l'isolation acoustique des fenêtres, des portes, de la toiture et des lucarnes de façon à pouvoir calculer l'isolation de la structure composite. Si l'indice de réduction sonore des fenêtres et des portes est le même que celui des murs ou s'en approche, la qualité globale sera conservée. Si un mur en parpaings est muni d'une porte mal montée ou d'une fenêtre légère, ceci réduira de manière significative l'isolation acoustique possible.

Si des objectifs particuliers ont été définis lors de la phase d'étude, les calculs de la conception acoustique doivent déterminer la taille, la forme et les matériaux de l'écran.

Avantages pour l'environnement

Réduction des émissions sonores.

Domaines d'application

Applicable à l'ensemble des installations FDM, par exemple à celles qui utilisent des ventilateurs pour le conditionnement de l'air, la ventilation et la réfrigération.

Arguments motivant la mise en application

Moins de réclamations faites pas des personnes extérieures à l'entreprise sur les émissions sonores.

Bibliographie de référence

[65, Allemagne, 2002, 200, CIAA, 2003, 242, Lewis D. N., 2003]

4.1.4.2 Protection des bâtiments contre les sites générant des émissions sonores

Description

En protégeant les bâtiments contre les sites qui génèrent des émissions sonores, on réduit la pression sonore présente sur ces sites. D'autres constructions à proximité peuvent fournir cet effet d'écran, ou bien l'écran peut se présenter sous la forme de barrages tels que l'édification de murs ou de remblais. On note que ces derniers peuvent servir d'écran anti-bruit d'une efficacité supérieure à 5 dB(A) s'ils coupent au moins la ligne de visée. Plus le barrage est haut et plus il se trouve près de la source sonore et / ou du site d'émissions sonores, plus l'effet d'écran est important.

Avantages environnementaux

Réduction des émissions sonores.

Interactions entre les milieux

Le niveau sonore reste le même, et il y a toujours des risques de détérioration de l'ouïe dues aux nuisances sonores sur le lieu de travail, ainsi que des risques de réclamations.

Domaines d'utilisation

Applicable à l'ensemble des installations FDM, par exemple dans celles qui utilisent des ventilateurs, des tours de réfrigération et des condenseurs.

Arguments motivant la mise en application

Moins de réclamations faites pas des personnes extérieures à l'entreprise sur les émissions sonores.

Bibliographie de référence

[65, Allemagne, 2002]

4.1.4.3 Installation d'un générateur de turbulences en spirales dans une cheminée pour limiter les émissions sonores

Description

A cause des remous, l'air contournant des tours et des cheminées produit des émissions sonores et des vibrations dans la cheminée. L'utilisation d'un générateur de turbulences en spirales entrave la formation de remous. La ligne de fonctionnement du générateur de turbulences n'est pas constante. Cette technique est illustrée dans la Figure 4.42.

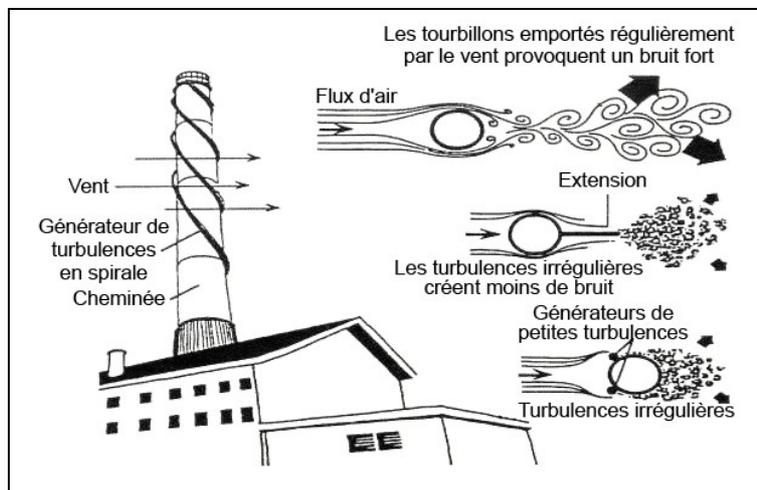


Figure 4.42 : Réduction des émissions sonores provenant d'une cheminée

Avantages environnementaux

Réduction des émissions sonores.

Domaines d'utilisation

Applicable aux installations munies de ventilateurs utilisés par exemple pour le conditionnement de l'air, la ventilation et la réfrigération.

Arguments motivant la mise en application

Moins de réclamations faites par des personnes extérieures à l'entreprise sur les émissions sonores.

Bibliographie de référence

[65, Allemagne, 2002]

4.1.5 Maintenance

Description

Si la maintenance préventive des cuves et des équipements est planifiée avec efficacité, ceci peut limiter la fréquence et la taille des émissions solides, liquides ou gazeuses, ainsi que la consommation d'eau et d'énergie. Concrètement, des citernes, des équipements de pompage et de convoyage, des joints de compresseur, des robinets et des conduites d'évacuation de procédé peuvent être des sources majeures de fuite. Un appareil de contrôle de procédé qui est défectueux peut provoquer des fuites, des débordements ou du gaspillage causés par des robinets qui gouttent.

Pour savoir si elle est correcte, l'exploitation de l'unité de procédé peut être périodiquement examinée et toute déviation ou modification peut être analysée en terme d'impact. Des modifications simples réalisées sur un procédé permettent souvent de réduire considérablement les émissions atmosphériques.

Avantages environnementaux

Moindre consommation d'énergie, d'eau et de matières, et plus faible production d'émissions dans l'atmosphère, l'eau et le sol. Moins de déchets, par exemple en recyclant les coproduits ou produits dérivés. Moins d'émissions sonores.

Données d'exploitation

De manière générale, la maintenance des systèmes d'eau alimenté par le réseau public passe après celle qui touche directement la production ou la sécurité. Ce facteur peut faire facilement augmenter la consommation d'eau et la production d'eaux usées. Avec un protocole de maintenance bien géré, l'entreprise peut rapidement éliminer par exemple les fuites d'eau et les défaillances qui peuvent provoquer des débordements ou des rejets accidentels aux égouts. L'optimisation des circuits d'eau de refroidissement peut éviter une purge excessive de la tour de réfrigération.

Exemples d'activités de maintenance :

Générales

- Noter et réparer les fuites sans attendre
- Vérifier que les bords à griffes des appareils joignent correctement pour éviter de gaspiller des matières solides poudreuses en les transbordant.

Vapeur

- Veiller à ce que l'inspection des séparateurs de vapeur soit effectuée régulièrement et fasse l'objet d'un rapport
- Réparer les fuites de vapeur
- Mettre en place une procédure documentée pour signaler et réparer les fuites de vapeur
- S'assurer que la réparation des fuites de vapeur est une tâche prioritaire. Un très petit nombre de presse-étoupe qui fuit peut rapidement coûter beaucoup d'argent.

Air comprimé

- Mettre en place une procédure efficace de signalement des fuites
- Réaliser une inspection « hors des heures de service » pour détecter, localiser et marquer les fuites.
- Réparer les fuites.

Réfrigérant

- Vérifier l'absence de bulles par le regard en verre du réfrigérant. La présence de bulles indique généralement qu'un circuit fuit
- Trouver les fuites et les réparer avant de remplir à nouveau le circuit de réfrigérant
- Vérifier que le niveau d'huile est correct par le (les) regard(s) en verre du compresseur. Le compresseur risquera davantage de tomber en panne si le niveau d'huile est trop bas ou trop élevé.

Refroidissement

- Des fuites de matières dans un circuit d'eau de refroidissement ou bien l'utilisation d'une tour de réfrigération pour refroidir directement de l'eau de procédé contaminée peuvent accroître considérablement les problèmes d'odeur.

Poisson

- Entretien des machines à peler le poisson, par exemple en gardant des lames aiguisées, pour obtenir un résultat efficace et enlever le moins possible de chair avec la peau des poissons.

Fruits et légumes

- Utiliser des têtes de coupe aiguisées lors des procédés de découpage des fruits et légumes.

Domaines d'utilisation

Applicable à l'ensemble des installations FDM.

Arguments motivant la mise en application

Production sereine qui n'est pas interrompue par des pannes ou des accidents. Selon la législation, il est par exemple illégal de décharger volontairement certains réfrigérants.

Exemples de site

La maintenance préventive est largement pratiquée dans l'ensemble du secteur FDM.

Bibliographie de référence

[1, CIAA, 2002, 13, Agence pour l'environnement d'Angleterre et du Pays de Galles, 2000, 31, VITO, et al., 2001, 69, Agence pour l'environnement d'Angleterre et du Pays de Galles, 2001, 134, AWARENET, 2002, 200, CIAA, 2003]

4.1.6 Méthodologie de prévention et de réduction de la consommation d'eau, d'énergie, et la production de déchets

La prévention et la réduction exigent d'adopter une démarche systématique. Une méthodologie efficace se compose généralement des étapes décrites dans les sections suivantes [1, CIAA, 2002] :

- Étape 1 : obtenir l'implication de la Direction, organisation et planification
- Étape 2 : analyse des procédés de production
- Étape 3 : évaluation des objectifs
- Étape 4 : identifier les options de prévention et de réduction
- Étape 5 : réaliser une évaluation et une étude de faisabilité
- Étape 6 : mettre en place le programme de prévention et de réduction
- Étape 7 : surveillance permanente en faisant des relevés et en réalisant des inspections visuelles.

L'importance de prévenir et de réduire la consommation d'eau, d'énergie ainsi que la production de déchets est expliquée ci-après.

Prévention et réduction à un minimum de la consommation d'eau

L'eau n'est pas une ressource inépuisable ; il faut donc contrôler sa consommation. Cette tâche constitue un important volet de la conservation des ressources naturelles. Les normes de sécurité alimentaire et d'hygiène en vigueur dans le secteur FDM doivent être appliquées. En d'autres termes, le nettoyage des équipements et des installations consomme une quantité importante de l'eau utilisée dans ce secteur. L'adoption d'un mode de gestion systématique de l'usage de l'eau peut réduire la consommation, diminuant simultanément le volume d'eaux usées destinés au traitement. En faisant appel également à d'autres techniques, la prévention ou, si c'est impossible, la réduction à un minimum de la pollution de l'eau peut réduire la pollution de l'eau.

La pollution de l'eau peut être contrôlée de la manière suivante :

- Réduire le volume d'eaux usées produit
- Réduire le degré de pollution des eaux usées produites
- Éliminer ou diminuer la concentration de certains polluants, notamment des polluants prioritaires
- Recycler ou réutiliser l'eau
- Traiter les eaux usées.

Prévention et limitation de la consommation d'énergie

Dans de nombreux secteurs FDM, la consommation d'énergie représente un budget important. En fonction de la nature des activités de production, le budget énergétique peut représenter entre moins de 1 % à plus de 10 % du budget de production. Il est important d'adopter une démarche systématique de réduction de la consommation énergétique, aussi bien pour les effets sur l'environnement, tels que l'effet de serre, que pour la réduction des dépenses.

Le concept de rendement énergétique est fréquemment utilisé pour mesurer la consommation énergétique d'une installation industrielle. Le rendement énergétique est souvent défini comme étant la quantité d'énergie consommée par unité de produit. Par conséquent, améliorer le rendement énergétique équivaut à réduire la quantité d'énergie par unité de produit. Si la production reste à un niveau constant, ça se traduit par des économies d'énergie à l'échelle de l'installation. Le rendement énergétique présente deux aspects :

- Réduire la consommation énergétique par une gestion de l'énergie performante ;
- Réduire la consommation énergétique par l'optimisation des procédés et par l'innovation.

La gestion de l'énergie est une technique de contrôle et de limitation de la consommation et du budget énergétiques. Elle attribue dans une large mesure la responsabilité de la consommation aux utilisateurs de l'eau. La gestion de l'énergie consiste essentiellement à assurer un suivi et à définir des objectifs. Dans plusieurs études de cas, les économies d'énergie se situent entre 5 et 15 %.

L'étape suivante de l'amélioration du rendement énergétique consiste à optimiser les procédés et à avoir recours à l'innovation. Ceci peut parfois ne demander que de faibles investissements. Néanmoins, lorsque les projets innovants ont un impact important sur les procédés et la consommation d'énergie, ils peuvent demander des investissements plus conséquents. Si les investissements dans l'optimisation des procédés et dans des projets innovants ne s'accompagnent pas d'une gestion de l'énergie performante, il est impossible de savoir si les économies d'énergie attendues sont véritablement réalisées. En outre, il se peut que les effets des économies d'énergie réalisées par des adaptations de procédé soient annulés par un entretien inadéquat.

La Figure 4.43 illustre la relation entre les effets d'une gestion énergétique performante et la mise en application de mesures d'économies d'énergie, telles que l'optimisation des procédés et la mise en place de projets innovants.

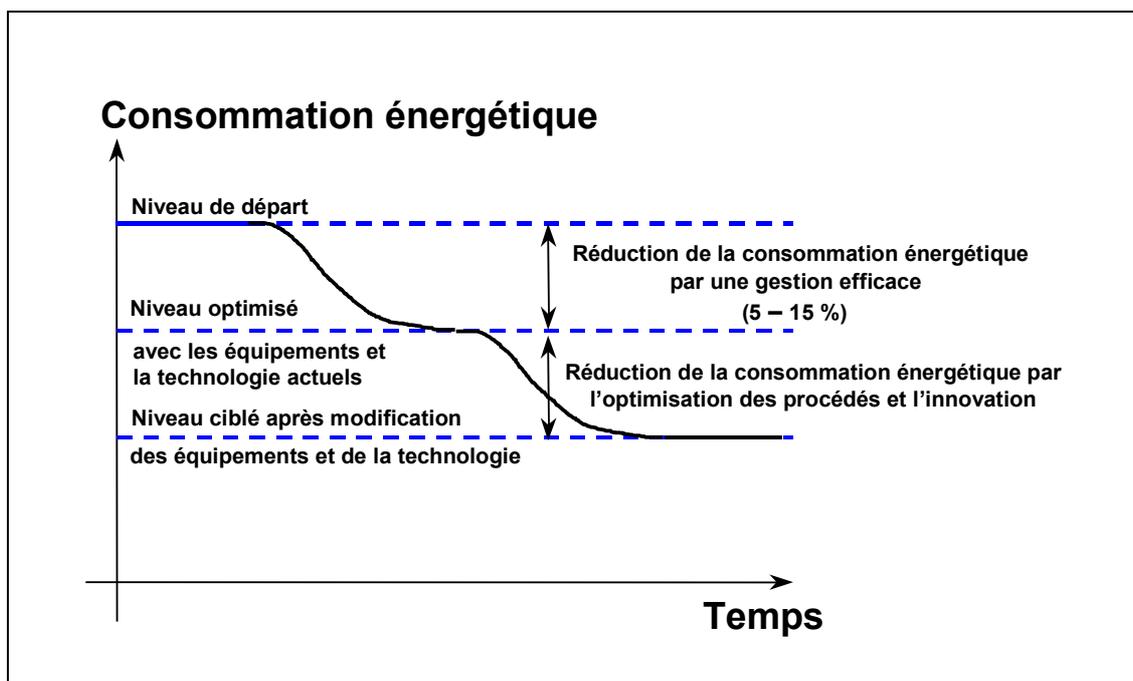


Figure 4.43 : Réduction de la consommation énergétique
[1, CIAA, 2002]

Prévention et limitation de la production de déchets

Éviter la production de déchets est l'un des principaux objectifs de la Directive PIRP. L'article 3 (c) stipule que « les États-membres doivent prendre les mesures nécessaires pour que les autorités compétentes puissent s'assurer que les installations sont exploitées de manière à ..(c) éviter la production de déchets conformément à la Directive du Conseil 75/442/EEC datée du 15 juillet 1975 sur les déchets ; en cas de production de déchets, ces derniers sont recyclés ou bien, lorsque le recyclage s'avère techniquement ou financièrement impossible, ils sont mis au rebut en évitant ou réduisant toute retombée sur l'environnement ». L'Annexe IV stipule « les considérations à prendre en compte d'une manière générale ou dans des cas particuliers pour déterminer les meilleures techniques disponibles, selon la définition de l'article 2(11), en gardant à l'esprit les dépenses et avantages probables d'une mesure ainsi que les principes de précaution et de prévention : 1^{ère} l'utilisation de technologies produisant peu de déchets, et 3^{ème} le renforcement de la récupération et du recyclage des substances générées et utilisées dans les procédés et les déchets, si c'est approprié ; »

Le présent chapitre présente les techniques qui abordent l'utilisation, la réutilisation, la récupération et le recyclage de produits dérivés, coproduits, résidus et matières pour éviter de les mettre en décharge. Concrètement, l'utilisation de matières destinées initialement à la fabrication de denrées alimentaires mais qui ne répondent pas aux spécifications du client, tout en étant appropriées à la consommation, peuvent entrer dans la fabrication d'aliments pour animaux.

Dans des cas particuliers, certains organismes régulateurs considèrent que l'épandage est une méthode de recyclage ou de récupération. Certains l'interdisent par voie légale. Dans tous les cas, l'épandage doit être pratiqué uniquement dans le respect de la législation environnementale de l'UE, y compris la Directive sur les nitrates [194, EC, 1991] qui oblige à prendre des mesures concernant le stockage et l'épandage sur le sol de tous les composés azotés ; elle gère également certaines pratiques de gestion des sols et détermine quand l'épandage est interdit ou inapproprié. Avant d'épandre une substance quelconque sur le sol, plusieurs facteurs importants doivent être analysés, tels que les intérêts agronomiques, c'est-à-dire liés à la science de la gestion des sols et de la récolte, l'hygiène et la traçabilité. On note que certaines eaux de transport / lavage / procédé, la biomasse excédentaire issue de SEEU biologiques et divers résidus solides sont quelquefois répandus sur le sol. A titre d'exemple, l'eau des pommes de terre, les solubles de blé et les boues provenant du traitement des eaux usées dans l'industrie des amidons ou présentes dans l'eau de transport de la betterave sucrière, éventuellement après décantation, peuvent être destinées à l'épandage. Les exemples suivants illustrent les points à prendre en compte pour décider si l'épandage est une option envisageable :

- Si les substances épandues offrent un bénéfice nutritionnel réel aux végétaux. Il peut s'agir par exemple d'améliorer l'équilibre pH du sol ou de fournir des substances fertilisantes comme le phosphore ou l'azote ;
- S'il y a des données géographiques, pédologiques – branche de la science qui traite des sols, particulièrement de leur formation, nature et classification – climatiques et hydrogéologiques qui peuvent affecter l'hygiène des aliments ou du bétail, ou si l'épandage a un impact sur l'environnement [81, France, 2001] ;
- Si, à tous les stades de l'opération, il est possible de déterminer l'origine et la destination des substances répandues ; ceci demande une coopération étroite entre le producteur de la substance à épandre et la personne qui contrôle l'opération d'épandage, tel que l'agriculteur [81, France, 2001] ;
- Le critère de surveillance de l'effet prévu, comme l'analyse du sol et des eaux souterraines [81, France, 2001].

L'**objectif** d'un programme de prévention des déchets vise à diminuer l'impact sur l'environnement des opérations de fabrication dans la mesure où la pratique le permet, en prenant en compte les données financières et les avantages environnementaux, dans le respect de l'ensemble des dispositions réglementaires. La limitation du gaspillage de matières et d'énergie met en application la réglementation, réduit pour l'entreprise les dépenses associées au

gaspillage de produits et de matières premières, et diminue les frais de mise en décharge sur le site et à l'extérieur. Cette démarche préserve les ressources naturelles.

La gestion de l'hygiène et de la sécurité alimentaire avec HACCP est cruciale à la production FDM. Les mesures de prévention des déchets ne doivent pas mettre en péril la qualité bactériologique du produit. A titre d'exemple, s'il y a un doute quelconque quant au respect des normes qualité, le produit doit être retraité ou rejeté comme déchet. De plus, le niveau de propreté et d'hygiène exigé demande un nettoyage minutieux. En revanche, cette exigence contribue à produire des eaux usées. Normalement, des économies peuvent être réalisées dans les opérations de nettoyage, en déversant de l'eau et des substances chimiques moins contaminées, sans mettre en danger les spécifications sanitaires du produit fini.

Cette méthodologie propose des conseils généraux sur la gestion de la prévention des déchets, permettant ainsi de diminuer le gaspillage de matières premières, de produits et de matières annexes et réduisant simultanément les coûts. Dans les situations appropriées, des études de cas et des exemples présentent des mesures de limitation des déchets performantes. La prévention de production de déchets provenant de rejets accidentels est abordée séparément dans la section 4.6.

Divers guides offrent des informations sur les méthodologies de limitation des déchets, tels que le document « Waste Minimisation – An Environmental Good Practice Guide For Industry » publié par la UK Environment Agency (2001), [64, Environment Agency of England and Wales, 2001] et les publications de la série Environmental Technology Best Practice Programme comme le document « Waste Minimisation Pays: Five Business Reasons for Reducing Waste – GG 125 » [62, Envirowise (UK), et al., 1998], ou « Cutting Costs by Reducing Waste: Running a Workshop to Stimulate Action – GG 106 » [63, Envirowise (UK) and William Battle Associates., 1998]. L'application de techniques efficaces dans chacun des principaux domaines de gaspillage offrira très certainement des avantages significatifs à l'environnement. La Figure 4.44 est un exemple de méthodologie utilisée dans la prévention et la limitation des déchets.

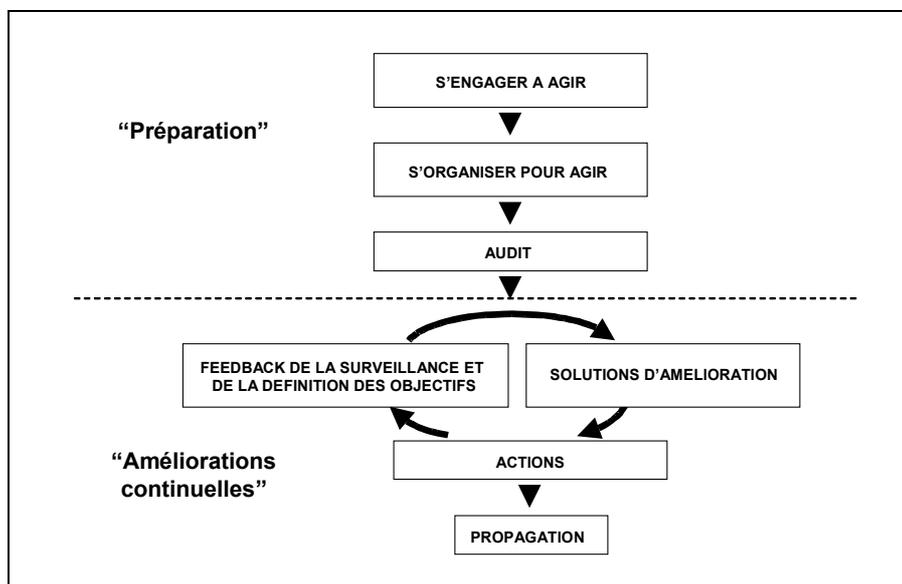


Figure 4.44 : Exemple de méthodologie de prévention et de limitation des déchets

4.1.6.1 Étape 1 : obtenir l'implication de la Direction, organisation et planification

Obtenir l'engagement de la Direction

Pour réussir, les programmes de prévention et de limitation de la consommation d'eau et d'énergie et de la production de déchets demandent une implication des hauts responsables de l'entreprise. Cette démarche garantit que tous les membres de l'organisation aient une attitude

positive et coopèrent afin de profiter au maximum de l'initiative. L'un des meilleurs moyens d'obtenir l'engagement des hauts responsables consiste à les convaincre des avantages financiers réalisables.

Il est recommandé de commencer par déterminer un ou deux domaines de gaspillage substantiel de matières ou de produits, qui produisent des déchets ou consomment beaucoup d'eau et d'énergie, puis de démontrer les coûts qui en découlent pour l'entreprise. Cette étude des coûts englobe les coûts provenant du gaspillage de matières premières, de retraitement, le temps de production perdu, le traitement des déchets, la main-d'oeuvre perdue, les matières gaspillées dans l'atmosphère et à l'égout, ainsi que la consommation excessive d'énergie et d'eau.

Parfois, jusqu'à 25 % des matières premières ou de la quantité de produit équivalente sont mis en décharge ou partent dans la conduite d'évacuation. Les hauts responsables ne sont souvent pas au courant de l'importance du gaspillage et après en avoir pris conscience, ils soutiendront sans faillir le programme de prévention et de limitation.

Organisation (création d'une équipe de projet) (voir également la section 4.1.7.5)

Il est normalement bon de nommer un chef d'équipe ou un employé-modèle pour coordonner et soutenir les programmes. Le recours à des équipes de projet et à des employés-modèle peut contribuer à sensibiliser l'ensemble du personnel, ainsi qu'à l'encourager à agir et à participer. Le chef d'équipe et l'équipe peuvent être chargés de réaliser des évaluations et de développer et analyser des propositions et des mesures [63, Envirowise (UK) and William Battle Associates., 1998].

Planification

Élaborer une étude de projet détaillée avec un calendrier indiquant les dates d'exécution des activités peut aider le programme de prévention et de limitation. Pour obtenir des résultats, l'avancée du projet doit être suivie et les personnes investies de responsabilités sont nommées et doivent rendre des comptes.

4.1.6.2 Étape 2 : analyse des procédé de production

Pour qu'un programme de prévention et de limitation de la consommation d'eau et d'énergie et de la production de déchets réussisse, il est important d'avoir une bonne représentation synthétique des domaines et des stades de procédé qui gaspillent des matières, produisent des déchets et consomment beaucoup. Cette vue synthétique aide à définir les actions à entreprendre. Pour cela, il faut faire l'inventaire détaillé de tous les procédés de production. Pour établir cet inventaire, on peut distinguer trois catégories de mesures.

Recueil de données quantitatives à l'échelle du site

À ce niveau, les données relatives aux quantités et aux coûts concernent l'installation totale, c'est-à-dire le site entier. La majorité des données devraient déjà être disponibles dans les systèmes de consignation de l'entreprise, tels que les inventaires, les comptes, les récépissés d'achats, les reçus de mise en décharge et les données de production. Lorsque l'information n'est pas disponible, il faut avoir recours aux estimations ou aux mesures directes.

Les quantités relatives de toutes les matières premières, l'énergie, l'eau et les déchets couvrent habituellement une période d'un an. Les unités ne doivent pas varier. C'est une condition essentielle pour pouvoir comparer les quantités et les activités de manière utile, au moment présent et à l'avenir.

L'information peut être recueillie d'une manière systématique pour permettre une première évaluation aussi complète que possible. En principe, il est utile de conserver l'ensemble des informations recueillies dans une base de données papier ou électronique.

Inventaire pour chaque stade de procédé

L'objectif de cette étape vise à avoir une vue synthétique de tous les procédés de production et des questions environnementales y afférant. Il peut être utile de représenter les procédés de production par un organigramme qui détaille les entrées, les sorties et les secteurs problématiques pour l'environnement.

La Figure 4.45 donne un exemple de fiche de travail d'entrées / sorties. D'autres formats sont possibles [60, Agence de l'environnement pour l'Angleterre et le Pays de Galles, 1998].

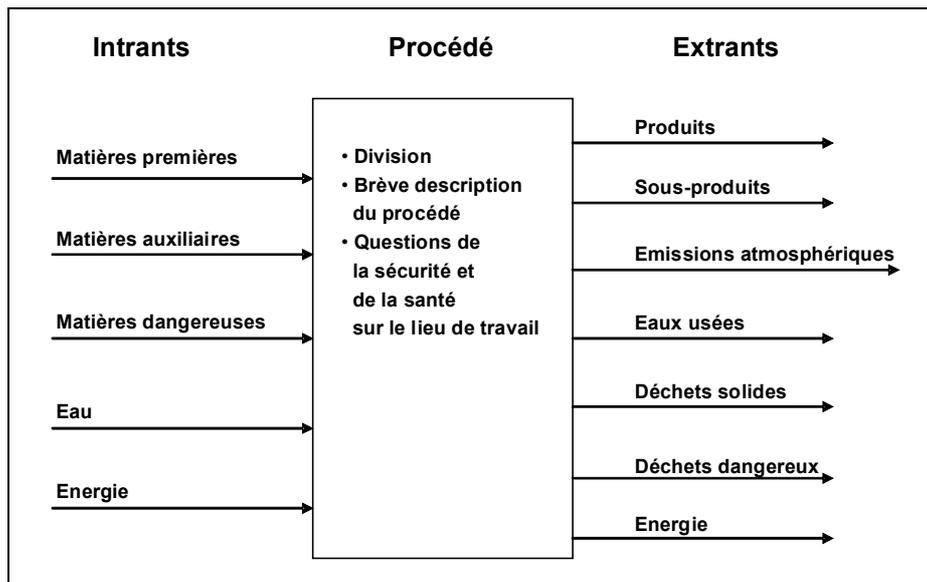


Figure 4.45 : exemple de fiche de travail qui montre les entrées / sorties et les problèmes environnementaux [1, CIAA, 2002]

Vous pouvez procéder à un équilibre de masse pour refléter la consommation de matières premières et de services, ainsi que le gaspillage, les déchets et les émissions résultant des procédés. L'équilibre de masse permet d'identifier et de quantifier le gaspillage, les déchets et les émissions jusqu'alors non pris en compte ; il détecte également les sources et les causes. Les équilibres de masse sont plus faciles, plus significatifs et plus exacts lorsqu'ils s'adressent à des stades de procédé individuels. À partir de ces données, il est ensuite possible d'élaborer un équilibre de masse global au niveau de l'entreprise.

L'équilibre de masse peut également servir à déterminer les coûts associés aux entrées, aux sorties et au gaspillage identifié. On peut en déduire des indicateurs de performance environnementale.

Inventaire des parties sélectionnées

En fonction de l'inventaire réalisé au niveau du procédé, certaines parties du procédé / de l'installation peuvent demander une analyse plus poussée pour déterminer les options de prévention et de limitation. Il faut alors effectuer un inventaire plus détaillé qui se concentre sur les aspects ou les parties de procédé les plus importants.

4.1.6.2.1 Analyse des procédé de production destinée à la prévention et limitation de la consommation d'eau

Il faut commencer par analyser les entrées et les sorties d'eau de l'installation complète en tenant compte de l'utilisation et de la production de l'eau, y compris l'eau recyclée et réutilisée, l'eau composant le produit, par exemple les boissons, les conserves de fruits et légumes, ainsi que l'eau évaporée et l'eau consacrée au nettoyage. On distingue généralement la consommation totale de la consommation d'eau potable. La Figure 4.46 illustre la consommation d'eau globale et le niveau d'émissions d'une installation prise comme exemple.

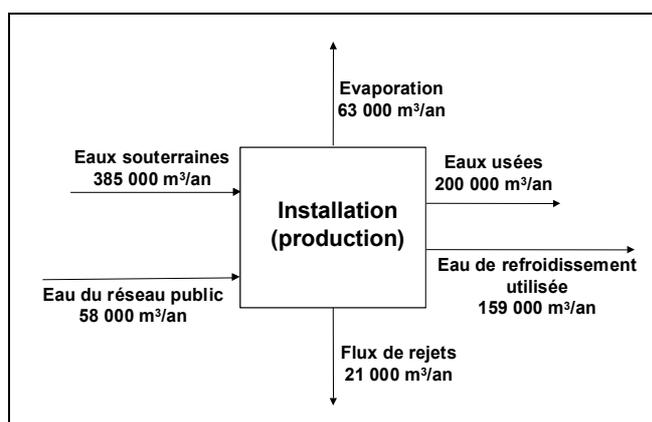


Figure 4.46 : Vue d'ensemble des entrées et des sorties d'eau d'un exemple d'installation [1, CIAA, 2002]

Ensuite, il faut mettre en place un système de surveillance après avoir sélectionné les postes où sera mesurée la consommation d'eau et avoir mis en œuvre un dispositif de collecte, traitement et consignation des données. Les données sont parfois faciles à obtenir à partir de mesures de flux existantes, de factures d'eau, des rejets d'eaux usées et de diverses données fournies pour l'obtention d'un permis. Il peut également s'avérer utile de donner une synthèse des coûts relatifs aux entrées et sorties d'eau, sources d'économies potentielles.

À partir des informations recueillies à ce stade, il est possible de déterminer les indicateurs de comparaison, dont voici quelques exemples :

- Consommation d'eau spécifique (m^3 eau / tonne de matières premières ou de produit fini)
- Rejets d'eaux usées spécifiques (m^3 eau / tonne de matières premières ou de produit fini)
- Ratio des dépenses en eau entre les entrées et les sorties d'eau
- Dépenses en eau par unité de produit
- Gaspillage d'eau exprimé en pourcentage de consommation d'eau.

Ces indicateurs de comparaison et, si possible, les comparer avec des indicateurs externes, peut donner une première indication si des économies sont possibles ou non.

Selon le type d'installation, on peut distinguer les divisions, les types de procédé et les principaux niveaux d'un procédé. Outre les procédés de production, le traitement de l'eau, le traitement des eaux usées et les activités de nettoyage doivent figurer dans l'inventaire pour permettre de déterminer toutes les économies potentielles.

Il arrive que les flux d'eau destinés aux principaux procédés et divisions sont déjà en cours d'étude. S'ils ne le sont pas, des compteurs peuvent être installés sur les circuits principaux, même provisoirement pour certains. Ou bien la consommation d'eau des divers procédés de production peut être estimée par exemple en se basant sur le volume de production ; toutefois, cette méthode donne des résultats moins fiables.

Sur la base des informations recueillies à ce stade, on doit pouvoir sélectionner les domaines à cibler dans le but d'économiser de l'eau. Cependant, certaines parties du procédé peuvent demander une analyse plus approfondie avant de définir les options d'économies. Il faut alors conduire un inventaire plus détaillé de ces parties. Les sections sélectionnées sont divisées en blocs logiques, à savoir les sections de procédé concernées, les unités d'exploitation, les équipements et les installations. Les entrées et sorties d'eau sont déterminées pour un bloc donné. De plus, il peut être important de caractériser dans la partie en question la fonction de l'eau, qui peut être par exemple de l'eau de transport, de l'eau de lavage, de l'eau entrant dans la composition du produit ou de l'eau de refroidissement.

Fréquemment, toutes les données requises à ce niveau détaillé n'existent pas. Vous pouvez compléter les données manquantes en exécutant des mesures supplémentaires, en les calculant à partir d'autres données ou même en procédant à des estimations. Cela dépend de l'importance du

flux d'eau en question par rapport au projet global. L'étude ne doit pas être plus détaillée que nécessaire pour ne pas perdre de temps et faire des dépenses d'inventaire inutiles. En outre, les parties de l'installation étudiées doivent pouvoir être physiquement définissables et porter des noms logiques reconnaissables. L'utilisation de plans et d'organigrammes pour chaque niveau et chaque partie de procédé peut faciliter la tâche, ainsi que le même type de présentation des données. Vous pouvez utiliser des logiciels de création d'organigrammes.

Chaque stade de procédé peut comporter une analyse des critères qualité de l'eau. En fonction de la nature du procédé, les critères les plus importants sont généralement la présence de matières organiques provenant des matières premières et des produits, la présence de substances auxiliaires, le comptage microbiologique, le pH, la teneur en chlore, la dureté et la teneur en fer et manganèse. Il est recommandé de regrouper les stades de procédé qui demandent la même qualité d'eau et de limiter les critères qualité entre 5 et 10. Les critères définis doivent faire en sorte que la qualité de l'eau ne détériore pas la qualité du produit fini. Il faut également établir la qualité des écoulements par chaque stade de procédé. Ces informations sont nécessaires pour décider s'il est possible de réutiliser l'eau, avec ou sans traitement intermédiaire.

Pour terminer, on peut parfois estimer la consommation d'eau minimale en prenant des indicateurs de comparaison externes à condition qu'il existe des données concernant des activités comparables. Une autre démarche consiste à déterminer la consommation d'eau minimale à partir des spécifications, par exemple celles fournies par le distributeur d'eau ou celles afférentes à diverses sections des lignes de procédé. La demande totale en eau requise par les différents procédés de l'installation entière donne un schéma théorique de consommation d'eau et permet d'élaborer des normes ou des objectifs.

4.1.6.2.2 Analyse des procédé de production destinée à prévenir et limiter la consommation énergétique

Les informations sur la consommation énergétique constituent un élément crucial pour déterminer où réaliser les meilleures économies d'énergie et permettre les améliorations les plus rentables. En outre, on s'appuie sur ces informations pour démontrer que l'installation est exploitée d'une manière performante et que les mesures d'économies énergétiques ont été prises dans les domaines les plus appropriés.

Il faut tout d'abord ventiler les informations par source énergétique. Outre l'électricité achetée, il faut inclure également le combustible converti en électricité sur le site, la chaleur créée directement par des sources externes, et les sources d'énergie renouvelable. On peut utiliser des chiffres énergétiques récents des douze derniers mois. Il est recommandé de convertir l'information en énergie primaire. Lorsque l'énergie provient d'une installation CHP (voir la section 4.2.13.1.1), le calcul de la consommation énergétique se base sur l'alimentation énergétique de l'installation, et non pas sur les unités produites par l'installation. Le Tableau 4.96 donne un exemple de fiche de travail qui montre comment ventiler la consommation énergétique.

Source énergétique	Consommation énergétique		
	Fournie	Primaire (kWh ou MWh)	% du total
Électricité	MWh		
Gaz	m ³		
Pétrole	Tonnes		
Vapeur importée	tonnes		
Énergie provenant de déchets / sources renouvelables	kWh (MJ)		
Divers, préciser			
Vapeur exportée	tonnes		
Électricité exportée	MWh		

Tableau 4.96 : exemple de fiche de travail qui ventile la consommation énergétique [1, CIAA, 2002]

Il faut ensuite procéder à l'analyse de la consommation énergétique des équipements, par division ou ligne de production. Il est préconisé de compléter les informations de consommation énergétique par des bilans énergétiques ou des organigrammes qui montrent l'utilisation de l'énergie d'un bout à l'autre du procédé. Vous pouvez avoir recours au diagramme Sankey pour représenter les situations où la conversion énergétique est étroitement intégrée aux activités de production (voir un exemple dans la section 4.2.13.1.1).

Pour terminer, la consommation énergétique spécifique (SEC) est analysée. Cette donnée est la quantité d'énergie consommée par unité de matières premières ou de produit.

4.1.6.2.3 Analyse des procédés de production destinée à prévenir et limiter la production de déchets

Chaque stade du procédé de production peut gaspiller des matières, de la réception à l'expédition. A titre d'exemple, on peut détecter du gaspillage suite à un stockage et une manipulation des matières inadéquats en faisant soigneusement l'inventaire des entrées et sorties à tous les stades du procédé, de la réception des matières premières à l'expédition des produits et aux traitements finaux. Ce gaspillage peut être ressenti ou réel. Le Tableau 4.97 donne quelques exemples de sources de gaspillage et des méthodes d'établissement d'un inventaire exact.

Exemple de sources de gaspillage de matières, réel ou ressenti	Solution
Absence de surveillance des entrées et sorties à tous les stades du procédé, de la réception des matières premières à l'expédition des produits et aux traitements finaux ; cette situation entraîne un gaspillage réel et ses causes et emplacements ne sont pas identifiés.	Réaliser une balance de masse
Les rendements spécifiques calculés qui déterminent la quantité de produits devant être fabriquée par unité de matières premières consommée ou la productivité relative qui donne le pourcentage de matières premières converti en produits ne sont pas atteints.	Calculer les rendements, fixer des indicateurs de comparaison puis s'y conformer
Remplissages exagérés ou insuffisants, ressentis ou réels, qui entraînent du gaspillage ou des non-conformités.	Installer et utiliser des compteurs, et les calibrer régulièrement.
Achats excessifs ou insuffisants, d'où la détérioration des stocks inutilisés.	Tenir les comptes à jour.
Le volume de matières a changé suite à des variations de température non prises en compte.	Utiliser des facteurs de conversion pour tenir compte des changements de volume dus à la température.

Tableau 4.97 : Exemples de causes de gaspillage de matières et méthodes d'établissement d'un inventaire exact.

[11, Agence de l'environnement d'Angleterre et du Pays de Galles, 2000]

A titre d'exemple, l'organigramme de procédé d'un site de production de lait liquide peut être complété par des balances de masse spécifiques, donnant ainsi globalement les postes de gaspillage de lait, comme le montre la Figure 4.47.

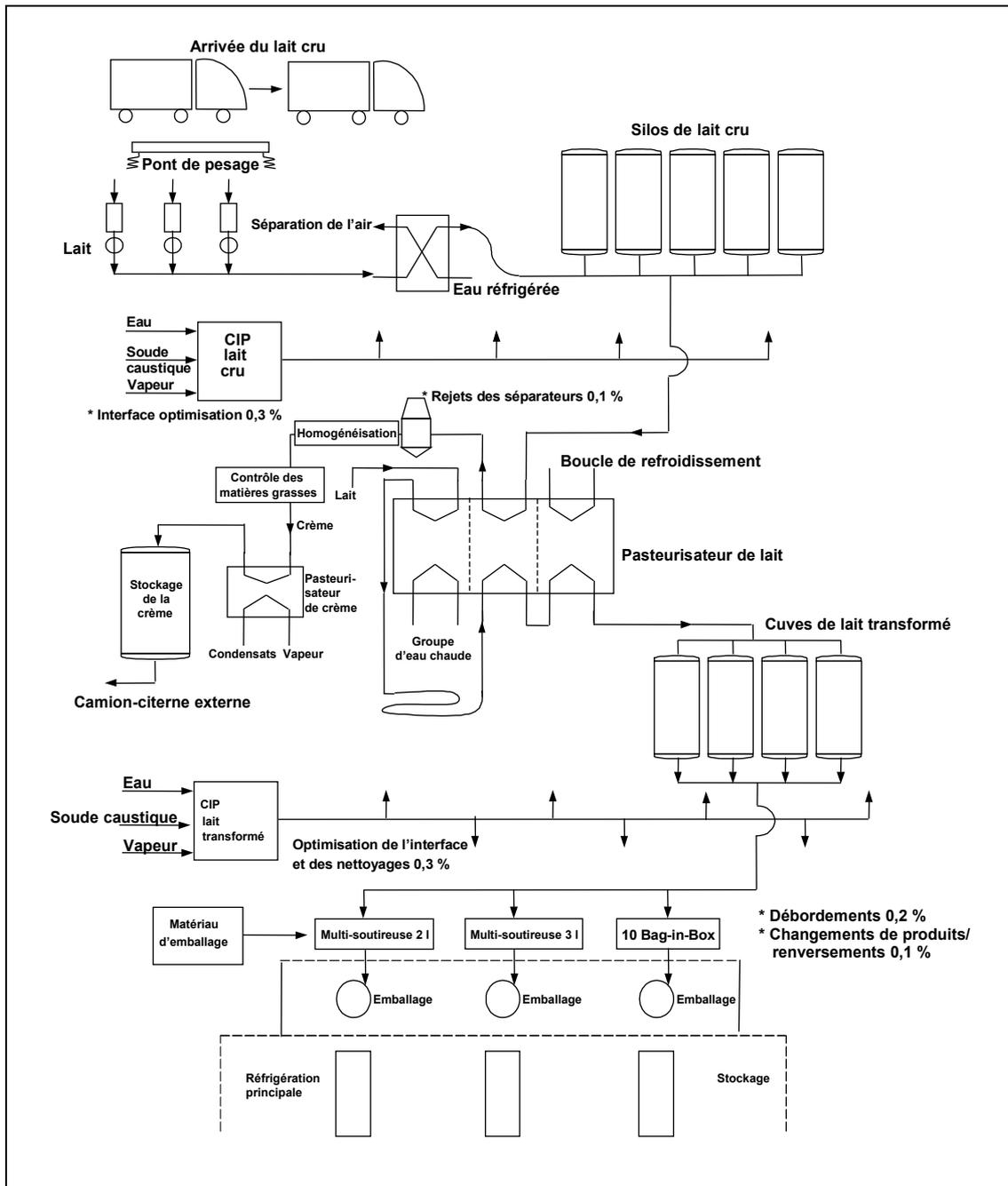


Figure 4.47 : Organigramme de procédé détaillé d'une production de lait liquide [11, Agence de l'environnement d'Angleterre et du Pays de Galles, 2000]

L'organigramme de procédé ci-dessus indique que le gaspillage total de lait brut par le procédé est compris entre 0,7 et 1,0 %, ce qui correspond aux bonnes pratiques de cette branche. Les principaux postes de gaspillage de lait indiqués dans l'organigramme sont repris dans le Tableau 4.98.

CIP lait cru et installations associées	0.3 %
Transformation – essentiellement des rejets du séparateur centrifuge	0.1 %
CIP produit fini et installations associées	0.3 %
Débordements lors du conditionnement	0.2 %
Modifications / déversements lors du conditionnement	0.1 %
Gaspillage total de lait cru*	1.0 %
* Cette analyse ne tient pas compte du lait de procédé récupéré, qui s'élève normalement à 1,5 % et qui est compté par les méthodes d'analyse du gaspillage	

Tableau 4.98 : Principaux postes de gaspillage de lait

4.1.6.3 Étape 3 : Analyse des objectifs

À partir de l'analyse faite à l'étape 2, on évalue les objectifs du programme de prévention et de réduction. Les objectifs englobent les postes de réduction, les limites et les délais impartis. Les objectifs doivent être mesurables et incorporés au plan du programme pour pouvoir vérifier si le programme se déroule selon les prévisions. Ces objectifs sont révisables en cours de procédé, lors de la mise en application même du programme de prévention et de réduction (voir l'étape 6).

4.1.6.4 Étape 4 : Définition des options de prévention et de réduction

Pour définir les mesures de prévention et de réduction de la consommation d'eau et d'énergie et de la production de déchets, il existe différentes approches, comme les séances de remue-ménages, les enquêtes menées en interne, les prestations de service externes et la technologie Pinch (voir la section 4.1.6.4.1).

La définition des options de prévention et de réduction est liée aux connaissances et la créativité de l'équipe de projet et de divers autres collaborateurs, caractéristiques résultant essentiellement de leur expérience. On peut souvent aboutir à plusieurs solutions en analysant avec soin la cause du problème.

Selon une autre approche, des collaborateurs affectés à différents secteurs de l'entreprise se réunissent pour discuter des solutions à des problèmes précis dans un contexte ouvert et informel, à l'occasion de séances de remue-ménages.

D'autres solutions peuvent être proposées par un consultant possédant un savoir-faire spécifique et qui réalisera une inspection des lieux.

Concrètement, de nombreuses mesures peuvent être prises dans le secteur FDM pour réduire la quantité d'eau consommée, par exemple en supprimant l'utilisation d'eau, en optimisant le contrôle des procédés (voir la section 4.1.8), en recyclant et réutilisant l'eau, un nettoyant et en entretenant convenablement l'installation (voir la section 4.1.5). Le Tableau 4.99 propose quelques exemples de mesures d'économie d'eau.

Mesure d'économie d'eau	Réduction-type de la consommation du procédé (%)
Recyclage de l'eau en circuit fermé	90 max.
CIP (nouveau)	60 max.
Réutilisation de l'eau de lavage	50 max.
Rinçage à contre-courant par ex. dans le CIP	40 max.
Nettoyage adéquat	30 max.
Optimisation du CIP	30 max.
Modernisation des pulvérisateurs / jets	20 max.
Brosses / raclettes	20 max.
Coupure automatique	15 max.

Tableau 4.99 : Réductions-type de la consommation d'eau [23, Envirowise (UK) et Dames & Moore Ltd, 1998]

Pour définir les mesures d'efficacité énergétique, on note que les procédés de production, l'eau du service public et les bâtiments doivent être étudiés séparément. Un grand volume d'information sur les techniques de rendement énergétique est offert par diverses sources publiques. Cependant, les techniques disponibles sont étroitement liées au site et à la nature du procédé. De manière générale, les économies énergétiques totales résultent d'économies modestes réalisées dans plusieurs domaines. A titre d'exemple, il est possible de réduire la consommation de 25 % maximum en améliorant les tâches de nettoyage (voir la section 4.1.7.11) et en réglant finement les procédés. L'utilisation d'équipements plus économes en énergie, la récupération de la chaleur, et la production chaleur - puissance (CHP) (voir la section 4.2.13.1.1) peuvent

également accroître les économies. Un fabricant de pâtes alimentaires a démontré qu'un meilleur rendement énergétique de l'une de ses chaudières, de 85 à 90 %, pouvait entraîner une réduction de 5,56 % des émissions de CO₂ (en prenant un facteur de conversion de 84,6 kg CO₂/GJ).

De nombreuses mesures destinées à réduire les retombées sur l'environnement, comme la baisse de la consommation énergétique, n'ont aucun effet sur d'autres émissions polluantes associées à l'installation. Ces mesures peuvent être envisagées comme mesure « autonomes » et sont évaluées par rapport aux avantages économiques et environnementaux qu'elles apportent.

D'autre part, certaines mesures peuvent avoir des effets positifs ou négatifs sur d'autres sujets environnementaux ; dans ce cas, il faut prendre en compte les impacts environnementaux les plus larges. S'il faut faire un compromis, par exemple entre la consommation d'énergie et d'autres objectifs environnementaux, on doit réaliser une analyse qui prend en compte les coûts et les avantages environnementaux pour justifier l'application des mesures appropriées.

4.1.6.4.1 Technologie Pinch

Description

Le terme « technologie Pinch » fait référence à une méthodologie introduite dans l'étude des procédés et la conservation d'énergie. Toutefois, son usage s'est développé dans les secteurs de la consommation d'eau et de la réduction des déchets.

La technologie Pinch de l'énergie est une méthode d'analyse qui détermine la meilleure utilisation du transfert thermique de courants d'eau chaude, qui doivent être refroidis, vers des courants froids, qui doivent être réchauffés. L'analyse Pinch fournit une approche systématique d'analyse des réseaux énergétiques et d'amélioration du rendement énergétique des procédés industriels. Cette analyse fait appel à une représentation graphique des flux énergétiques au sein du procédé et des flux du service public dans le but de déterminer la quantité minimum d'énergie et le système énergétique demandés par les spécifications du procédé. Cette technique utilise des diagrammes d'enthalpie de température pour caractériser les courants chauds et froids disponibles pour le transfert thermique. La somme des courants chauds et froids d'un procédé peut être illustrée par un diagramme similaire qui permet de déterminer la température Pinch. Cette information peut servir à définir les stades de procédé où la récupération de chaleur est possible et dans quelle mesure. En outre, on peut déterminer les minima froids et chauds de l'eau du service public. Pour mettre en place ces minima, il faut installer un réseau d'échange thermique. L'analyse Pinch donne le modèle conceptuel optimal.

L'analyse Pinch pour l'eau est un outil puissant qui permet de définir les opportunités de réutilisation, de recyclage et de régénération de l'eau dans le cadre d'une installation ou d'un procédé. L'analyse Pinch pour l'eau fait appel à des algorithmes complexes pour identifier et optimiser les meilleures options de réutilisation, régénération et traitement des effluents. Les concepts de base sont les mêmes que ceux de la récupération de chaleur. Le débit de l'eau et sa teneur en polluant sont pris en considération, constituant les entités dénommées sources et évacuations.

Avantages environnementaux

Baisse de la consommation énergétique et des émissions atmosphériques associées. Réduction des rejets thermiques dans l'atmosphère ou dans l'eau. Optimisation de la réutilisation de l'eau, en tenant compte des critères qualité de chaque application. Utilisation d'eau potable et rejet d'eaux usées minimales. Réduction des déchets.

Données d'exploitation

Dans un exemple de raffinerie d'huile comestible, la technologie Pinch a été appliquée pour analyser si une nouvelle méthode de raffinage serait plus efficace que la précédente en matière d'énergie. L'ancienne méthode utilisait de la vapeur pour le chauffage de procédé et de l'eau de rivière pour le refroidissement. L'analyse a révélé que le point Pinch était de 55 °C. Elle a permis de mettre sur pied une stratégie de récupération thermique. Par ailleurs, elle a révélé que les procédés par charges successives existants conduiraient à une disparité entre les périodes d'offre et de demande thermique, rendant difficile l'échange thermique direct entre un grand

nombre de flux de procédé chauds et froids. Un matériau de transfert / stockage thermique devait être choisi avant de réaliser un quelconque projet d'intégration des procédés. On a élaboré un réseau de récupération thermique en choisissant l'eau comme moyen de transfert et de stockage thermique. Ce système a été une formidable réussite et n'a pas entravé les capacités et la souplesse de production. En outre, le recours au réseau public, basé sur trois températures d'eau (30, 55 et 95 °C) et quatre réservoirs thermiques, a permis d'intégrer avec succès des procédés par charges successives dissociés.

Au bout de deux ans, la raffinerie d'huile alimentaire a réalisé une autre analyse Pinch qui démontra que le point Pinch s'était déplacé et que des changements opérationnels étaient envisagés. Après l'analyse Pinch, la consommation énergétique a diminué de 35 % et les émissions de CO₂ de 16 700 t/an. Le volume de rejet thermique dans la rivière avait également reculé.

Domaine d'utilisation

L'analyse Pinch est appliquée avec succès à l'industrie des procédés chimiques et aux raffineries. Elle peut également s'avérer utile auprès des installations FDM plus grandes et plus complexes. Dans le cadre d'opérations relativement simples, les solutions qu'elle apporte ne sont ni meilleures ni plus nombreuses que celles provenant d'autres méthodes. Par ailleurs, la méthode est difficile à appliquer aux procédés par charges successives et elle ne tient pas compte de la consommation électrique.

Données financières

Le Tableau 4.100 répertorie les dépenses et les économies enregistrées par un exemple de raffinerie d'huile alimentaire en appliquant la technologie Pinch.

Dépenses définies par l'analyse Pinch (EUROS)	
Honoraires de conseil pour l'analyse Pinch	32000
Dépenses en personnel interne pour l'analyse Pinch	16000
Mise en oeuvre des recommandations de l'analyse Pinch	3066000
Jonction avec l'installation adjacente pour exportation thermique	203000
Coûts d'exploitation annuels du réseau d'eau public	84000
Coût total	3401000
Économies réalisées par l'analyse Pinch (EUROS)	
Réduction des dépenses énergétiques	1145000
Vente de chaleur excédentaire	90000
Économies nettes	1235000

Tableau 4.100 : Dépenses et économies communiquées par un exemple de raffinerie d'huile comestible en appliquant la technologie Pinch

Arguments motivant la mise en application

Réduction des coûts.

Exemple de site

Raffinerie d'huile comestible au Royaume-Uni appliquant la technologie Pinch pour réduire les dépenses énergétiques.

Bibliographie de référence

[1, CIAA, 2002, 237, Caddet, 1999]

4.1.6.5 Étape 5 : Réalisation d'une évaluation et d'une étude de faisabilité

L'évaluation et l'étude de faisabilité ont pour but d'évaluer les options proposées et de sélectionner les mieux appropriées. Les options sont toutes évaluées en fonction de leurs avantages techniques, financiers et environnementaux. L'importance de l'étude dépend de la nature de l'option.

Généralement, la méthode la plus rapide et la plus aisée pour évaluer différentes options consiste à mettre sur pied une équipe de projet composée d'employés et de cadres, et d'examiner les options possibles une à une. Cette procédure donne une idée juste des projets réalisables et des informations complémentaires nécessaires à des évaluations plus approfondies.

Évaluation technique

Les impacts que peuvent avoir les options proposées sur les produits, les procédés de production et les questions sanitaires et de sécurité doivent être évalués avant de décider des actions à prendre, qui peuvent être complexes et onéreuses. De plus, des essais de laboratoires ou des essais pilote peuvent s'avérer nécessaires lorsque les options modifient les procédés existants de manière significative.

Évaluation financière

L'objectif de cette étape vise à évaluer les performances financières des options proposées. En effectuant l'analyse financière, les coûts du changement sont comparés aux avantages environnementaux et aux économies réalisables. En réalité, la viabilité financière est souvent le facteur qui détermine prioritairement la mise en œuvre d'une option.

Évaluation environnementale

L'objectif de l'évaluation environnementale vise à déterminer les impacts positifs et négatifs de l'option sur l'environnement. Très souvent, les avantages environnementaux sont évidents, à savoir une réduction de la consommation d'eau et d'énergie ou bien de la production de déchets. Dans certains cas, il peut être nécessaire d'évaluer si par exemple une consommation électrique accrue compenserait l'avantage environnemental apporté par une baisse de la consommation d'eau. Un exemple de technique produisant des impacts environnementaux positifs et négatifs, à savoir une baisse de la consommation d'eau et une augmentation de la consommation électrique, remplace le refroidissement à passage unique par un système de refroidissement en circuit fermé comportant un équipement de réfrigération.

4.1.6.6 Étape 6 : Mise en œuvre du programme de prévention et de réduction

Le recours à un plan d'action garantit l'application des options sélectionnées. Ce dernier peut répertorier les activités à réaliser, les ressources exigées, les personnes responsables des différentes activités et les délais prévus. Il est important d'évaluer l'efficacité des mesures mises en œuvre et de surveiller et analyser périodiquement les résultats (voir la section 4.1.6.7).

Pour mettre en application les options, il faut élaborer et mettre en place un plan d'actions et d'intervention, en adoptant de préférence une démarche pas à pas. Le plan d'actions doit comporter des objectifs de réduction de la consommation et des émissions qui soient réalistes et réalisables. Ces objectifs ont été auparavant validés par les dirigeants de l'entreprise. Pendant la mise en œuvre du plan d'actions, faire participer l'ensemble du personnel et le tenir régulièrement informé contribue à entretenir la dynamique, tout en encourageant les collaborateurs à être à l'affût d'idées et d'initiatives nouvelles. Il faut analyser périodiquement le progrès accompli par rapport aux objectifs.

Concrètement, la liste suivante énumère les étapes essentielles qui permettent de définir les objectifs des mesures de rendement énergétique :

- Note de la consommation énergétique à intervalles réguliers ;
- Rapprochement de la consommation énergétique et des activités de production et / ou des autres paramètres concernés ;
- Mise en place d'objectifs pour la consommation énergétique ;
- Comparaison de la consommation énergétique réelle par rapport aux objectifs ;
- Rédaction de rapports ;
- Intervention si la consommation énergétique réelle s'écarte nettement de la consommation ciblée.

Comme il n'est pas toujours aisé de définir des objectifs réalistes, on peut adopter l'approche qui consiste à sélectionner des chiffres inférieurs à la moyenne, par exemple 10 % plus bas. Une autre approche consiste à déterminer le niveau de consommation énergétique minimum en s'appuyant sur les spécifications des divers postes des lignes de procédé.

4.1.6.7 Étape 7: Surveillance permanente par des mesures et des inspections visuelles

Description

Il est important d'évaluer l'efficacité des mesures mises en oeuvre pour réduire la consommation et les taux d'émissions, ainsi que de surveiller et d'analyser périodiquement les résultats. Les paramètres à surveiller dépendent des procédés de production, des matières premières et des produits chimiques utilisés dans l'entreprise. La fréquence de surveillance des paramètres diffère considérablement en fonction des besoins et des risques posés à l'environnement, ainsi que de la méthode de surveillance adoptée. Si un problème est détecté, des mesures correctives et préventives peuvent être prises. En outre, l'introduction de produits ou procédés nouveaux peut avoir un effet positif ou négatif sur la consommation et / ou les taux d'émissions, ce qui peut obliger à adapter les techniques pour réduire ces effets.

La surveillance peut prendre plusieurs formes selon le contexte. Elle peut consister à mesurer les paramètres physiques et chimiques, et s'accompagner d'une inspection visuelle. S'il faut surveiller les niveaux d'eaux usées en continu, il faudra faire des relevés. Une surveillance visuelle régulière et fréquente peut compléter les relevés de consommation d'eau. A titre d'exemple, la mise en place d'une procédure de service qui définit les inspections visuelles et le traitement de l'eau et des eaux usées au sein de l'installation peut être intégrée à un programme de reconnaissance des domaines à améliorer et des besoins de maintenance.

Des informations supplémentaires sur la surveillance sont présentées dans le "Document de référence sur les principes généraux de surveillance" [96, EC, 2003].

Avantages environnementaux

En effectuant une surveillance continue, l'efficacité de la mesure choisie peut être vérifiée périodiquement pour savoir si la mesure atteint les objectifs fixés, tels que les niveaux de consommation et d'émissions définis. Des résultats inférieurs aux prévisions peuvent ainsi être détectés et corrigés. Par ailleurs, la surveillance fait apparaître des tendances et permet d'identifier les zones qui doivent être améliorées en priorité.

Données d'exploitation

Un exemple de fabricant d'amidon transforme le maïs en amidon, en dérivés d'amidon et en glucose destinés à la fois aux secteurs alimentaire et non alimentaire. En surveillant et analysant systématiquement ce procédé, l'entreprise a l'intention de réduire la consommation énergétique du site. Les économies annuelles équivalent à 3 millions de m³ de gaz naturel (95 TJ), ce qui correspond à une réduction d'environ 10 %.

Auparavant, la consommation énergétique du site d'amidon était déterminée à partir de mesures aléatoires ou de données fournies par le distributeur d'énergie. L'utilisation de l'énergie par les différents stades de production et leurs produits respectifs était calculée à partir de ces chiffres, ce qui donnait seulement un aperçu de la consommation énergétique réelle et ne suffisait pas pour améliorer le rendement énergétique de l'installation. Par conséquent, on a mis en place sur ce site un système de surveillance qui mesure et enregistre la consommation énergétique de plusieurs stades de procédé. Le procédé de production a été divisé en unités d'exploitation séparées. Chaque unité correspond à la fabrication d'un produit en particulier ou d'un groupe de produits. Les flux énergétiques d'un module donné sont mesurés en temps réel. Les mesures permettent de déterminer à la fois les flux énergétiques à un moment donné et la consommation sur une durée prolongée.

Ce nouveau système a permis de comparer la consommation énergétique réelle et théorique de l'usine d'amidon ; on a ainsi pu optimiser les procédés lorsque la différence n'était pas satisfaisante. De plus, après avoir comparé la consommation énergétique mesurée avec celles

des unités d'exploitation semblables des autres sociétés du groupe, le système peut modifier les unités de procédé pour obtenir le modèle conceptuel le plus favorable.

Le nouveau système de surveillance mesure en continu les flux d'eau, de vapeur, de gaz naturel et d'électricité des modules. Les informations recueillies sont transmises à un ordinateur central qui les convertit en tableaux et en graphes distribués ensuite aux personnes concernées.

Sous sa forme actuelle, le système enregistre et communique uniquement la consommation énergétique réelle du site. On calcule encore manuellement la consommation énergétique de production. L'analyse des données se base sur des comparaisons avec les anciennes données de consommation énergétique dans des conditions semblables.

Au Royaume-Uni, un exemple d'activité laitière a installé un système de surveillance et de contrôle des objectifs pour contribuer à réduire les coûts et à accroître la rentabilité. Plusieurs compteurs ont été installés sur le site pour mesurer la consommation d'électricité, de pétrole et d'eau. Après avoir entré les relevés des compteurs dans le système, ce dernier produit des chiffres qui permettent à l'entreprise de cerner les postes de gaspillage et d'adopter des actions correctives. Dans cet exemple, le principe du système a été démontré sans ambiguïté, enregistrant des améliorations constantes du rendement énergétique. L'entreprise a constaté des économies d'énergie et d'eau du service public substantielles. Réalisées avec peu de capitaux, ces économies ont été possibles en partie grâce à la forte motivation de l'ensemble des collaborateurs.

Domaine d'application

Largement applicable au secteur FDM.

Données financières

Les coûts d'investissements globaux de l'exemple de site d'amidon se sont élevés à 700 000 euros. Soit un prix du gaz à 0,095 euros/m³, les économies annuelles s'élèvent à 284 000 euros, Le projet a donc été amorti en deux ans et demi environ.

Arguments motivant la mise en application

Réduction des coûts et hausse de rentabilité.

Exemple de sites

Fabricant d'amidon aux Pays-Bas et une activité laitière au Royaume-Uni.

Bibliographie de référence

[1, CIAA, 2002, 96, EC, 2003, 150, Unione Industriali Pastai Italiani, 2002, 181, EC, 2003, 240, CADDET, 1997]

4.1.7 Techniques de gestion de la production

4.1.7.1 Adoption d'un planning de production destiné à réduire à un minimum la production de déchets et la fréquence des nettoyages

Description

L'établissement d'un calendrier de production judicieux visant à réduire le nombre de changements de produits et donc le nombre de « nettoyage de changement » peut faire reculer la production de déchets et d'eaux usées ainsi que la consommation d'eau. Si, au lieu de fabriquer le même produit deux fois ou plus, on peut le faire en un seul lot, cette méthode réduit le nombre de changements. La séquence de production peut également influencer le nombre de nettoyage de changement et leur importance.

Si une installation fabrique des produits différents ou le même produit mais doté de parfums ou de couleurs différentes, les équipements et le site doivent être nettoyés entre les produits en fonction des différences présentées par les spécifications produit et le risque de contamination entre les produits. Ceci peut être important pour des raisons de sécurité alimentaire, par exemple lors de l'élaboration de plats préparés avec des ingrédients qui peuvent provoquer des allergies,

comme l'arachide, ou bien pour des questions de parfum ou de couleur, comme passer du yaourt aux mures au yaourt aux pêches.

S'il faut retirer des résidus dans les équipements entre les produits, ces résidus peuvent entrer dans la composition de produits dérivés ; dans le cas contraire, ils seront mis en décharge. Si le nombre de changements est faible, la quantité de résidus enlevée peut être réduite, optimisant simultanément la proportion globale de matières premières utilisées dans le produit final. De même, les quantités d'eau, d'énergie et de substances chimiques utilisées dans les « nettoyages de changement » diminuent.

Avantages environnementaux

Baisse de la consommation d'eau, d'énergie et de substances chimiques ; production de déchets et d'eaux usées réduite.

Domaines d'application

Applicable aux installations FDM où les mêmes équipements sont utilisés pour plusieurs produits et où le mélange des produits est interdit par la réglementation ou pour des raisons de sécurité alimentaire ou de qualité.

Arguments motivant la mise en application

Baisse de la consommation d'eau, d'énergie et de substances chimiques ; production d'eaux usées et de déchets réduite, ainsi que les frais liés.

4.1.7.2 Réception des matières en vrac

Description

De nombreuses matières, destinées soit à l'utilisation directe par le procédé, soit à des activités secondaires telles que les agents de nettoyage, peuvent être livrées en vrac. Elles sont alors stockées dans des silos ou des conteneurs multi-usage ou bien utilisées directement dans des emballages multi-usage à la place d'emballage à usage unique.

Avantages environnementaux

Éviter d'utiliser certains matériaux d'emballage et réutiliser ceux utilisés.

Interactions entre les milieux

Si des conteneurs vides sont rendus sans avoir été nettoyés, il n'y a pas de contamination entre les différentes matières.

Données d'exploitation

Beaucoup de matières premières FDM sont livrées dans des camions citernes et stockées dans des silos pour être utilisées directement par le procédé. Citons par exemple les graines pour la meunerie, la brasserie et la fabrication d'alimentation animale, la farine pour l'industrie boulangère et la confiserie, la semoule pour les pâtes alimentaires, le sucre pour les bonbons et le lait pour produire du lait de consommation, du lait en poudre, du beurre, du fromage, des yaourts et divers produits laitiers. Le stockage en silo est conçu de sorte que les matières solides reçues en premier et emmagasinées par le haut du silo sont utilisées en premier par le bas du silo. Les liquides tels que le lait sont utilisés en vrac. Les problèmes de durée de conservation sont ainsi éliminés en contrôlant la réception, le stockage et l'utilisation.

Dans le secteur FDM, les produits chimiques destinés au nettoyage, tels que les agents caustiques, sont livrés essentiellement en camions citernes et stockés dans des cuves de vrac, ou bien livrés et utilisés directement à partir de conteneurs de vrac intermédiaires. Ce cas se rencontrent notamment lorsque ces produits chimiques sont destinés au CIP, comme dans les activités de produits laitiers et les brasseries.

Pendant la transformation de viande hachée, des épices sont souvent utilisées par lot prépesé. Elles sont habituellement stockées dans des sacs en plastique qui sont jetés une fois vidés. Pour utiliser le moins possible de matériaux d'emballage, on peut procéder au dosage automatique des épices à la sortie du conteneur de vrac.

Domaines d'utilisation

Largement applicable lorsque les ingrédients ou les détergents sont livrés en vrac.

Données financières

Généralement, c'est plus rentable d'acheter des matières et des produits chimiques en vrac qu'en petites quantités.

Arguments motivant la mise en application

Programmes de prévention et de recyclage des déchets et matériaux d'emballage, législation sur la santé et la sécurité, afin de réduire à un minimum l'exposition aux substances dangereuses pour la santé, ainsi que les accidents dus à la manipulation des matières.

Exemples de site

Largement utilisé dans le secteur FDM, tels que dans les minoteries, meuneries, boulangeries, confiseries, usines de pâtes alimentaires et de produits laitiers.

Bibliographie de référence

[31, VITO, et al., 2001, 41, Nordic Council of Ministers, 2001]

4.1.7.3 Réduction des durées de stockage des matières périssables

Description

Les matières premières, les ingrédients intermédiaires, les produits dérivés, les produits et les déchets peuvent tous être stockés le moins longtemps possible. En tenant compte de leur nature, de la durée de conservation, des caractéristiques odorantes initiales, de la rapidité à laquelle ils se biodégradent et créent des odeurs gênantes, on peut faire appel à la réfrigération. Transformer les produits le plus vite possible et réduire les durées de stockage peut augmenter qualité et rendement, et donc la rentabilité du procédé.

Si les stocks sont réduits à un minimum pour éviter le vieillissement / pourrissement et que les matières sont transformées le plus vite possible, on peut alors réduire le gaspillage. Cette démarche demande de planifier et de surveiller l'approvisionnement, la production et l'expédition des matières et des produits finis, des matériaux destinés aux utilisateurs en aval et des déchets. L'utilisation ou l'expédition rapide des matières premières ou des matières partiellement transformées peut réduire le gaspillage résultant de la décomposition, ainsi que le besoin de réfrigération. La séparation et l'enlèvement des déchets le plus tôt possible de l'installation peut éviter les problèmes d'odeur.

En tenant compte des aspects d'hygiène, de sécurité alimentaire, de durée de conservation et de qualité des produits, on peut économiser de l'énergie pendant les traitements avec ajout de chaleur, en sortant par avance les aliments des chambres froides, permettant ainsi à leur température de monter. De même, si la température des aliments destinés à des traitements à froid ne doit pas augmenter en début de traitement, on peut économiser de l'énergie pendant le procédé de refroidissement.

Avantages environnementaux

Moins de déchets provenant des matières premières, des matières semi-transformées et des produits finis. Diminution des odeurs et de la consommation énergétique destinée à la réfrigération.

Données d'exploitation

Pour optimiser les exigences régulant le gaspillage et la réfrigération des matières, une coopération doit s'instaurer entre les fournisseurs de matières premières et d'autres ingrédients et les fournisseurs de matériaux secondaires demandés par le procédé, tels que l'emballage. On peut envisager la signature de contrats qui déterminent le prix payé aux fournisseurs, en fonction de la qualité par exemple des matières premières vendues.

Comme les fruits et légumes sont des végétaux comestibles mous ayant une teneur en eau élevée, ils sont périssables à l'état frais. Pour éviter le gaspillage, on peut les transformer immédiatement et supprimer la phase de stockage.

Le poisson est rapidement périssable en comparaison avec d'autres denrées alimentaires, et il faut généralement le réfrigérer ou le conserver dans de la glace dès qu'il est pêché, pour éviter qu'il ne se décompose et sente mauvais, et pour optimiser la qualité du produit et la productivité. Le gaspillage de produits contribue également à générer des déchets solides et liquides. Une transformation rapide réduit le volume de déchets, les odeurs et la consommation énergétique liée à la réfrigération et la fabrication de glace. Elle permet par ailleurs de destiner le poisson à des produits qui se vendent plus chers, comme les filets frais, salés ou fumés.

En raison de sa nature rapidement périssable, le lait est conservé dans des glacières pour lait en vrac à la ferme. Un traitement thermique rapide et une transformation supplémentaire réduisent le gaspillage.

Si les matières semi-transformées sont expédiées le plus tôt possible de l'entreprise FDM vers une autre où elles subiront d'autres traitements, les conditions de réfrigération de la première peuvent alors être moins sévères, et les déchets seront réduits sur le site de la seconde en optimisant le rendement d'ingrédients fraîchement transformés.

Domaines d'application

Applicable aux installations FDM qui manipulent, stockent et transforment des matières périssables.

Données financières

D'ordinaire, une grande partie du coût de fabrication du secteur FDM provient des matières premières. Les conséquences économiques de la génération de déchets ne se limitent pas aux coûts de mise en décharge même, mais elles entraînent également par exemple un gaspillage de matières premières, un gaspillage de production et des frais de main-d'œuvre supplémentaires. Réduire le stockage réfrigéré fait baisser les dépenses énergétiques associées.

Arguments motivant la mise en application

Optimisation de la qualité et du rendement des matières premières, baisse des coûts de mise en décharge, réduction des conditions de réfrigération et prévention des problèmes d'odeur.

Exemples de site

Largement utilisé dans le secteur FDM.

Bibliographie de référence

[1, CIAA, 2002, 11, Environment Agency of England and Wales, 2000, 31, VITO, et al., 2001, 134, AWARENET, 2002]

4.1.7.4 Transport à sec de matières solides

Description

De nombreux coproduits, produits dérivés et déchets peuvent se transporter sans eau. Cette méthode réduit le passage de matières organiques dans l'eau, qui serait sinon traitée soit sur le site ou dans la SEEUM, soit expédiée pour l'épandage.

Avantages environnementaux

Diminution de la consommation d'eau, de la génération d'eaux usées et de la pollution. Meilleur potentiel de récupération et de recyclage des substances générées lors du procédé qui peuvent se vendre très souvent comme alimentation animale.

Données d'exploitation

On a remarqué que les os et la graisse provenant du désossage, du parage, du dégraissage et du dénervage de produits carnés pouvaient être recueillis et transportés à sec. Ces sous-produits peuvent être destinés à la consommation humaine. A titre d'exemple, certains postes de désossage utilise un long bac avec un convoyeur à vis placé sous une table large pour acheminer

la graisse et la viande, et un convoyeur à tapis pour acheminer les os. La graisse séparée peut alors être fondue et les os réservés à la fabrication de gélatine.

Dans le secteur du poisson, on rapporte que les systèmes de transport à sec ont été employés dans différents pays, comme au Danemark et au Royaume-Uni. Concrètement, on peut en principe se passer de l'eau si la peau est retirée par des tambours à vide ou lieu d'utiliser de l'eau. En outre, des tapis de transport à grille fine collectent les déchets et les séparent des eaux usées, faisant ainsi baisser la DCO. D'autres systèmes de transport à sec utilisés dans ce secteur englobent l'enlèvement des abats par le vide ou à l'aide de convoyeurs après avoir fileté et éviscéré les poissons. Les systèmes de transport à sec sont également employés dans la transformation des crustacés et des mollusques pour collecter les déchets solides. Pour obtenir des informations complémentaires, voir les sections 4.7.2.3 à 4.7.2.6.

Dans le secteur des fruits et légumes, les systèmes de transport à sec servent à enlever les matières premières triées, non traitées ou partiellement traitées, les peaux et les résidus de coupe. Des convoyeurs mécaniques peuvent remplacer les canalisations de transport hydraulique. Si cela est impossible, on peut éventuellement réduire les volumes d'eau utilisés. L'utilisation de canalisations de transport peut être rationnelle si elle est associée à la phase de lavage. A titre d'exemple, le transport hydraulique peut être associé au lavage des betteraves à sucre et des pommes de terre destinées à la production d'amidon. En outre, ces procédés utilisent l'eau extraite des matières premières. Une fois traitée, l'eau de transport est réutilisée pour par exemple retirer des matières solides, comme de la terre. Le transport hydraulique peut également s'avérer indispensable pour acheminer certains fruits et légumes, évitant ainsi de les endommager mécaniquement, comme par exemple les tomates, les petits pois, les artichauts et les champignons.

Domaines d'application

Applicable aux secteurs du poisson et des fruits de mer, de la viande, des fruits et légumes.

Données financières

Consommation d'eau et charge des eaux usées réduites. Les produits dérivés se vendent plus chers car ils contiennent moins d'eau, par exemple en tant qu'alimentation animale.

Arguments motivant la mise en application

Normes sanitaires améliorées. Diminution de la consommation d'eau, traitement des eaux usées réduit ; moindre consommation de détergents et diminution des dépenses.

Exemples de site

Cinq sites danois dédiés au filetage des harengs et une entreprise de traitement des poissons au Royaume-Uni.

Bibliographie de référence

[13, Environment Agency of England and Wales, 2000, 28, Nordic Council of Ministers, 1997, 31, VITO, et al., 2001, 58, Envirowise (UK), 1999, 74, Greek Ministry for the Environment, 2001, 134, AWARENET, 2002, 147, Lehman N. and Nielsen E.H, 2002, 181, EC, 2003]

4.1.7.5 Création d'une équipe de gestion des déchets

Description

Le volume de déchets peut baisser en utilisant rationnellement les matières premières, en pratiquant parallèlement le tri des déchets pour pouvoir recycler les matières qui seraient sinon envoyées dans les effluents mixtes. La création d'une équipe uniquement chargée de la réduction des déchets contribue à centrer l'attention sur la réduction à un minimum des déchets, indépendamment des autres préoccupations de l'entreprise. Cette démarche sera plus efficace si elle est associée à la pratique plus courante qui consiste à inscrire la réduction des déchets dans les responsabilités des équipes de production et comme objectifs de l'équipe qualité. De plus, ça signale clairement que l'entreprise prend cette question au sérieux.

Concrètement, l'équipe peut participer à l'étude de nouveaux équipements, tels que les lignes de production, ce qui assure que les ingénieurs recherchent des moyens de réduire les déchets dès la phase d'étude.

Il est possible d'afficher à un endroit bien en vue dans l'entreprise des chiffres quotidiens relatifs aux déchets, comparant les performances des opérateurs et l'objectif quotidien, indiquant l'origine des déchets ainsi que les actions entreprises pour les limiter. Un rapport hebdomadaire peut être envoyé aux dirigeants pour qu'ils soient compétents dans ce domaine lorsqu'ils s'adressent à leurs équipes.

On rapporte que, dans un exemple d'installation, il a été mis en place une procédure simple selon laquelle tout incident créant plus de deux tonnes de déchets était consigné par les opérateurs, une enquête était réalisée et des mesures étaient prises pour éviter que l'incident ne se reproduise.

Traiter moins de déchets peut également améliorer l'hygiène et la sécurité des décharges.

On peut définir d'autres objectifs visant une amélioration continue.

Avantages environnementaux

Recul important de la production de déchets solides et de l'impact environnemental lié à la décharge.

Données d'exploitation

L'exploitation de cette procédure par un exemple d'activité d'aliments pour animaux de compagnie a fait baisser le volume de déchets de 50 % sur une période de huit mois. Cette baisse est restée constante. Les effets sur l'environnement ont singulièrement reculé, accompagnés d'une diminution des dépenses très importantes en réduisant les pertes et le gaspillage de matières premières. La Figure 4.48 présente les chiffres liés à la réduction des déchets.

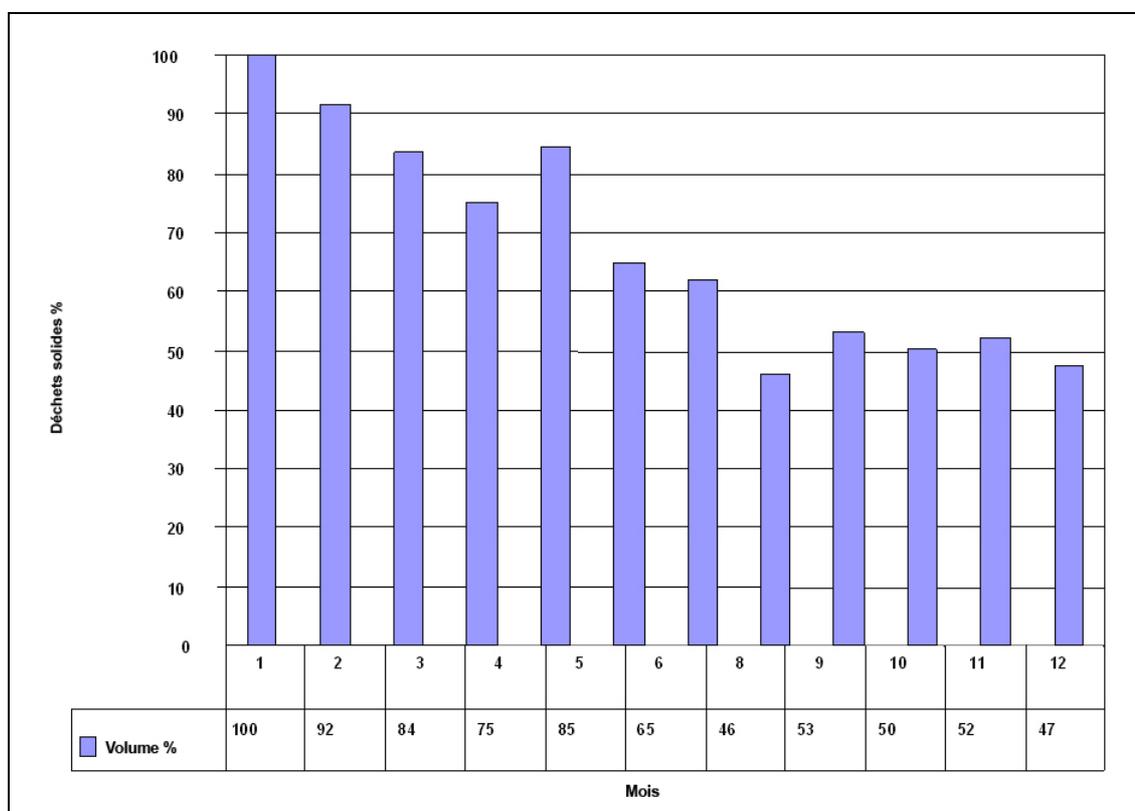


Figure 4.48 : Réduction des déchets dans la production d'aliments pour animaux de compagnie

Dans un exemple d'installation, l'entreprise était sur le point de changer plusieurs avoirs significatifs. L'importante baisse des coûts potentielle a été reconnue être une bonne incitation à l'investissement et au démarrage du projet. Ce dernier avait comme objectif difficile de réduire la quantité des déchets solides mixtes de 50 %. Le projet a atteint son objectif.

Domaines d'application

Applicable à l'ensemble des installations FDM.

Données financières

En se concentrant sur quelques actions simples, on a généré des économies sur une période de huit mois.

Arguments motivant la mise en application

Économies financières importantes grâce à l'utilisation accrue des matières premières dans le produit final et par un coût de mise en décharge des déchets réduit.

Exemples de site

Au moins une entreprise d'aliments pour animaux de compagnie au Royaume-Uni.

Bibliographie de référence

[1, CIAA, 2002]

4.1.7.6 Séparation des extrants afin d'optimiser l'utilisation, la réutilisation, la récupération, le recyclage et la décharge (et réduire à un minimum la consommation d'eau et la contamination des eaux usées)

Voir également la section 4.3.1.

Description

Qu'ils soient destinés à être utilisés dans le produit ou non, les extrants peuvent être séparés pour optimiser et faciliter leur utilisation, réutilisation, récupération, recyclage et décharge. Ceci réduit aussi bien la consommation que la contamination de l'eau. Le tri peut être manuel ou mécanique. Ces extrants sortants peuvent par exemple être des matières premières rejetées, des morceaux rejetés et des produits non conformes. Les différentes matières peuvent être séparément récupérées par des protections anti-éclaboussures, des écrans, des volets, des plateaux de récupération et des bacs positionnés au bon endroit. Ces matériels se placent sur les lignes de transformation, de remplissage / emballage et de transfert, et à proximité des postes de travail, comme les bancs de pelage, découpage et dégraissage. La position et la conception d'un plateau ou d'un bac par exemple, le moyen d'empêcher qu'il ne se mélange à l'eau et le transport des liquides et des solides dépendent de l'exploitation de l'unité, du degré de séparation souhaité ou exigé par les différentes matières et par leur utilisation finale prévue, ou l'itinéraire de décharge.

Les os et la graisse provenant du désossage et du dégraissage de la viande sont des exemples de matières pouvant être récoltées et transportées à sec. Il se peut que ces matières soient destinées à la consommation humaine. Si elles le sont, il est particulièrement important de contrôler la température, et leur détérioration peut être évitée en les transférant rapidement dans des chambres froides.

D'autres exemples englobent l'enlèvement de résidus de fruit et légume triés, non traités ou partiellement traités, des résidus de peau et de découpe, ainsi que la collecte de la terre provenant des étapes de décantation et filtration au lieu de la rejeter dans la SEEU.

Lorsque le volume potentiel de déchets est élevé, on peut installer des dispositifs de collecte manuels ou automatisés, tels que des canalisations d'écoulement, des pompes ou des appareils d'aspiration, afin de diminuer au maximum la détérioration des matières et d'optimiser leur utilisation potentielle, par exemple dans l'alimentation animale. Par ailleurs, ces systèmes réduisent le risque que ces matières soient entraînées dans la SEEU lors des nettoyages de changement de produit.

Dans l'industrie laitière, des exemples de matières pouvant être individuellement récupérées en vue d'optimiser leur utilisation ou de les mettre en décharge comprennent l'évacuation du yaourt et des fruits d'un bout à l'autre de la laiterie, les premiers rinçages du babeurre et des graisses résiduelles dans les opérations de barattage pour les utiliser dans d'autres procédés, comme les pâtes à tartiner et le petit lait basses calories destiné par exemple à fabriquer du fromage mitzithra (voir la section 4.7.5.1).

Lors du raffinage de l'huile végétale, la farine produite pendant le séchage de la farine brute après être passée dans l'évaporateur peut être ajoutée à la farine brute (voir la section 4.7.4.10).

Si l'eau est recueillie, certaines matières diluées dans l'eau peuvent être récupérées, par exemple l'amidon de pomme de terre peut être récupéré dans l'eau d'amidon, comme l'explique la rubrique *Données d'exploitation*, et le petit lait peut être extrait des mélanges petit lait / eau. Ces opérations peuvent être optimisées en utilisant des compteurs de turbidité (voir la section 4.1.8.5.3).

Il est possible de récupérer d'autres matières pour les utiliser ou les mettre en décharge en appliquant des méthodes de nettoyage par voie sèche (voir la section 4.3.1).

Avantages environnementaux obtenus

Baisse de la consommation d'eau et de l'entraînement de matières dans l'eau, générant ainsi moins d'eaux usées. Si la collecte des matières est efficace, le volume d'eau exigé par le nettoyage baisse, ce qui économise l'énergie destinée au chauffage de l'eau de nettoyage. On a également besoin de moins de détergent. La charge des eaux usées, comme les niveaux de DBO, DCO, éléments nutritifs et détergents, est réduite par unité de production.

La séparation des liquides et des solides destinés à être utilisés ou éliminés présente plusieurs avantages. En présence d'un nombre suffisant de dispositifs de collecte sélective, la contamination réciproque est réduite entre les différents produits dérivés. La séparation des produits dérivés limite les problèmes potentiels d'odeurs provenant de matières qui, même fraîches, génèrent les odeurs les plus fortes, c'est-à-dire en les stockant / enlevant séparément dans des conditions contrôlées, au lieu de devoir contrôler un volume plus important de produits dérivés non triés.

En outre, en réduisant la contamination réciproque, le tri permet d'utiliser des produits dérivés individuels, au lieu de les jeter parce qu'ils sont mélangés à des matières inutilisables. Par conséquent, toutes les matières peuvent être utilisées ou jetées de la manière la plus appropriée.

Données d'exploitation

Les exemples suivants indiquent comment le tri contribue à obtenir des eaux usées plus propres et à réduire la consommation d'eau et le volume de déchets.

Dans la transformation du poisson, l'utilisation de paniers ou de plateaux pour les opérations de découpage, d'éviscération, de pelage et de filetage peut éviter que les déchets solides entrent en contact avec le sol puis avec les eaux usées. Des tapis transporteurs à grille fine peuvent servir à séparer les déchets et l'eau aux postes de découpage et d'éviscération, abaissant ainsi les niveaux de DCO de 40 % environ. Les matières solides recueillies peuvent servir à confectionner de la farine de poisson.

Les systèmes secs ont été développés pour recueillir les déchets solides des crustacés et des mollusques. Des écrans et des dispositifs efficaces les empêchent de pénétrer dans la SEEU, ce qui peut baisser les taux de DBO₅ jusqu'à 35 %.

Dans un exemple d'installation qui fabrique des snacks, les flux d'eaux usées sont séparés avant d'être traités sur le site. Ils sont ensuite traités pour enlever les corps solides et les huiles qui sont alors transformés en tourteaux pour animaux. Cette opération a été le fruit d'un « groupe d'action pour l'eau » composé de responsables, d'opérateurs de production et du conseiller du site qui a adopté la méthode « du seau et du chronomètre » pour étudier les débits idéaux pour chaque équipement. Les résultats de cet audit de l'eau a démontré que des économies non négligeables pouvaient être réalisées. Trois flux d'eaux usées ont été définis, à savoir l'eau de

lavage des pommes de terre, l'eau d'amidon froide et l'eau d'amidon chaude contenant des huiles.

Dans la transformation des fruits et légumes, il est possible de séparer les matières organiques solides des procédés de pelage et de blanchiment à l'aide de tamis, de filtres ou de centrifugeuses, pour les empêcher de pénétrer dans la SEEU. D'ordinaire, ces solides peuvent entrer dans la composition d'aliments pour animaux, à l'exception du pelage caustique.

Dans la fabrication d'amidon, l'eau de lavage des pommes de terre peut être réutilisée une fois la terre enlevée. L'eau d'amidon froide peut être recyclée après avoir récupéré l'amidon de bonne qualité. On a constaté que le recyclage et la réutilisation de l'eau ont fait baisser la consommation d'eau de 19 %, à savoir 165 000 m³/an.

Domaines d'application

Applicable à l'ensemble des installations FDM.

Données financières

La baisse de 165 000 m³/an de la consommation d'eau à la fabrique de snacks citée comme exemple a fait économiser 145 000 EUROS sur les dépenses d'alimentation en eau.

Arguments motivant la mise en application

Moins de déchets parce qu'on peut utiliser les matières récupérées. Traitement des eaux usées et des déchets plus simple, faisant baisser les coûts liés.

Exemples de site

Au moins une entreprise de fabrication de snacks au Royaume-Uni. Laiteries au Royaume-Uni et usines de transformation des fruits et légumes en Belgique. Largement appliqué dans la fabrication de boissons, comme le vin.

Bibliographie de référence

[1, CIAA, 2002, 17, Envirowise (UK) and March Consulting Group (UK), 1998, 31, VITO, et al., 2001, 45, Envirowise (UK) and Ashact, 2001, 75, Italian contribution, 2002, 134, AWARENET, 2002]

4.1.7.7 Utilisation de produits dérivés, de coproduits et de résidus dans l'alimentation animale

Description

Le secteur FDM présente de nombreux exemples où les matières premières, les aliments partiellement transformés et les produits finis destinés initialement à la consommation humaine ou dont la partie réservée à la consommation humaine a été enlevée peuvent entrer dans la composition d'aliments pour animaux. A titre d'exemple, les aliments qui ne correspondent pas parfaitement aux spécifications du client ou qui connaissent un excédent de production peuvent être utilisés dans l'alimentation animale.

La fabrication d'aliments pour animaux à partir de pulpe de betterave à sucre, de marc de pomme et tomate, de boulettes de pulpe d'agrumes, sans ou après traitement, est limitée par plusieurs facteurs, dont la putréfaction qui a lieu pendant le stockage et le transport, et la présence de composants indésirables tels que l'alcali ou le sel. La teneur en eau représente la première cause des frais de transport et, dans une certaine mesure, du taux de putréfaction.

Avantages environnementaux

Meilleure utilisation des matières et moindre production de déchets donnant lieu à une baisse de la consommation d'énergie demandée par le traitement et la mise au rebut des déchets, par exemple dans les SEEU, ainsi qu'à une mise en décharge par enfouissement moins importante de déchets FDM.

Interactions entre les milieux

Certaines matières doivent être stockées dans des températures contrôlées s'il est impossible de les utiliser avant qu'elles ne s'abîment et deviennent inutilisables pour l'alimentation animale.

Domaines d'application

Applicable dans les installations FDM qui utilisent des matières premières et des ingrédients partiellement transformés, et qui fabriquent des produits convenant à la consommation animale, directement ou après un traitement supplémentaire, dans le cadre réglementaire applicable à l'alimentation animale.

Données financières

Réduction des achats de matières non utilisées qui sont vendues ; baisse des frais de traitement des déchets et de la mise en décharge.

Arguments motivant la mise en application

Utilisation économique des produits dérivés, des produits non conformes et des excédents de matières qui seraient sinon envoyés à la décharge.

Exemples de site

Le Tableau 4.101 indique des exemples d'ingrédients entrant dans la composition d'aliments pour animaux et provenant de procédés FDM réservés à la consommation humaine.

Sources d'aliments pour animaux	Exemples de source industrielle
Os et graisse	Transformation de la viande (soumise à la réglementation 1774/2002/EC [188, EC, 2002])
Poisson rejeté	Transformation du poisson
Tiges, gousses et feuilles	Transformation des fruits et légumes
Fruits et légumes, comme les peaux, les centres et les résidus de coupe	Transformation des fruits et légumes
Marc de pomme et de tomate, boulettes de pulpe d'agrumes, sans ou après traitement	Transformation des fruits et légumes
Grignon d'olive brut (appelé également marc)	De la première pression des olives
Grignon d'olive	De l'extraction du grignon d'olive
AGL récupérées	Transformation de l'huile végétale
Farine torréfiée	Transformation de l'huile végétale
Tourteau brut et farine / tourteau distillé	Transformation de l'huile végétale
Phospholipides	Raffinage de l'huile végétale
Blanchiment épuisé (en l'absence de catalyseur au nickel)	Raffinage de l'huile végétale
Produit récupéré de conteneurs remplis par erreur, par exemple lors des opérations de macération ou de conditionnement	Laiteries mais applicable à tous les secteurs FDM qui produisent des aliments pouvant entrer dans la composition des aliments pour animaux
Ingrédients qui ont fui ou ont été déversés par accident, et matières partiellement ou entièrement transformées	Laiteries mais applicable à tous les secteurs FDM qui produisent des aliments pouvant entrer dans la composition des aliments pour animaux
Rinçages des cuves à yaourt	Laiteries
Petit lait qui n'est pas destiné à la fabrication du fromage mitzithra, d'aliments pour bébé et autres produits	Laiteries
Eaux usées contenant du lait et produites à la mise en route des pasteurisateurs	Laiteries
Céréales, fibres, gluten, protéines végétales et farines dégraissées	Transformation des céréales
Pulpe humide et pulpe pressée provenant du pressage des cossettes	Extraction du sucre des betteraves à sucre
Éléments de végétaux séparés des eaux de transport hydraulique des betteraves à sucre	Extraction du sucre des betteraves à sucre
Mélasse	Extraction du sucre
Vinasse produite par la transformation de l'alcool provenant de la mélasse de betterave à sucre	Distillation de la mélasse

Drèches avec solubles (DDGS)	Distillation du maïs
Alcools forts récupérés	Fabrication de boissons
Malt	Production de bière, bière blonde et whisky (à partir de grains germés et séchés au four)
Balle et grit de malt qui peuvent être mélangés dans des graines et du trouble fin de brasserie	Brasseries
Vinasse concentrée ou séchée, ale, dépôts de fûts épuisés et lavage épuisé	Alambic à whisky
Eau de refroidissement des cuves de fermentation contenant des matières premières et des résidus fermentés	Distilleries de whisky
Levure de bière	Fermentation
Éléments organiques solides tels que les matières premières et les résidus et poussières provenant des produits	Déshydratation
Solides et huiles extraits des flux d'eaux usées séparées	Fabrication de snacks

Tableau 4.101 : Exemples de procédé FDM destinés à la consommation humaine qui produisent des ingrédients destinés à l'alimentation animale

Bibliographie de référence

[1, CIAA, 2002, 10, Environment Agency of England and Wales, 2000, 13, Environment Agency of England and Wales, 2000, 31, VITO, et al., 2001, 65, Germany, 2002, 84, European Starch Association, 2001, 134, AWARENET, 2002, 141, FEDIOL, 2002, 161, Verband Deutscher Oelmuehlen, 2003]

4.1.7.8 Séparation des flux d'eau pour optimiser leur réutilisation et leur traitement

Description

De manière générale, une installation FDM comporte quatre types de flux d'eau : l'eau utilisée directement par le procédé, les eaux usées domestiques / sanitaires, l'eau non contaminée et l'eau de surface. Il est possible de concevoir un système de séparation de l'eau pour recueillir ces flux d'eau et les séparer en fonction de leurs propriétés, telles que la charge polluante.

Lorsque c'est réalisable sans mettre en danger la sécurité alimentaire, les flux d'eau non contaminés peuvent se réutiliser dans des applications de procédé particulières, par exemple pour laver, nettoyer, remplacer l'eau du réseau public, pour une réutilisation séquentielle et exceptionnellement, pour le procédé même. L'eau non contaminée qui ne se prête à aucune réutilisation peut généralement être rejetée sans traitement, ce qui enlève à la SEEU une opération inutile.

Les eaux usées contaminées peuvent être séparées pour recevoir les traitements appropriés à leurs caractéristiques. Les flux présentant un gros volume et un faible débit peuvent alors être recyclés après avoir subi le traitement adéquat, rejetés directement vers la SEEUM sans traitement ou bien mélangés à des eaux usées traitées avant d'être rejetés.

Dans certains cas, des matières peuvent être récupérées dans l'eau de procédé puis servir au procédé ou à d'autres fins, comme à la fabrication d'aliments pour animaux (voir les sections 4.1.7.6 et 4.1.7.7).

Avantages environnementaux obtenus

Recul de la contamination de l'eau en séparant l'eau propre de l'eau sale, d'où une réduction de la consommation énergétique nécessaire au traitement des eaux usées parce que le volume total n'a pas à subir tous les traitements. La réutilisation de l'eau réduit la consommation d'eau, ce qui abaisse les taux d'émissions. Ceci permet par ailleurs de récupérer la chaleur.

Données d'exploitation

On a relevé une réutilisation de l'eau dans les cas suivants :

- Utilisation de l'eau non contaminée par le procédé qui n'exige pas d'eau potable ;
- Dans les laiteries, on peut réutiliser l'eau de refroidissement, les condensats générés par évaporation et par des opérations de séchage, les perméats issus de procédés de séparation et l'eau de nettoyage ;
- Dans les activités de fruits et légumes, l'eau est réutilisée soit directement par l'exploitation d'une unité soit indirectement comme élément source, tel que pour la chaleur ou le froid ;
- Réutilisation séquentielle, où l'eau est utilisée par plusieurs procédés ou opérations avant d'être rejetée, par exemple l'utilisation de l'eau de traitement du gluten dans les étapes de séparation des protéines pour laver les microbes et les fibres, les procédés de macération dans la transformation de l'amidon du maïs, ou bien l'utilisation du condensat d'évaporation pour extraire le sucre des betteraves sucrières ;
- Recyclage au sein d'un procédé d'unité ou d'un groupe de procédé sans traitement ;
- Recyclage avec traitement ;
- Les condensats produits pendant l'évaporation peuvent se réutiliser dans le procédé en fonction de leur qualité, par exemple de leur teneur en matière organique et / ou inorganique et en MES. Le condensat issu de vapeur peut servir d'eau d'alimentation des chaudières, ce qui permet de récupérer une quantité considérable de chaleur, et d'économiser des produits chimiques destinés au traitement de l'eau d'alimentation des chaudières. La réutilisation du condensat peut être améliorée en optimisant le condensat retour et en évitant de perdre de la vapeur de détente du condensat retour ;
- On peut utiliser l'eau qui n'a pas été en contact avec le produit, comme l'eau de refroidissement des systèmes de réfrigération, certains condensats et l'eau OI qui a été légèrement contaminée pour nettoyer des aires peu sensibles, comme le lavage des dépôts, ou pour préparer des solutions détergentes. On note que la réutilisation de l'eau de refroidissement à d'autres fins risque d'être impossible si elle contient des biocides.

Domaines d'application

Il est possible de réutiliser l'eau sur des sites FDM existants. La séparation des eaux usées est applicable aux nouvelles installations FDM ainsi qu'aux installations existantes extensivement rénovées. Dans les nouvelles installations, le dispositif de séparation des eaux usées peut être conçu pour séparer les eaux usées de différente nature. Dans les installations existantes, ceci peut s'avérer impossible pour des raisons financières et à cause des contraintes physiques et techniques présentes sur certains sites.

Données financières

La séparation des eaux usées demande un investissement élevé. Toutefois, cet inconvénient peut être compensé par des frais d'exploitation plus bas en raison d'exigences moins sévères concernant le traitement des eaux usées, sur le site, dans une SEEUM ou dans les deux. Séparer des flux petits et isolés risque de ne pas être rentable. Baisse des coûts liés à la consommation d'eau et, dans certains cas, baisse de la consommation énergétique.

Arguments motivant la mise en application

Baisse des dépenses à long terme consacrées au traitement des eaux usées. En outre, en séparant des flux à faible charge, l'installation de traitement peut être de plus petite taille. Consommation d'eau et d'énergie réduite.

Exemples de site

Utilisé dans les secteurs des fruits et légumes, les produits laitiers, le sucre, les boissons et les brasseries. Cette technique est également utilisée dans au moins une fabrique de snacks au Royaume-Uni (voir la section 4.1.7.6).

Bibliographie de référence

[13, Environment Agency of England and Wales, 2000, 42, Nordic Council of Ministers, et al., 2001, 52, Envirowise (UK), 2000, 75, Italian contribution, 2002, 94, Environment Agency of England and Wales, 2002, 134, AWARENET, 2002]

4.1.7.9 Réduction à un minimum des temps de chauffage et de refroidissement

Description

Les durées de chauffage et de refroidissement des procédés peuvent être améliorées pour réduire la consommation énergétique. Pour cela, il existe différentes méthodes, par exemple en ayant recours à un prétraitement, en arrêtant l'opération dès que le résultat recherché est atteint et en sélectionnant les équipements capables de fournir l'effet escompté tout en consommant le moins d'énergie possible.

Arguments motivant la mise en application

Baisse de la consommation énergétique.

Données d'exploitation

Exemples de prétraitements qui réduisent à un minimum les durées de chauffage : faire tremper les légumes en grain, comme les lentilles (voir la section 2.1.4.1) et sécher les pommes de terre avant de les faire frire pour la préparation de chips (voir la section 2.2.3.8.1).

Arrêter l'opération lorsque l'effet demandé est atteint implique ne pas cuire les ingrédients plus longtemps que nécessaire, par exemple pendant la cuisson du pain, l'ébullition du moût dans l'industrie brassière (voir la section 4.7.9.6), ou le refroidissement des aliments à des températures plus basses que nécessaire, durant la transformation ou le stockage (voir la section 4.2.15.1).

Exemples de réduction à un minimum des durées de chauffage en sélectionnant certains équipements : chauffage direct pendant la cuisson au four (voir la section 2.1.5.4) et utilisation de séchoirs en lit fluidifié (voir la section 2.1.6.3.3), par exemple pour torréfier le café (voir la section 2.2.13.1).

Domaines d'application

Applicable à des opérations de chauffage et de refroidissement.

Arguments motivant la mise en application

Baisse de la consommation énergétique et des dépenses liées.

4.1.7.10 Optimisation des procédures de démarrage et d'arrêt, et de diverses situations d'exploitation spéciales

Description

Les procédures de démarrage et d'arrêt et diverses situations d'exploitation spéciales peuvent être améliorées. Concrètement, en diminuant le nombre de démarrages et d'arrêt, on peut réduire les gaz de combustion sortant des événements ou le préchauffage des équipements. Les pointes d'émissions provoquées par les démarrages et les arrêts peuvent être évitées, ce qui abaisse le taux d'émissions par tonne de charge d'alimentation. Ce principe vaut également pour l'exploitation des équipements de réduction des émissions polluantes.

Arguments motivant la mise en application

Selon les applications, il est possible de réduire la consommation énergétique, le volume de déchets et les taux d'émissions dans l'atmosphère et l'eau.

Données d'exploitation

Dans la réduction des émissions dans l'air, comme les gaz de combustion, les oxydants thermique sont performants uniquement lorsqu'ils atteignent les températures de combustion des polluants qu'ils doivent éliminer. Leur mise en marche doit donc se faire avant de les utiliser (voir les sections 4.4.3.11.1 et 4.4.3.11.3).

Arguments motivant la mise en application

Baisse de la consommation et des taux d'émissions.

Bibliographie de référence

[65, Germany, 2002]

4.1.7.11 Entretien adéquat

Description

Imposer un système assurant la propreté et le bon ordre du site peut globalement améliorer les performances environnementales. Si les matériaux et les équipements restent aux endroits qui leur ont été attribués, il est alors plus facile de faire respecter les dates de péremption et de réduire la production de déchets. Le nettoyage du site s'en trouve également facilité, les risques d'infestation d'insectes, de rongeurs et d'oiseaux reculent. Les déversements accidentels et les fuites sont activement limités, et les matières renversées peuvent être immédiatement récupérées à sec.

Arguments motivant la mise en application

Diminution de la production de déchets, diminution de la contamination des eaux usées due à un nettoyage à l'eau, odeurs et émissions moins importantes, et recul du risque d'infestation d'insectes, rongeurs et oiseaux.

Domaines d'application

Applicable à l'ensemble des installations FDM.

Données financières

Élimine les dépenses liées à la réduction des odeurs, à la mise en décharge des déchets et au traitement des eaux usées.

Arguments motivant la mise en application

Production de déchets diminuée et sécurité améliorée (prévention des situations où l'on risque de glisser et trébucher).

4.1.7.12 Gestion des mouvements de véhicule sur le site

Description

En maîtrisant le nombre d'entrées et de sorties de véhicules sur le site, ainsi que les lieux et les heures des déplacements à l'intérieur du site, il est possible de réduire le bruit à l'extérieur du site aux heures ingrates, par exemple la nuit, aux heures où les riverains normalement dorment.

Pour abaisser encore davantage les nuisances sonores, on peut sélectionner des véhicules silencieux, entre autres des véhicules bien entretenus, et recouvrir les chaussées d'un revêtement anti-bruit.

Arguments motivant la mise en application

Baisse du niveau sonore la nuit.

Interactions entre les milieux

Augmentation du niveau sonore et des émissions de véhicule durant la journée.

Données d'exploitation

En ce qui concerne les FDM où les procédés fonctionnent 24 heures sur 24, il est important de recevoir des matières fraîches qui seront rapidement transformées ; ce facteur peut empêcher de limiter les livraisons à la journée. Cette restriction peut concerner par exemple la transformation des fruits et légumes lorsque les récoltes et la transformation de légumes tels que des tomates et des petits pois se déroulent 24 heures sur 24 pour qu'ils soient murs et goûteux.

Il peut être difficile de limiter les heures d'arrivée et de départ des équipes pour que le bruit ne dérange les riverains.

On a mesuré les niveaux sonores aux alentours d'une grande brasserie prise comme exemple et fonctionnant en continu les jours ouvrés. Le bruit créé par la brasserie a été mesuré dans les zones de détection des immissions les plus proches. En outre, on a calculé les niveaux sonores émis par le trafic entrant et sortant de la brasserie, comme la livraison des matières premières (le malt) et l'expédition des produits, des produits dérivés et des déchets (la bière en bouteille et en cannette), la levure et les résidus de brassage. On a également pris en compte le trafic à l'intérieur de l'enceinte, comme les chariots élévateurs à fourches et les voitures. Le trafic entrant et sortant est limité aux heures diurnes.

Six parcelles ont été prises comme points de détection des immissions. A l'exception d'un site où se trouvaient des entrepôts et des ateliers, les parcelles n'étaient pas construites.

Les immissions mesurées attribuées à la brasserie aux points de détection le plus proche figurent dans le Tableau 4.102. Les sources sonores étaient des ventilateurs, des compresseurs et des vannes produisant des bruits de détente brefs.

Point de mesure *	L _{AFm} (dB(A))	L _{AF95} (dB(A))	Source sonore
1 (distance de 100 m)	43,3	42,0	Ventilateurs du circuit des eaux usées
2 (distance de 110 m)	48,0	46,5	Ventilateurs du système CIP, ventilateurs de toit
3 (distance de 75 m)	49,7	48,0	Ventilateurs du système CIP, ventilateurs de toit
4 (distance de 120 m)	48,6	46,0	Ventilateurs du système CIP, compresseurs
5 (distance de 110 m)	45,8	44,5	Compresseur
6 (distance de 110 m)	46,9	45,5	Compresseur
L _{AFm} = Niveau sonore maximum mesuré / relevé au compteur pendant la période prise en compte			
L _{AF95} = Niveau sonore maximum mesuré en dB(A), dépassé à 95 % de la période prise en compte			
* La période de mesure s'élevait à 1,5 – 10 minutes. Les valeurs représentent la moyenne de trois mesures.			

Tableau 4.102 : Mesures du bruit (issues de trois mesures indépendantes) émis par une brasserie allemande

Les mesures du Tableau 4.103 indiquent les émissions sonores calculées pour l'exploitation diurne et nocturne et émises par le trafic interne au site et le trafic fournisseurs.

Site	Niveau de puissance partielle – nuit (dB(A))	Niveau de puissance partielle – jour (dB(A))	Niveau de puissance (dB(A))	
			Jour	Nuit
1	43,5	52,9	53,7	46,4
2	41,2	51,0	53,7	49,0
3	30,9	44,3	52,8	49,7
4	24,4	37,3	51,2	48,6
5	31,7	41,7	49,1	46,0
6	35,9	44,9	50,1	47,2

Tableau 4.103 : Niveaux de puissance partielle calculés relatifs au transport de matières et aux procédés de transbordement

En calculant des niveaux de puissance diurne, les valeurs du Tableau 4.102 ont été majorées de 2.4 dB(A) en raison d'une période de repos (de 6h à 7h et de 20h à 22h). Les valeurs relevées sur les six sites étaient nettement en dessous de la valeur de référence locale pendant la journée ; par ailleurs elles étaient conformes à la valeur de référence nocturne.

La concentration des mouvements de véhicules pendant la journée peut avoir différentes conséquences sur la sécurité au travail. Le jour, la visibilité peut être meilleure, mais le site peut également être plus peuplé. Ces facteurs, associés à une plus grande concentration de véhicules, font de la gestion des mouvements et de la séparation véhicules – piétons une priorité très importante.

Si on limite les périodes de réception et d'expédition à partir d'un site quelconque, cette mesure peut avoir des conséquences sur la densité de la circulation à l'extérieur du site.

Domaines d'application

Applicable à pratiquement toutes les installations FDM.

Arguments motivant la mise en application

Bonnes relations de voisinage et suppression des plaintes sur les nuisances sonores à l'extérieur du site.

Exemples de site

Au moins une brasserie en Allemagne.

Bibliographie de référence

[65, Germany, 2002]

4.1.8 Techniques de maîtrise des procédés

Une meilleure maîtrise des procédés permet d'accroître le volume et la qualité des produits vendables, ainsi que de réduire les déchets.

Améliorer la maîtrise des entrants, des conditions d'exploitation, de la manutention, du stockage et de la production d'eaux usées peut réduire le volume de déchets en diminuant les non conformités, la consommation d'eau, ainsi que les causes de détérioration, de déversements à l'égout, de débordement des cuves, et autres types de gaspillage.

Pour améliorer la maîtrise des procédés, il est important de déterminer quel stade de procédé génère des déchets, quelles en sont les causes et quelles améliorations apporter. A titre d'exemple, l'installation d'un interrupteur à niveau, d'une soupape à flotteur ou d'un débitmètre peut éviter que l'eau ne déborde. L'importance de la maintenance, du nettoyage et du calibrage requis par ces appareils sera fonction de leur conception et de leur fréquence et conditions d'emploi.

Il est vital que les équipements de surveillance et de contrôle des procédés soient conçus, installés et exploités de façon à ne pas nuire aux conditions sanitaires du procédé. Ils ne doivent pas non plus accroître le gaspillage de produits et le volume de déchets. Des informations complémentaires sur la surveillance figurent dans le "Document de référence sur les principes généraux de surveillance" [96, EC, 2003].

4.1.8.1 Contrôle de la température en effectuant des mesures et corrections adaptées

Description

Il est possible de réduire les déchets de matières premières et les eaux usées en contrôlant la température, par exemple dans les cuves de stockage, les cuves de production et les lignes de transfert. Cette méthode présente éventuellement l'avantage de réduire la détérioration des matières, le nombre de non conformités et la contamination biologique. Les capteurs de température peuvent quelquefois être optimisés en leur attribuant deux utilisations, par exemple pour surveiller la température des produits et celle du nettoyage.

Arguments motivant la mise en application

Consommation énergétique et production de déchets diminuées. Si le chauffage utilise de l'eau ou de la vapeur, possibilité de réduire la consommation d'eau.

Données d'exploitation

On a remarqué que dans les laiteries, la température du lait peut être maintenue pendant le traitement thermique en contrôlant le flux de vapeur ou d'air chaud.

Dans les fabriques de confiserie, les capteurs de température peuvent servir à limiter la baisse de température pendant le transfert des produits, réduisant ainsi les risques de détérioration des produits.

Dans la transformation de la viande, la température des bains de décongélation de la viande congelée peut être maintenue en contrôlant le flux d'eau.

Dans un exemple d'entreprise de transformation de la viande, l'installation de thermocouples contrôlant les températures a permis de faire baisser les dépenses en eau de 10 %. Les thermocouples montés sur l'arrivée et la sortie d'eau d'un circuit de lavage et de refroidissement sont raccordés à une soupape de commande automatisée qui optimise le débit. Ce système de contrôle a réduit notablement la consommation d'eau et d'énergie, ainsi que la production d'eaux usées, tout en maintenant le débit suffisant requis par les exigences sanitaires du procédé.

Une entreprise qui fait fermenter la mélasse pour produire de l'alcool a mis en place un dispositif contrôleur de température amélioré dans une cuve de fermentation qui dépassait régulièrement de 5 °C la température demandée. Il en a résulté une hausse de la productivité et une baisse de 15 % des déchets.

Domaines d'application

Applicable aux installations où les procédés thermiques se déroulent et / ou les matières sont stockées ou transférées à des températures critiques, ou à l'intérieur de plages thermiques critiques.

Données financières

L'entreprise qui utilise des thermocouples a enregistré des économies de 13 000 GBP / an pour un investissement de départ de 3 000 GBP, qui a été amorti en douze semaines (2 000). Les économies ont résulté d'une augmentation de la productivité et d'une baisse de la production de déchets.

Arguments motivant la mise en application

Détérioration des produits réduite à un minimum, productivité accrue et consommation d'eau diminuée.

Exemples de site

Mis en oeuvre dans les laiteries, les fabriques de confiserie, dans au moins un site de transformation de la viande et un site de fermentation de mélasse, les deux au Royaume-Uni,

Bibliographie de référence

[18, Envirowise (UK) & Entec UK Ltd, 1999]

4.1.8.2 Contrôle du flux ou du niveau en effectuant des mesures de pression adaptées

Description

L'application de pression ou du vide concerne plusieurs opérations, telles que le filtrage, le séchage, la fermentation et l'autoclavage.

Des capteurs de pression sont normalement utilisés pour contrôler indirectement divers paramètres tels que le débit ou le niveau. On utilise des capteurs de pression dans les conduites de transfert pour contrôler la pression et la vitesse de refoulement des pompes, et pour réduire les déchets provenant de matières endommagées par le cisaillement et la friction. On utilise un dispositif de pression différentielle pour surveiller les baisses de pression aux filtres, pour commander les cycles de nettoyage et pour optimiser l'exploitation tout en réduisant le gaspillage.

Les capteurs de pression destinés aux applications FDM demandent généralement des joints d'étanchéité et des surfaces conçus particulièrement pour les applications sanitaires.

Arguments motivant la mise en application

Diminution des déchets.

Données d'exploitation

Dans un exemple de production de jus de fruits, le produit est filtré pour retirer la pulpe avant la mise en bouteille. Les filtres étaient nettoyés à intervalle régulier à l'aide d'un arroseur à eau et

d'une minuterie. L'entreprise a constaté que les filtres étaient ainsi nettoyés plus souvent que la normale. Elle a installé des capteurs de pression différentielle sur trois unités filtrantes et le cycle de nettoyage est maintenant déclenché par le signal envoyé par ces capteurs. Ces derniers envoient le signal lorsque la pression pré-réglée aux filtres est atteinte. La consommation d'eau destinée au nettoyage des filtres a baissé de 30 %.

Dans un exemple de laiterie, les relevés de pression servent à surveiller et maîtriser la vitesse d'écoulement dans les conduites en commandant les pompes afin d'éviter le phénomène de friction et d'endommager le produit.

Dans un exemple de brasserie, les relevés de pression servent à surveiller et maîtriser la pression de l'eau de pulvérisation du malt dans les filtres à trempe, c'est-à-dire l'arrosage.

Domaines d'application

Applicable aux installations où les liquides s'écoulent naturellement ou sont pompés, tels que dans les secteurs des boissons et du lait.

Données financières

Dans une entreprise de jus de fruits sondée, la baisse de la consommation d'eau et des frais de traitement de l'eau associés au nettoyage des filtres a engendré 8 000 / an GBP d'économies. Les modifications ayant coûté 6 000 GBP, le projet a été amorti en neuf mois.

Exemples de site

Une entreprise de jus de fruits, une laiterie et une brasserie au Royaume-Uni.

Bibliographie de référence

[18, Envirowise (UK) & Entec UK Ltd, 1999]

4.1.8.3 Mesure des niveaux

Description

Les deux principales catégories de capteurs de niveau sont les détecteurs de niveau et les capteurs mesurant le niveau. Les détecteurs de niveau indiquent si un liquide a atteint un point particulier dans une cuve (généralement un point haut et un point bas). La majorité des applications sont raccordées à un témoin visuel, une alarme visuelle ou sonore, ou une commande de flux marche-arrêt placée à l'intérieur ou à l'extérieur de la cuve. Les capteurs mesurant le niveau permettent de surveiller en continu le niveau réel des liquides, avec des commandes variables, par exemple pour accroître ou diminuer la puissance de pompage.

Arguments motivant la mise en application

Consommation réduite de produits de nettoyage et d'eau ; production plus faible d'eaux usées et moindre risque de contamination des sols, des surfaces et des eaux souterraines.

Données d'exploitation

Dans un exemple de brasserie, un interrupteur à niveau capacitif sert à détecter la surface de contact entre la levure et la bière. La bière est ensuite acheminée vers les dispositifs de stockage. La levure peut être récupérée et utilisée comme aliments pour animaux (voir la section 4.7.9.3).

Dans la fabrication de la bière, un pour cent du moût évacué approximativement 5 % de DCO aux eaux usées. Cette situation peut être améliorée à l'aide de capteurs de niveau qui empêcheront que les cuves de procédé débordent avec des taux très élevés de DCO.

Un exemple de grande entreprise de transformation de légumes a fait des économies en réduisant ses dépenses en eau, la charge de ses eaux usées et le temps de main-d'oeuvre en installant des commandes de niveau sur les citernes d'alimentation des canalisations de transport des légumes. Auparavant, c'était un opérateur qui réglait manuellement les commandes d'alimentation en eau ; les citernes débordaient lorsque l'opérateur était occupé ailleurs. Il a été décidé qu'une simple soupape à flotteur offrait une solution bon marché. La soupape commande

dorénavant le flux d'eau vers les citernes, permettant ainsi à l'opérateur de se consacrer à une autre tâche.

Domaines d'application

Largement applicable au secteur FDM, par exemple où les liquides sont stockés ou réagissent dans des citernes ou des cuves, soit pendant la fabrication, soit pendant les procédés de nettoyage. Le Tableau 4.104 montre quelques exemples d'application des capteurs de niveau afin de réduire le volume de déchets et d'eaux usées.

Installation	Motif du contrôle
Citernes de stockage ou de réaction	Empêcher le liquide de déborder et de gaspiller des matières ou de l'eau
Cuves de stockage	Fournir des informations destinées au contrôle des stocks. Réduire le gaspillage dû au stock périmé ou les pertes de production causées par des matières non disponibles.
Cuves avec commandes de transfert automatiques	Réduire le gaspillage dû au transfert ou les recettes de lot inexacts.
Aliments liquides	Surveiller le niveau des citernes de stockage pour éviter qu'elles ne débordent et que le contenu soit évacué.
CIP / stérilisation en place	Interrupteur à niveau lors du nettoyage des cuves pour optimiser le volume d'eau / de détergent utilisé et pour empêcher qu'elles ne débordent.

Tableau 4.104 : Exemples d'application de capteurs de niveau dans les opérations de transformation FDM

Données financières

Dans l'exemple de brasserie, les modifications apportées au procédé ont coûté 9 500 GBP (1999) mais la diminution du gaspillage de bière et de la charge des eaux usées a représenté 800 000 GBP / an, soit une période d'amortissement de cinq jours.

L'exemple d'entreprise de transformation des légumes a économisé plus de 15 000 GBP / an grâce à la diminution de ses dépenses en eau, de la charge de ses eaux usées et du temps de main-d'œuvre. La période d'amortissement s'est bornée à quelques mois.

Arguments motivant la mise en application

Gaspillage de produits entraînant des pertes financières.

Exemples de site

Largement applicable au secteur FDM.

Bibliographie de référence

[1, CIAA, 2002, 11, Environment Agency of England and Wales, 2000, 13, Environment Agency of England and Wales, 2000, 18, Envirowise (UK) & Entec UK Ltd, 1999]

4.1.8.4 Mesure et contrôle des flux

Description

Les techniques de mesure et de contrôle des flux peuvent réduire le gaspillage de matières et la production d'eaux usées dans les opérations de transformation FDM. Mesurer et contrôler le flux des conduites de transfert permet d'ajouter la quantité exacte de matières aux cuves de stockage et de transformation et de remplir les emballages, évitant ainsi une utilisation excessive de matières et la formation de non conformités.

Les compteurs ne comportant pas d'organe de mesure interne, comme les compteurs électromagnétiques, sont particulièrement bien adaptés aux applications sanitaires. Pour réduire la contamination, les débitmètres doivent être robustes et faciles à nettoyer. Dans les procédés où les liquides risquent de se solidifier à basse température, il peut être nécessaire de surveiller la chaleur pour s'assurer que le liquide ne se solidifie pas dans ou autour des équipements. Il

existe plusieurs types de débitmètres, entre autres les débitmètres à flotteur, les compteurs volumétriques, les débitmètres électromagnétiques, les compteurs de temps transitoire à ultrasons et les compteurs de tourbillons emportés par le courant. Chaque type d'appareils demande une installation spéciale pour garantir l'exactitude des mesures.

Dans les systèmes CIP, les mesures de flux peuvent contrôler et optimiser l'utilisation de l'eau, ce qui réduit la production d'eaux usées.

Il est important de contrôler les démarcations de nettoyage et de purge car elles peuvent constituer une importante source de gaspillage. Le contrôle des flux et de la conductivité, par exemple de l'eau / du lait, permet de détecter avec précision les démarcations afin de réduire la quantité de lait cru partant dans la bouche d'évacuation. L'écouvillonnage peut également servir à contrôler les démarcations de liquide (voir la section 4.3.3).

Arguments motivant la mise en application

Gaspillage réduit de matières, de produits et d'eau, et diminution de la production d'eaux usées.

Données d'exploitation

Dans la transformation de la viande hachée, on peut diminuer les volumes d'eau véhiculés vers les appareils de garnissage des saucisses et les équipements similaires. L'arrivée d'eau se coupe automatiquement lorsque les équipements ne sont pas utilisés pendant les pauses ou les arrêts de production.

Dans un exemple d'activité qui transforme 3 000 m³ de lait cru par semaine, 0,2 % du lait rejeté a été économisé en améliorant la démarcation eau / lait à l'aide de débitmètres et de sondes de conductivité. La teneur finale de DCO des eaux usées provenant du site est passée de 3 100 à 2 500 mg/l.

Dans une activité de transformation des légumes, des vannes manuelles de commande du débit ont été installées sur l'alimentation en eau du transport hydraulique. Ceci a permis aux opérateurs de régler le débit d'eau avec précision et de reproduire des réglages de vanne ou de débit particuliers.

Un confiseur a constaté que l'enrobage en chocolat de ses produits témoignait de variations de poids considérables. Il a instauré plusieurs mesures pour mieux contrôler les ajouts de chocolat, entre autres l'installation d'un débitmètre électromagnétique et d'une vanne de commande pour contrôler avec précision le débit de chocolat. Il a ainsi réduit la consommation de chocolat de 10 t / an.

Une entreprise de fabrication de plats cuisinés a installé un compteur volumétrique pour savoir comment l'eau était utilisée dans la baie de nettoyage des équipements. Au bout d'un suivi de plusieurs semaines, il était incontestable que la consommation d'eau variait de manière importante et que ces variations n'étaient pas liées à la quantité des produits. Suite à des entretiens avec les opérateurs de cette section, on a mis en place de meilleures procédures de nettoyage. Il en a résulté immédiatement une réduction de la consommation d'eau de 80 m³ / semaine.

On note que dans la fabrication des boissons, le volume de liquide peut être dosé en fonction des conteneurs, au lieu de remplir automatiquement ces derniers.

Domaines d'application

Largement applicable au secteur FDM. Le Tableau 4.105 contient des exemples d'application de mesure et de contrôle des flux.

Equipements	Condition / activité	Motif du contrôle
Conduites de transfert	Ajout précis de matières dans les cuves de réaction	Réduire une utilisation excessive de matières et la fabrication de non conformités
Alimentation en	Conservation des températures de	Réduire le gaspillage provenant de matières

vapeur	service correctes	et de produits pas assez ou trop chauffés
Dispositifs de nettoyage	Utilisation de l'eau	Améliorer l'utilisation de l'eau et réduire les volumes d'eaux usées.

Tableau 4.105 : Exemples d'utilisation du contrôle des flux dans le secteur FDM

Le Tableau 4.106 montre des applications typiques de mesure de flux.

Produit / activité	Application
Boissons non alcoolisées	Mesure de flux et contrôle ultérieur des ajouts de matières premières
Solides en vrac	Détermination par exemple du flux de chips allant vers un tambour d'aromatisation pour obtenir le taux d'arôme correct
Poudre de lait	Mesure de flux pour ajouter au procédé des lots d'ingrédients conformes aux recettes
CIP	Mesure de flux pour obtenir un volume d'eau fixe pour chaque étape de nettoyage

Tableau 4.106 : Applications-type de mesure des flux dans le secteur FDM

Données financières

Dans l'exemple de laiterie, les économies en lait cru et en eaux usées ont représenté 88 640 GBP / an.

Dans l'exemple de transformation des légumes mentionné ci-dessus, en réglant les vannes sur le débit optimal, la société a économisé autour de 18 000 GBP / an en eau et eaux usées. L'amortissement a eu lieu sur trois mois.

Dans l'entreprise de confiserie, les modifications ont coûté 7 500 GBP, mais la diminution de la consommation de chocolat a fait économiser 15 000 GBP / an, soit une période d'amortissement de six mois.

La meilleure utilisation de l'eau dans l'entreprise de plats cuisinés a permis d'économiser 3 000 GBP / an en eau et eaux usées, et l'installation du compteur, qui est revenue à 600 GBP, a été amortie en dix semaines.

Arguments motivant la mise en application

Économies résultant d'une diminution du gaspillage de matières et d'eau. Économies dues à la suppression des excédents.

Exemples de site

La mesure et le contrôle des flux sont largement appliqués dans le secteur FDM.

Bibliographie de référence

[11, Environment Agency of England and Wales, 2000, 18, Envirowise (UK) & Entec UK Ltd, 1999, 41, Nordic Council of Ministers, 2001]

4.1.8.5 Mesure analytique

Pour réduire le gaspillage et contrôler la qualité des matières, le pH, la conductivité et la turbidité d'une série de liquides sont couramment vérifiés dans les conduites.

4.1.8.5.1 Mesure du pH

Description

Des sondes de pH mesurent l'acidité ou l'alcalinité d'un liquide. Le pH est une caractéristique importante dans de nombreuses applications, telles que dans le contrôle de la qualité du lait, la

surveillance de la crème et de la maturité du fromage, les procédés de fermentation, la production d'aliments pour bébé et le traitement de l'eau et des eaux usées.

Les sondes peuvent être montées de manière permanente dans une ligne de procédé ou bien immergées manuellement dans des citernes ou cuves de stockage. Divers types d'appareils sont disponibles, allant des sondes et transmetteurs ordinaires aux sondes avec auto-diagnostic qui avertissent les opérateurs d'une défaillance de l'équipement et qui s'entretiennent et se calibrent sans les retirer.

Arguments motivant la mise en application

Moindre consommation d'acides et d'alkalis, d'où une baisse du volume d'eaux usées. Diminution du gaspillage de matières causé par des mélanges inappropriés pendant la transformation et le nettoyage.

Données d'exploitation

Pour éviter les relevés erronés, la vitesse des liquides ne doit pas dépasser 2 m / s et l'électrode doit toujours être auparavant "mouillée" pour en assurer le bon fonctionnement.

Un exemple de confiseur utilise une sonde de pH pour contrôler le dosage de soude caustique d'un flux d'eaux usées. Tout en démontrant que le flux est conforme aux normes sur les rejets, le contrôle du pH contribue à réduire les frais élevés causés éventuellement par la corrosion provoquée par des agressions acides ou alcalines dans le circuit de décharge.

Domaines d'application

Applicable à toutes les installations FDM où les substances acides et / ou alcalines sont ajoutées aux flux de procédé, de nettoyage ou d'eaux usées. Le Tableau 4.107 présente des exemples d'utilisation des mesures du pH dans le secteur FDM. Des applications-type de mesures du pH réalisées dans le secteur FDM sont indiquées dans le Tableau 4.108.

Activité	Motif du contrôle
Contrôle des ajouts d'acide ou d'alcali dans les cuves de réaction	Réduire le gaspillage engendré par des doses excessives et la fabrication de produits non conformes
Surveillance des flux d'eaux usées pour les procédés de mélange et de neutralisation avant de les rejeter	Réduire la quantité d'alcali ou d'acide destinée au traitement des eaux usées

Tableau 4.107 : Exemples d'utilisation des mesures du pH dans le secteur FDM

Secteur / activité	Application
Laiterie	Analyse du pH des livraisons de lait pour réduire le gaspillage résultant du mélange de lait inapproprié avec d'autres matières premières.
Production de confiture	Mesure du pH pour déterminer le point de gélification correct.

Tableau 4.108 : Applications-type de mesures du pH dans le secteur FDM

Arguments motivant la mise en application

Moindre consommation d'acides et d'alcalis, par exemple dans le CIP, et réduction du volume des déchets.

Exemples de site

Laiterie et fabrication de confiture, traitement des eaux usées.

Bibliographie de référence

[11, Environment Agency of England and Wales, 2000, 18, Envirowise (UK) & Entec UK Ltd, 1999]

4.1.8.5.2 Mesure de la conductivité

Description

Les mesures de conductivité permettent de déterminer la pureté de l'eau ou la concentration d'acide ou d'alcali en faisant la somme des composants ioniques de l'eau. Les cellules à électrodes et les capteurs à induction sont les deux types de capteurs qui mesurent la conductivité.

Les cellules à électrodes sont des capteurs à contact qui fonctionnent par le passage du liquide de procédé entre deux plaques d'électrodes. Ils ont la réputation d'être très précis. Les applications englobent la surveillance de l'eau de procédé dans le but de la réutiliser et de réduire le volume d'eaux usées, et la surveillance de l'eau de chaudière pour ralentir la formation de dépôts sur les surfaces très chaudes.

La conductivité se mesure également avec des **capteurs à induction**. Ces capteurs sans contact comprennent deux bobines électromagnétiques dans le liquide de procédé. Ils conviennent aux applications sanitaires. Leur capacité est plus importante que celle des cellules à électrodes.

Arguments motivant la mise en application

Diminution de la consommation d'eau et de détergent, plus faible volume d'eaux usées.

Données d'exploitation

Bien que les flux liquides ne soient pas des éléments essentiels, ils ont une propriété auto-nettoyante. Les équipements doivent pouvoir compenser le changement de conductivité d'un liquide avec la température.

Voir également la section 4.1.8.4.

Dans un exemple de laiterie (exemple A), le cycle CIP comprend un nettoyage par courant d'eau pour rincer les résidus, un nettoyage avec détergent acide ou alcalin pendant une durée déterminée, avant de terminer par un rinçage à l'eau. Auparavant, ces opérations étaient commandées par différentes minuteries dans le but de limiter la quantité de détergent. Un certain nombre de conduites et de cuves sont nettoyées par chaque unité CIP, ce qui fait varier les cycles de lavage. Par conséquent, les heures d'ouverture et de fermeture de la vanne de vidange étaient donc basées sur des valeurs moyennes. Cette méthode faisait qu'une quantité importante de détergent était rejetée dans les eaux usées.

On a instauré des mesures de conductivité pour maîtriser l'ajout de solutions acides ou alcalines et pour déterminer si la (les) solution(s) de nettoyage et / ou l'eau pouvait être récupérée et si la quantité correcte de détergent était utilisée. Toutes les unités CIP existantes ont été modernisées en installant des sondes de conductivité qui ont ensuite été intégrées aux spécifications de toutes les nouvelles unités.

Le dispositif fonctionne en plaçant une sonde de conductivité dans la canalisation principale arrivant des équipements de procédé, à proximité de l'entrée de la cuve de détergent. La sonde surveille la concentration détergent-eau coulant dans la canalisation pendant un cycle de nettoyage. Le nettoyage au détergent est activé par une minuterie. Le détergent remplace graduellement l'eau coulant dans le circuit qui est alors vidangée puis traitée comme eaux usées. Lorsque le système détecte une concentration définie de détergent, la sonde de conductivité signale à un actionneur de fermer la soupape de vidange. Le flux est ensuite détourné vers la cuve de détergent et circule à nouveau dans le circuit au lieu d'être rejeté. L'étape de rinçage est activée par une minuterie. Le détergent est recyclé dans la cuve de détergent jusqu'à sa dissolution et l'obtention à nouveau de la concentration de détergent définie. A ce stade, un signal envoyé par la sonde de conductivité fait ouvrir la soupape de vidange et l'eau de rinçage est vidangée pour être traitée comme eaux usées jusqu'à ce que la sonde détecte à nouveau de l'eau propre.

La soupape de vidange se ferme et l'eau propre est dirigée vers la cuve à eau. Par ailleurs, la sonde de conductivité garantit que la concentration de détergent est maintenue d'un bout à l'autre du procédé de nettoyage. La tâche demande très peu d'attention de la part de l'opérateur. Chaque sonde de conductivité est partiellement nettoyée lors du nettoyage sur place des équipements de procédé. La consommation journalière de détergent est suivie par le débitmètre monté sur chaque unité CIP. Si la consommation augmente, ceci indique que la sonde doit être à

nouveau nettoyée, tâche accomplie en dix minutes par les opérateurs. Un nettoyage supplémentaire est habituellement nécessaire toutes les quatre à six semaines.

La laiterie enregistre une baisse de 15 % dans sa consommation de détergent pour chaque unité CIP, une baisse de sa consommation d'eau et de rejet de détergent pour être traités avec les eaux usées, une durée d'immobilisation des équipement plus courte, et une quantité de détergent optimisée pour chaque cycle de nettoyage.

Dans une autre laiterie (exemple B), on a installé des compteurs de conductivité pour contribuer à faire baisser la consommation de détergent. La sonde de conductivité détecte la présence d'eau ou de détergent dans la conduite ; lorsque la conduite contient du détergent, elle redirige le flux vers un réservoir de récupération de détergent. L'eau de rinçage est ainsi recyclée, la consommation de détergent baisse et les eaux usées contiennent beaucoup moins de DCO.

Domaines d'application

Largement applicable au secteur FDM, dans la transformation et le nettoyage. Le Tableau 4.109 présente des exemples d'utilisation des mesures de conductivité dans le secteur FDM. Des applications traditionnelles des mesures de conductivité dans le secteur FDM figurent dans le Tableau 4.110.

Activité	Motif du contrôle
Surveillance des niveaux de sels dissous avant de réutiliser l'eau	Réduire la consommation d'eau propre et la production d'eaux usées
Surveillance de l'eau de puit	Réduire la quantité de produits de qualité insatisfaisante (qui sont rejetés) due à l'utilisation d'eau de procédé inappropriée

Tableau 4.109 : Exemples de l'utilisation des mesures de conductivité dans le secteur FDM

Secteur / activité	Application
CIP	Surveillance de la conductivité pour contrôler les soupapes de l'installation en fonction des différences existant entre les substances, par exemple entre la bière et l'eau, ou entre un liquide basique et un liquide acide.
Mise en bouteille (générale)	Surveillance de la conductivité de substance basique utilisée dans les solutions de nettoyage des bouteilles.
Surveillance des produits (capteurs à induction)	Dans l'ensemble des productions de boissons et dans les laiteries.

Tableau 4.110 : Applications traditionnelles des mesures de conductivité dans le secteur FDM

Données financières

La laiterie de l'exemple A a enregistré 13 000 GBP / an d'économies en détergent, soit un amortissement de 16 mois.

La laiterie de l'exemple B a enregistré 10 000 GBP / an d'économies, soit un amortissement des investissements de 4 mois.

Arguments motivant la mise en application

Moindre consommation de détergent.

Exemples de site

De nombreuses entreprises du secteur des boissons et des produits laitiers, ainsi que les activités qui utilisent le CIP.

Bibliographie de référence

[11, Environment Agency of England and Wales, 2000, 18, Envirowise (UK) & Entec UK Ltd, 1999]

4.1.8.5.3 Mesure de la turbidité

Description

Les détecteurs de turbidité par lumière diffusée applique la méthode de diffusion des rayons pour mesurer la lumière diffusée à angle droit par des particules ou des bulles présentes dans un liquide. Cette méthode s'utilise pour mesurer une turbidité faible ou intermédiaire, y compris la turbidité de l'eau distillée. Des échantillonneurs peuvent être utilisés s'il est difficile d'installer un détecteur de turbidité dans une conduite de procédé. Cette initiative contribue à une meilleure hygiène.

Les détecteurs de turbidité par suspension de solides appliquent la méthode d'absorption de la lumière. Ils mesurent la quantité de lumière qui traverse la matière dans le liquide de procédé. Ils s'utilisent pour mesurer une turbidité intermédiaire ou importante.

Arguments motivant la mise en application

Réduction du gaspillage de matières pendant la transformation, augmentation du volume d'eau réutilisé et diminution de la production d'eaux usées.

Données d'exploitation

Les détecteurs de turbidité s'installent de préférence dans les tuyaux verticaux au flux montant, en plaçant le dispositif optique face au sens du flux pour obtenir un auto-nettoyage optimal. Pour éviter que des débris flottants ou des dépôts ne faussent les mesures, les détecteurs des tuyaux horizontaux doivent être montés sur les côtés, et non pas contre le haut ou sur le fond du tuyau. Ils ne sont ainsi pas souillés par les débris flottants ou les dépôts. La vitesse du liquide ne doit pas dépasser 2 m/s pour ne pas fausser les relevés. Pour réduire à un minimum la déflexion du rayon, il faut éviter la présence de bulles gazeuses et les opérations de dégazage.

Dans le rapport d'un procédé de transformation alimentaire, une certaine quantité de produit était évacuée pendant les phases de séparation, ce qui a entraîné le dépassement du volume autorisé pour la société. L'installation d'un détecteur de turbidité sanitaire et d'un débitmètre a permis de réduire le volume des rejets, d'accroître le rendement et de faire des économies.

Dans la laiterie de l'exemple A de la section 4.1.8.5.2, le petit lait, un sous-produit de la fabrication du fromage, est concentré pendant une phase d'évaporation avant de le sécher par pulvérisation pour faire de la poudre de petit lait. Les évaporateurs sont régulièrement nettoyés sur place, ce qui demande un prérinçage, c'est-à-dire l'expulsion par courant d'eau du concentré de petit lait résiduel avant le nettoyage au détergent. Une quantité non négligeable de petit lait était évacuée lorsque l'évaporateur était déconnecté pour le nettoyage CIP.

Dans le cadre d'un système de récupération automatique, une sonde de turbidité a été installée à l'extrémité de la conduite de remplissage menant au réservoir de concentré. La sonde détecte la présence des mélanges eau / petit lait puis renvoie l'information à l'automatisme de commande. La récupération du petit lait concentré dans la cuve de stockage du petit lait est alors commandée par un densitomètre, tandis que la sonde de turbidité commande la récupération du mélange eau / petit lait dans une cuve séparée. Le mélange est ensuite ajouté au petit lait pur pour subir une autre transformation. Lorsque la turbidité se trouve entre des points de consigne définis qui indiquent la présence de petit lait, le flux est automatiquement redirigé vers la cuve de récupération par des vannes pilotées par des automatismes de commande. Lorsque le cycle de détergent démarre, le signal de la sonde est inhibé pour que le détergent acide ou alcalin ne soit pas redirigé vers le réservoir de petit lait. Le petit lait récupéré n'est pas contaminé et seule de l'eau claire ou contenant du détergent est rejetée pour être traitée dans les eaux usées. La Figure 4.49 illustre le procédé de récupération du petit lait.

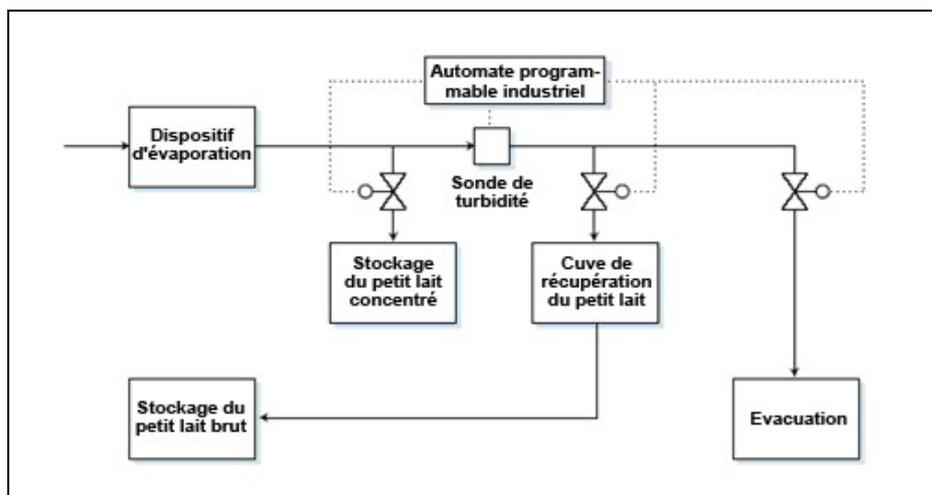


Figure 4.49 : Récupération du petit lait en mesurant la turbidité

Aucun problème n'a été constaté depuis la mise en exploitation du procédé de récupération du petit lait en 1996. A l'installation du système, les opérateurs ont reçu une formation sur le fonctionnement et les avantages du nouveau procédé. Les frais d'exploitation seraient négligeables et la sonde de turbidité ne demande qu'un entretien limité. Elle est nettoyée en place en même temps que l'évaporateur principal. Un calendrier de maintenance prévoit une intervention annuelle. Les avantages mentionnés englobent une réduction des coûts, une progression du rendement, un moindre gaspillage de petit lait et une diminution des coûts SEEU.

Domaines d'application

Applicable lorsqu'il est possible d'augmenter le rendement en récupérant le produit dans l'eau de procédé et de réutiliser l'eau de nettoyage.

Le Tableau 4.111 présente des exemples d'utilisation de mesure de la turbidité dans le secteur FDM.

Activité	Motif du contrôle
Surveillance de la qualité de l'eau de procédé	Réduire les eaux usées provenant d'eau de procédé ou de produits non conformes
Surveillance des systèmes CIP	Optimiser la réutilisation de l'eau de nettoyage, réduisant simultanément le volume d'eau usées

Tableau 4.111 : Exemples d'utilisation des mesures de turbidité dans le secteur FDM

Une application courante des mesures de turbidité dans le secteur FDM concerne la surveillance des eaux usées de procédé pour savoir s'il est possible de les recycler dans le procédé.

Données financières

L'entreprise de production alimentaire mentionnée a constaté une baisse de ses coûts de traitement des eaux usées et a fait des économies supérieures à 100 000 GBP / an.

La laiterie de l'exemple A a constaté une baisse des coûts d'environ 16 000 GBP / an, avec une période d'amortissement de 8 mois sur les coûts d'immobilisation et les frais d'installation.

Arguments motivant la mise en application

Moindre quantité de produit gaspillée.

Exemples de site

Au moins une fromagerie et une autre entreprise alimentaire non identifiée au Royaume-Uni.

Bibliographie de référence

[11, Environment Agency of England and Wales, 2000, 18, Envirowise (UK) & Entec UK Ltd, 1999]

4.1.8.6 Utilisation d'automatismes pour l'ouverture et la fermeture de l'eau

Description

On peut installer des capteurs, comme des cellules photoélectriques, pour détecter la présence de matières et pour ouvrir l'alimentation d'eau uniquement en fonction des besoins. L'alimentation d'eau peut se couper automatiquement entre les produits et pendant les arrêts de production.

Arguments motivant la mise en application

Consommation d'eau réduite, plus faible volume d'eau devant être traité et, si la pression est régulée, moindre entraînement de substances biologiques et de contaminants.

Données d'exploitation

Une sélection, un montage et un entretien soignés des cellules photoélectriques assurent leur fiabilité. En les montant aux endroits adéquats, les produits sont lavés en fonction des besoins, et pas plus.

Cette technique suppose au préalable que l'eau soit destinée à chaque produit détecté. Elle ne fait pas la distinction entre les produits propres et les produits sales.

Domaines d'application

Applicable aux situations qui demandent une alimentation d'eau intermittente.

Arguments motivant la mise en application

Facture d'eau plus basse.

Bibliographie de référence

[1, CIAA, 2002]

4.1.8.7 Utilisation d'appareils de commande

Description

Les vannes constituent les appareils de commande les plus courants. Elles sont présentes en grand nombre dans les systèmes de commande manuels ou automatiques. Les vannes servent souvent à modifier le débit pour commander différents paramètres de procédé ; à titre d'exemple, la température du chocolat peut être mesurée et, si nécessaire, réglée en contrôlant le débit des eaux de chauffage et de refroidissement. Les exemples utilisent des régulateurs de débit et des électrovannes. D'autres appareils sont également disponibles.

Les régulateurs de débit permettent d'obtenir un flux constant à une vitesse prédéfinie. Le flux traversant le régulateur peut se régler à l'intérieur de valeurs limite, mais ces appareils ne sont destinés à des réglages fréquents.

Les électrovannes sont des appareils à deux positions. Un électro-aimant ouvre ou ferme la vanne lorsqu'il reçoit le signal de commande.

Arguments motivant la mise en application

Moindre consommation d'eau et de l'énergie exigée.

Données d'exploitation

Un exemple d'entreprise alimentaire a constaté que la consommation d'eau excessive de ses pompes à vide provenait du débit d'intercepteur hydraulique plus élevée que nécessaire. Bien que le débit maximum du liquide de service aurait dû être 2,7 m³/h, le débit réel avoisinait 11,5 m³/h, soit plus de quatre fois les spécifications. La mise en place de régulateurs de débit

destinés à corriger le débit à chaque pompe à vide à anneau liquide a permis de réduire la consommation d'eau de 60 000 m³ / an environ, ce qui représente 7,5 % de la consommation d'eau du réseau public par le site. Les coûts générés par l'eau et les eaux usées ont chuté. Par ailleurs, la consommation d'énergie a reculé, ainsi que l'usure des pompes à vide.

Dans un exemple d'activité de transformation du poulet, on a constaté une consommation d'eau excessive. Après avoir installé des régulateurs de débit pour régler l'alimentation d'eau sur le débit exigé par les procédés, l'entreprise a réduit sa consommation d'eau.

Un exemple d'activité de transformation du poisson a installé une unité d'électrovanne sur l'alimentation d'eau d'un circuit de pré-lavage. L'eau coulait auparavant en permanence, provoquant des débordements et entraînant des débris dans les eaux usées. L'électrovanne a permis de couper l'alimentation lorsque le tapis convoyeur n'était pas utilisé. La consommation d'eau de procédé a baissé de 40 %.

Domaines d'application

Les régulateurs de débit sont aisément applicables lorsqu'un flux constant est requis à une vitesse déterminée.

Les électrovannes sont applicables à l'ensemble du secteur FDM ; on les utilise fréquemment pour commander l'alimentation d'eau.

Données financières

La mise en place de régulateurs de débit dans l'entreprise alimentaire mentionnée a donné lieu à une baisse des coûts de 70 000 GBP / an, soit une période d'amortissement inférieure à un mois.

Dans l'entreprise de transformation du poulet, la mise en place de régulateurs de débit est revenue à moins de 1 000 GBP et a permis de faire des économies d'eau égales à plus de 10 000 GBP / an.

Dans l'entreprise de transformation du poisson, la baisse de consommation d'eau de 40 % a économisé 2 500 GBP / an, avec une période d'amortissement de 5 semaines.

Arguments motivant la mise en application

Réduction de la consommation d'eau et des frais exigés.

Exemples de site

Largement appliqué dans le secteur FDM.

Bibliographie de référence

[11, Environment Agency of England and Wales, 2000, 18, Envirowise (UK) & Entec UK Ltd, 1999]

4.1.8.8 Utilisation de buses à eau

Description

Les buses à eau sont couramment utilisées dans le secteur FDM, entre autres pour laver et parfois pour décongeler le produit, et pour nettoyer les équipements en cours de traitement (voir la section 4.3.7.1). Il est possible de réduire la consommation d'eau et la pollution des eaux usées en positionnant et en dirigeant correctement les buses. Le recours à des capteurs de présence, surtout s'ils sont installés uniquement aux postes requis, offre une consommation d'eau sans gaspillage. Remplacer les buses utilisées pour guider les aliments par des appareils mécaniques peut diminuer la consommation d'eau ainsi que le volume de particules alimentaires entraînées dans l'eau qui seraient sinon traitées dans une SEEU.

En outre, on peut optimiser la consommation d'eau en surveillant la pression des buses d'eau et en la maintenant constante. La pression peut se régler sur l'unité qui exige la plus forte pression, et un régulateur de pression approprié peut être installé sur les autres unités utilisant de l'eau.

Arguments motivant la mise en application

Diminution de la consommation d'eau et du volume d'eaux usées. Baisse de la pollution des eaux usées, grâce par exemple à un temps de contact plus court entre l'aliment et l'eau.

Données d'exploitation

Lors de la fabrication des saucisses de Vienne, une phase de refroidissement doit suivre le fumage. Cette opération est normalement réalisée en arrosant les saucisses dans l'armoire à fumer ou dans une zone dédiée à cet effet. Si le dispositif utilise des tuyaux d'irrigation, cette opération consomme souvent une quantité importante d'eau. La consommation d'eau avoisine normalement $3,5 \text{ m}^3 / \text{t}$. À la place des tuyaux d'irrigation, l'industrie utilise des buses faible consommation et une commande par minuterie. Pour éviter le gaspillage, les buses doivent être positionnées correctement et dirigées de façon à ce que l'eau tombe sur les saucisses. Lorsque les saucisses sont refroidies dans des armoires spécialement conçues, elles peuvent être aspergées d'eau finement atomisée ; l'alimentation d'eau est alors coupée et de l'air est aspiré dans l'armoire. L'eau se trouvant à la surface des saucisses s'évapore. Au fur et à mesure qu'elles sèchent, un nouveau cycle d'aspersion et de séchage démarre. Cette méthode permet d'économiser une quantité d'eau relativement importante.

Les buses sont utilisées également pour les saucisses emballées sous vide. Une emballeuse sous vide utilise de l'eau de refroidissement, environ $0,2 \text{ m}^3 / \text{t}$ de saucisses. Régler le volume d'eau et positionner et bloquer les buses permet de réduire la consommation d'eau. Une solution alternative consiste à recueillir et à réutiliser l'eau de refroidissement.

Dans le secteur du poisson, il a été constaté une baisse de la consommation d'eau d'environ $0,13$ à $0,2 \text{ m}^3 / \text{t}$ de matières premières.

Dans le filetage des poissons blancs, la consommation d'eau peut baisser jusqu'à 90 % en installant des buses et en pulvérisant l'eau pendant une ou deux secondes toutes les trois secondes. Dans le tri des harengs et des maquereaux, on peut économiser entre 50 et 65 % d'eau en réglant la taille des buses de façon à ce qu'elles ne fournissent que le volume d'eau nécessaire.

On a constaté que dans le pelage et le découpage du poisson, une réduction du nombre et de la taille des buses d'aspersion peut économiser 75 % d'eau environ. Dans le filetage, on obtient une baisse de 60 à 75 % de la consommation d'eau en mettant en place les moyens suivants qui associent une utilisation planifiée des buses à d'autres techniques :

- Élimination des buses qui ne sont pas nécessaires
- Remplacement des tuyaux par des buses pour laver le produit
- Remplacement des buses par des appareils mécaniques pour séparer le poisson de la queue coupée
- Remplacement des buses destinées au lavage des roues d'entraînement sur les filets par des racloirs mécaniques
- Remplacement des buses existantes par des buses consommant moins d'eau
- Utilisation de buses à pulsation qui permettent d'ouvrir et de fermer l'alimentation d'eau au moyen d'une vanne automatique
- Remplacement de la goulotte de jetée par des convoyeurs à grille et fermeture des buses dans la goulotte de jetée. Les déchets seront séparés de l'eau de procédé à côté de la machine à fileter, pour réduire le temps de contact et la quantité de résidus entraînée, par exemple de la graisse (voir la section 4.7.2.6)
- Utilisation de capteurs de présence pour commander les buses
- Transport à sec des viscères et des graisses (voir la section 4.7.2.6)
- Enlèvement de la peau et de la graisse dans le tambour de pelage par la technique du vide (voir la section 4.7.2.3).

La carcasse peut être séparée des filets par deux paires de lames rotatives. Ces lames auront éventuellement besoin d'être refroidies par des buses à eau qui pourraient également nettoyer la chair et les écailles, si l'option mécanique n'a pas été choisie.

Domaines d'application

Applicable à l'ensemble des secteurs FDM. Dans l'industrie du poisson, les buses s'utilisent pour les opérations d'écaillage, de pelage, de découpage, d'éviscération et de filetage. Dans l'industrie de la viande, elles interviennent dans la fabrication des saucisses. Dans les brasseries, elles servent à nettoyer les fûts et les bouteilles.

Exemples de site

Utilisé dans l'industrie danoise du hareng (voir la section 4.7.2.9.1).

Bibliographie de référence

[28, Nordic Council of Ministers, 1997, 41, Nordic Council of Ministers, 2001, 134, AWARENET, 2002]

4.1.9 Sélection des matériaux

4.1.9.1 Sélection des matières premières FDM qui réduisent à un minimum les déchets solides et les émissions nuisibles à l'atmosphère et l'eau

Description

Une certaine proportion de presque toutes les matières premières et secondaires utilisées deviendra des déchets solides ou sera traitée par une SEEU sur le site. Les matières secondaires sont les matières nécessaires à la transformation des matières premières sans toutefois entrer dans la composition du produit final, comme les produits de nettoyage. La majeure partie des matières premières utilisées dans le secteur FDM sont naturelles. Elles contiennent une forte proportion de matières organiques et leur effet sur l'environnement local terrestre et aquatique peut être considérable.

En pratique, la possibilité d'utiliser différentes matières premières est souvent limitée car les matières sont spécifiées dans les recettes et il n'y a que peu ou aucun produit de substitution disponible. Certains secteurs essaient d'utiliser des matières premières qui génèrent moins de produits dérivés ou de déchets.

Sélectionner des matières fraîches et qui répondent aux normes qualité exigées par le procédé de transformation du site, avant la réception des matières par l'entreprise, peut réduire le gaspillage causé par exemple par la décharge de fruits et de légumes trop murs ou de poissons qui ont commencé à se décomposer et sont inutilisables. Pour faciliter cette démarche, l'entreprise peut signer des accords avec l'agriculteur / le fournisseur sur la période de récolte, la production et la transformation des récoltes. Par ailleurs, d'autres accords peuvent porter sur l'utilisation de pesticides, par exemple stopper leur utilisation suffisamment tôt avant les récoltes pour réduire la contamination des eaux usées produites par le lavage des fruits et légumes.

Arguments motivant la mise en application

Réduction du gaspillage de matières premières, de la contamination des eaux usées et des odeurs.

Données d'exploitation

Les spécifications concernant les matières premières peuvent être définies avec le fournisseur et les matières premières non conformes peuvent être retournées, si elles ont été livrées à l'entreprise FDM. Ce procédé peut accroître la proportion de matières premières constitutives du produit, ce qui réduit la quantité de déchets ou de produits dérivés de moindre valeur, comme l'alimentation animale.

Pour cela, le fournisseur peut mettre en place un contrôle qualité et l'opérateur peut réaliser des inspections qualité dans les installations de transformation FDM. Concrètement, ces tâches sont exécutées de manière régulière dans les laiteries. Le lait arrive dans des camions citernes et le personnel de la laiterie inspecte visuellement le lait, le sent et réalise des examens de laboratoire. Si le lait ne correspond pas à la qualité requise, il n'entre pas sur le site.

Domaines d'application

Applicable à toutes les installations FDM.

Arguments motivant la mise en application

Augmentation du rendement et réduction des coûts liés aux déchets.

Bibliographie de référence

[31, VITO, et al., 2001]

4.1.9.2 Sélection des matières secondaires

Les produits chimiques participent également aux procédés de transformation alimentaire (par exemple dans le pelage à soude caustique, le durcissement de l'huile végétale, la coagulation, l'alcalisation, la neutralisation). Concernant certaines substances utilisées dans les procédés de transformation alimentaire, une analyse des risques à l'échelle de l'UE a été réalisée en vertu de la Réglementation sur les substances existantes (793/93/EEC). Ces analyses traitent des risques environnementaux et sanitaires. Pour les substances non mentionnées au titre de la Réglementation 793/93/EEC, les informations sur les dangers et les risques doivent provenir d'autres sources pour minimiser les risques et pour choisir des solutions moins dangereuses si la situation le permet [199, Finlande, 2003]. Citons comme exemple l'analyse des risques et la stratégie de gestion mises au point pour l'Allemagne [154, Ahlers J. et al., 2002].

Des substituts peuvent remplacer les matières de base carcinogènes, mutagènes ou tératogènes.

4.1.9.3 Éviter d'utiliser des substances qui attaquent l'ozone, comme les réfrigérants halogénés

Description

Les réfrigérants sont largement utilisés par le secteur FDM dans les opérations de refroidissement, de réfrigération et de congélation. L'interaction des réfrigérants halogènes avec l'ozone atmosphérique a progressivement conduit à l'interdiction de vendre et d'utiliser des substances qui attaquent l'ozone, ainsi que les produits et les appareils qui contiennent ces substances. [202, EC, 2000]. Le Parlement européen et le Conseil viennent de proposer une Réglementation sur certains gaz à effet de serre fluorés [246, EC, 2003].

Ces composants ont été remplacés par d'autres réfrigérants tels que l'ammoniac et le glycol ou bien, dans certains cas, par de l'eau refroidie.

Arguments motivant la mise en application

Moindre risque d'épuisement de l'ozone et d'un réchauffement climatique mondial.

Interactions entre les milieux

Risques causés par les fuites d'ammoniac et de glycol qui peuvent nuire à la santé et à la sécurité.

Données d'exploitation

L'utilisation de substances qui réduisent la couche d'ozone peut être évitée et réduite en [65, Allemagne, 2002]

- utilisant des produits de substitution,
- utilisant des systèmes en circuit fermé en présence de substances nuisibles à l'ozone,
- enfermant les systèmes dans des locaux,
- confinant certaines sections des systèmes,
- créant un vide partiel dans l'espace clos et en protégeant les systèmes contre les fuites,
- recueillant les substances pendant le traitement des déchets,
- ayant recours à des techniques optimisées de purification des gaz de combustion,
- gérant correctement les substances récupérées et les déchets.

Arguments motivant la mise en application

La réglementation.

4.2 Techniques applicables à plusieurs secteurs FDM (reprend la structure des chapitres 2 et 3)

4.2.1 Réception, manutention et stockage des matières

4.2.1.1 Couper le moteur et l'unité frigorifique d'un véhicule garé ou pendant le chargement / déchargement de la marchandise

Description

Les moteurs en marche et les unités frigorifiques des véhicules peuvent entraîner des nuisances sonores. Pour y remédier, il faut les éteindre pendant le chargement, le déchargement et lorsque le véhicule est stationné. Si des températures de réfrigération ou de congélation doivent être maintenues dans le véhicule, il est possible de le faire en utilisant l'alimentation électrique de l'installation.

Arguments motivant la mise en application

Baisse des émissions sonores.

Domaines d'application

Applicable pendant le chargement et le déchargement des véhicules, frigorifiques ou non frigorifiques.

Arguments motivant la mise en application

Baisse des émissions sonores

Bibliographie de référence

[31, VITO, et al., 2001]

4.2.2 Décongélation

4.2.2.1 Décongélation par recirculation et brassage d'air

Description

L'eau destinée à la décongélation est recirculée dans un circuit fermé et réutilisée. L'air brasse l'eau pendant la décongélation. Il est possible de poser des interrupteurs à niveau pour contrôler le volume d'eau introduit dans la cuve. Pour les crevettes et les bouquets, on peut utiliser l'eau d'écaillage filtrée.

Arguments motivant la mise en application

Baisse de la consommation d'eau. Diminution du volume d'eaux usées et de la pollution.

Interactions entre les milieux

Consommation d'énergie.

Données d'exploitation

Dans l'industrie du poisson, on a constaté une baisse de la consommation d'eau par rapport à l'utilisation de l'eau courante : de 5 à 2 m³/t de poisson cru.

Domaines d'application

Applicable à l'industrie de la viande et du poisson pour les maquereaux, les petites crevettes et les bouquets.

Bibliographie de référence

[134, AWARENET, 2002, 182, Germany, 2003]

4.2.2.2 Décongélation dans des conteneurs d'eau chaude avec des bulles d'air au fond

Description

La décongélation se déroule dans des conteneurs remplis d'eau entre 30 et 35 °C, tandis que de l'air est introduit sous forme de bulles au fond. Il est possible de poser des interrupteurs à niveau pour contrôler le volume d'eau introduit dans la cuve. Le flux d'eau influence également la température. Pour les crevettes et les bouquets, on peut utiliser l'eau d'écaillage filtrée.

Arguments motivant la mise en application

Baisse de la consommation d'eau. Diminution du volume d'eaux usées et de la pollution.

Interactions entre les milieux

Consommation d'énergie.

Données d'exploitation

Au Danemark, une entreprise de transformation du poisson a obtenu une réduction du volume d'eau allant jusqu'à 60 % de la consommation demandée par la décongélation sous l'eau courante. La consommation d'eau est passée de 5 m³/t de poisson cru à 1,8 – 2,2 m³/t.

Domaines d'application

Applicable à l'industrie de la viande et du poisson pour les poissons blancs, les crevettes et les bouquets.

Données financières

Dans l'exemple danois, le coût des équipements présentant une capacité de 18 t/j de poisson cru, soit 3 600 t/an, a été estimé à 300 000 DKK environ. Les économies réalisées sur la consommation d'eau se sont élevées à 10 800 DKK.

Arguments motivant la mise en application

Économies sur la consommation d'eau.

Exemples de site

Utilisé dans au moins une entreprise de transformation du poisson au Danemark.

Bibliographie de référence

[28, Nordic Council of Ministers, 1997, 134, AWARENET, 2002]

4.2.2.3 Décongélation par aspersion

Description

La décongélation s'effectue en aspergeant d'eau les aliments.

Arguments motivant la mise en application

Baisse de la consommation d'eau. Diminution du volume d'eaux usées et de la pollution.

Interactions entre les milieux

Les aliments peuvent sécher en surface et leurs graisses non saturées, par exemple dans le porc, peuvent s'oxyder.

Données d'exploitation

Comparée à la décongélation par immersion dans l'eau courante, cette technique consomme moins d'eau mais elle prend davantage de temps et de place.

Domaines d'application

Applicable à l'industrie de la viande et du poisson.

Bibliographie de référence

[134, AWARENET, 2002]

4.2.2.4 Décongélation par de l'air chauffé saturé d'eau

Description

La décongélation s'effectue en exposant les aliments à de l'air chaud ou très chaud contenant 100 % d'eau.

Arguments motivant la mise en application

Baisse de la consommation d'eau. Diminution du volume d'eaux usées et de la pollution.

Interactions entre les milieux

Consommation énergétique pour produire les bulles d'air.

Données d'exploitation

Comparée à la décongélation par immersion dans l'eau courante, cette technique consomme moins d'eau mais elle prend davantage de temps et de place.

L'utilisation d'air très chaud peut donner lieu à une croissance rapide de micro-organismes sur les couches supérieures du produit décongelé et entraver la réabsorption de l'eau de décongélation. Ce phénomène crée un égouttage désagréable et souvent un gaspillage nutritionnel. En outre, les aliments peuvent sécher en surface et leurs graisses non saturées, par exemple dans le porc, peuvent s'oxyder. La consommation énergétique est plus élevée que celle d'autres techniques de décongélation, car elle utilise de l'air très chaud.

Lorsqu'on utilise de l'air chaud et humide pour décongeler des blocs de poisson blanc congelé, ceci peut nuire à la qualité du produit fini car le poisson se trouvant au bord du bloc congelé décongèle avant le poisson placé au centre.

On note que la décongélation à sec nuit à la qualité des crevettes et des bouquets.

Domaines d'application

Applicable à l'industrie de la viande et du poisson.

Exemples de site

Communément utilisé dans la transrétinoïque du poisson blanc dans les pays nordiques.

Bibliographie de référence

[28, Nordic Council of Ministers, 1997, 134, AWARENET, 2002]

4.2.2.5 Décongélation à l'air

Description

La décongélation se déroule dans une chambre froide à une température contrôlée pendant 18 à 24 heures.

Arguments motivant la mise en application

Baisse de la consommation d'eau et de la production d'eaux usées.

Interactions entre les milieux

Consommation énergétique pour maintenir la température réglée dans la chambre froide.

Données d'exploitation

On note que, lorsque la viande est décongelée dans des conteneurs remplis d'eau, les liquides sortent et les protéines se dégradent. La décongélation de la viande dans une chambre climatisée à 0 °C permet apparemment d'obtenir une meilleure qualité de viande, mais cette méthode prend davantage de temps et de place. Les aliments peuvent sécher en surface et leurs graisses non saturées, par exemple dans le porc, peuvent s'oxyder. L'égouttage des liquides peut entraîner un gaspillage de substances.

Domaines d'application

Applicable à la transformation de la viande.

Bibliographie de référence

[254, Denmark, 2005]

4.2.3 Centrifugation / séparation

4.2.3.1 Réduction maximale des déchets provenant des séparateurs centrifuges

Description

Les fabricants de centrifugeuses précisent habituellement à la fois la fréquence et le volume des déchets produits. Si ces informations sont connues, les performances réelles peuvent être comparées aux spécifications. En exploitant l'appareil selon les spécifications, il peut être possible de réduire le volume de matière rejetée et d'augmenter celui conservé pour le produit, tout en respectant les normes relatives à la qualité et à l'hygiène. Pour arriver à ces résultats, il faut entretenir une étroite coopération avec le personnel chargé de l'assurance qualité.

Arguments motivant la mise en application

Réduction du gaspillage de matières premières.

Données d'exploitation

On note que dans les laiteries, 1 % du lait cru livré est gaspillé, dont 0,1 % pendant le procédé de transformation du lait. La majeure partie est perdue pendant la séparation centrifuge.

Domaines d'application

Applicable à tous les séparateurs centrifuges.

Arguments motivant la mise en application

Moins de matières premières gaspillées et rendement accru.

Bibliographie de référence

[11, Environment Agency of England and Wales, 2000]

4.2.4 Fermentation

4.2.4.1 Récupération et purification du dioxyde de carbone

Description

Le CO₂ généré pendant le procédé de fermentation peut être récupéré, nettoyé, comprimé, séché, purifié et liquéfié. Il peut alors être utilisé.

Le CO₂ dégagé pendant la fermentation est acheminé dans une unité de récupération. Ce CO₂ contient tous les composants volatils présents ou produits pendant la fermentation, entre autres de l'oxygène, de l'huile de fusel, ainsi que des composés de carbonyle et de sulfure très faible en goût, par exemple du sulfure d'hydrogène. En conséquence, le CO₂ doit être purifié à un degré correspondant à l'utilisation prévue.

Le procédé de purification ou de transformation comprend un séparateur de mousse, un lavage du gaz à l'eau pour réduire les composés de sulfure, un séchage, une élimination du goût à l'aide de charbon actif, une élimination de l'oxygène et une liquéfaction par compression pour le stockage. Il peut ensuite être tiré selon le besoin dans la cuve de stockage, revaporisé puis utilisé en production.

Arguments motivant la mise en application

Baisse des émissions de CO₂ au niveau de l'installation. Consommation réduite de carburant fossile et d'énergie destiné à la production de CO₂, notamment celui utilisé sur le site.

Interactions entre les milieux

Consommation d'énergie.

Données d'exploitation

Dans l'industrie brassière, la réduction des émissions de CO₂ au moyen de ce procédé avoisine 2 kg/hl (20 kg/m³) de bière fabriquée.

Le CO₂ non traité contenant un taux d'impureté compris entre 20 et 1 000 ppm peut être récupéré lors du procédé de fermentation. Le taux d'oxygène du CO₂ liquéfié peut être abaissé de 40 à 1 000 ppm initialement sur une pureté de 5 ppm. Ce résultat s'obtient par le « procédé de réduction d'oxygène ». La Figure 4.50 illustre la séquence de procédé de la transformation du CO₂.

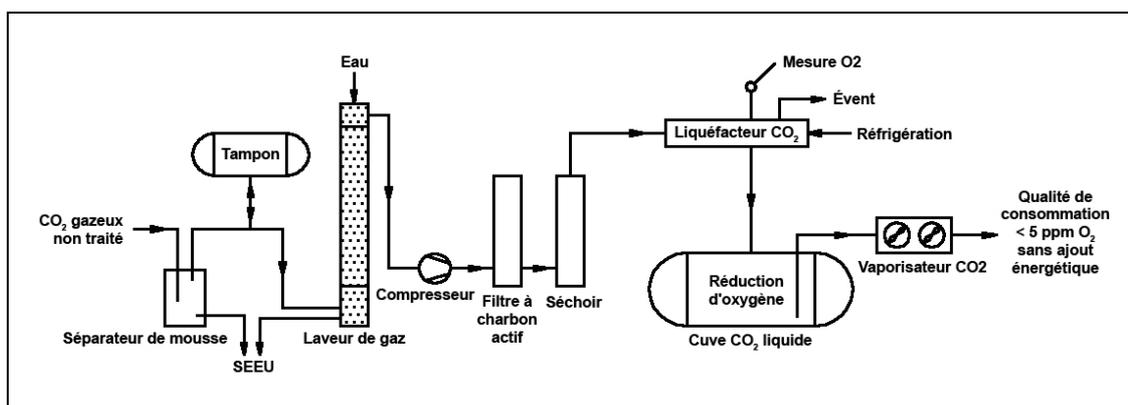


Figure 4.50 : Schéma de principe d'un système de transformation du CO₂ dans une grande brasserie

Si l'entreprise refroidit les compresseurs d'air et le compresseur de CO₂ avec de l'eau de refroidissement en circuit fermé, elle ne gaspille pas d'eau et produit moins d'eaux usées.

Pour décider s'il vaut mieux acheter du CO₂ issu d'un autre secteur comme coproduit, il faut prendre en compte la qualité disponible.

Domaine d'application

Applicable dans les brasseries, les exploitations vinicoles, les distilleries et la production de cidre. Les possibilités d'utiliser le CO₂ récupéré varient de la façon suivante selon les secteurs :

- Neutralisation des eaux usées, avec une purification minimum – toutes les industries de la fermentation ;
- Boissons gazeuses – brassage, vins pétillants, cidre, boissons non alcoolisées et eau minérale ;
- Gaz utilisé pour servir des boissons comme la bière, le cidre et les boissons gazeuses non alcoolisées ;
- Production de contre-pression dans les unités filtrantes, les cuves et les bouteilles, comme pour la bière, le cidre et les boissons gazeuses non alcoolisées.

Données financières

Les entreprises de gaz industriels peuvent fournir du CO₂, qui est généralement un coproduit d'autres secteurs, à un prix inférieur au prix de revient de l'entreprise FDM.

Arguments motivant la mise en application

Supprime les émissions de CO₂ et l'achat de CO₂ à d'autres fournisseurs. L'utilisation du CO₂ recyclé évite les risques de contamination et les problèmes de goût et d'odeur générés par les approvisionnements extérieurs.

Exemples de site

Utilisé dans l'industrie brassière.

Bibliographie de référence

[65, Germany, 2002, 159, CIAA-CEFS, 2003, 182, Germany, 2003, 199, Finland, 2003]

4.2.5 Fumage

Le fumage est un procédé de cuisson, de conservation ou d'aromatization des aliments en les exposant à des fumées. Il existe deux types de fumage. Le fumage à chaud, normalement réalisé entre 65 et 120 °C, peut servir à cuire complètement les aliments. Il utilise des fumées de feux de bois vifs ou à combustion lente. Le fumage à froid normalement réalisé entre 30 et 55 °C sert généralement à conserver et aromatiser les aliments. Il utilise des fumées de feu de bois à combustion lente, des condensats de fumée (fumage par fumées liquides), la friction et de la vapeur surchauffée. Les différentes méthodes de production de fumée sont décrites dans les sections 4.2.5.1 - 4.2.5.5.

La teneur en COV des fumées dépend dans une grande mesure de la méthode de production des fumées. La méthode a un effet sur les émissions, et donc sur le besoin de nettoyer l'air. Le type de fumées choisi détermine le goût final.

Les rejets des fumoirs sont traités par incinération. La consommation énergétique peut être réduite par l'incinération catalytique et la récupération de chaleur.

Du goudron est déposé sur des bâtons de fumage et dans la chambre de fumage. Ces bâtons sont nettoyés dans un tambour constamment en mouvement, ce qui soumet les bâtons à un fort effet de friction entre eux pour ôter les dépôts. Le goudron est ensuite éliminé avec de l'eau dont l'alimentation est régulée, et non pas sous l'eau courante. Le goudron déposé dans les fumoirs ou les couloirs est recueilli et traité comme rejets chimiques, sans passer par la SEEU.

Les treillis de fumage sont souvent nettoyés manuellement avec un appareil haute pression. On utilise une armoire de lavage qui recueille et renvoie l'eau contenant des détergents. Lors du dernier rinçage, la conduite de décharge peut se connecter automatiquement à la SEEU. Une autre solution consiste à utiliser un tunnel de lavage avec de l'eau provenant du deuxième stade et réutilisée dans le premier rinçage.

Le Tableau 4.112 montre l'impact environnemental des différentes méthodes de production de fumées.

	Émissions atmosphériques	Traitement de l'air	Dépôts de goudron	Nettoyage (consommation d'eau / pollution des eaux usées)
Feu de bois vif	Teneur importante de COV	Nécessaire	Présence importante	Consommation d'eau et production d'eaux usées liées au nettoyage
Feu de bois à combustion lente	Jusqu'à 200 composants chimiques	Nécessaire	Présence importante	Consommation d'eau et production d'eaux usées liées au nettoyage
Fumées liquides	Largement diminuées, par ex. les odeurs / COV	Considérablement réduit	Pas de dépôt	Réduit
Friction	Diminuées	Inutile	Réduits	Réduit, détergents puissants inutiles
Vapeur surchauffée	Diminuées	Réduit	Réduits	Réduit

Tableau 4.112 : Impact environnemental des différentes méthodes de production de fumées

4.2.5.1 Fumées de feux de bois vifs

Description

Les équipements de production de fumées de feux de bois se composent d'une chambre munie d'un générateur de fumées. L'opération la plus simple consiste à accrocher les aliments sur des treillis installés dans la chambre, tandis qu'un feu de sciure ou de copeaux de bois brûle sur le

sol. Ce feu est humidifié de manière à produire un maximum de fumées et à éviter l'apparition de flammes. La température des aliments augmente jusqu'à 30 °C environ. Le fumage peut durer 48 heures maximum.

Interactions entre les milieux

L'air rejeté contient une forte teneur en COV. Une grande quantité de goudron se dépose dans la chambre à fumer.

Données d'exploitation

On note que les feux de sciure produisent des fumées contenant beaucoup de COV. On utilise un système ouvert ou semi-ouvert ; un apport d'air est indispensable et cet air fourni devra être nettoyé avant d'être rejeté dans l'atmosphère.

Lorsque le générateur de fumées brûle des copeaux de bois, l'apport d'air, et donc la température, est normalement plus élevé. Il se forme davantage de composés de goudron, ce qui exige un nettoyage plus important. Dans ce cas, les fumées doivent également être nettoyées.

Dans une enquête norvégienne, on a modifié le programme de commande du procédé de fumage pour tenir compte du volume de fumées demandé. Le générateur de fumées a donc été fermé avant la fin du procédé de fumage. Cette opération a réduit la consommation de copeaux de bois, qui est passée de 8,9 à 3,6 kg par tonne de saucisses sans changer la qualité du produit.

Domaines d'application

Applicable à la transrétinoïque du poisson et de la viande.

Bibliographie de référence

[41, Nordic Council of Ministers, 2001]

4.2.5.2 Fumées de feux à combustion lente

Description

Les fumées provenant de bois à combustion lente comprennent deux phases, une phase liquide dispersée, par exemple des gouttelettes, et une phase vapeur. La première contient des particules de fumée qui n'ont pas une grande importance dans le procédé de fumage. La phase vapeur joue un plus grand rôle en matière d'aromatisation.

Le fumage peut se dérouler à deux températures, c'est-à-dire à la température ambiante de 30 °C maximum et à des températures élevées comprises entre 50 et 90 °C. La chaleur générée par la combustion lente du bois ne suffit pas pour que la température atteigne 50 à 90 °C. On ajoute donc de la chaleur au moyen de vapeur ou d'un échangeur thermique. La durée du fumage dépend du produit. Certains produits demandent d'être préséchés, séchés ou mûris entre les phases de fumage. De l'air conditionné, chauffé par des conduites de vapeur ou des chauffages électriques, est utilisé pour contrôler le séchage du produit. Le temps de séjour du produit dans la chambre peut varier de quelques heures à quelques jours. Chaque phase de fumage peut durer entre 15 minutes et 4 heures.

Interactions entre les milieux

La phase vapeur contient jusqu'à 200 composés chimiques, dont certains ne sont pas connus. Ils englobent une variété d'acides organiques, d'aldéhydes, de cétones, d'alcools et d'hydrocarbures polycycliques. Du goudron se dépose dans la chambre de fumage.

Données d'exploitation

On note que le générateur de fumées peut être un petit four dans lequel on ajoute lentement des copeaux de bois dur ou de la sciure sur un lit de bois déjà en combustion lente ou sur une grille chauffée électriquement. De l'air pulsé dans le petit four transporte les fumées dans la chambre à fumer où se trouve les aliments. Les fumées sortant de la chambre se dispersent dans l'atmosphère ou sont en partie recyclées. Les systèmes plus sophistiqués peuvent également comporter un conditionneur d'air pour ventiler, refroidir, chauffer ou humidifier l'air. Dans les anciens types de fumoirs à froid, la sciure est souvent brûlée directement sur le sol.

Domaines d'application

Applicable à la transformation du poisson et des fruits de mer, de la viande, du fromage et des fruits et légumes.

Bibliographie de référence

[41, Nordic Council of Ministers, 2001]

4.2.5.3 Fumées liquides

Description

La fumée liquide est obtenue par condensation de la fumée, suivie par une distillation fractionnelle qui abaisse la teneur en goudron et autres contaminants. La solution est diluée avec de l'eau et pulvérisée sur les aliments. Dans certains cas, elle est incorporée à une saumure et injectée dans les aliments pour les aromatiser.

Cette méthode présente comme avantage d'obtenir le goût de fumer sans la fumée ; par conséquent, les composants contenus dans la fumée et que l'on suspecte être nocifs sont dans une large mesure absents. Puisqu'il n'y a pas d'émission de fumée, le besoin de traiter l'air est nettement réduit.

Arguments motivant la mise en application

Diminution des émissions dans l'atmosphère, comme les odeurs / COV. Cette méthode de fumage ne produit pas de goudron.

Données d'exploitation

Pendant le fumage / la cuisson des saucisses de Vienne, les émissions de 2 à 3 millions d'unités d'odeur par lot ont été mesurées au Danemark avec un fumoir muni d'un racloir, et quelques 100 000 unités d'odeur avec un fumoir utilisant de la fumée liquide (résultats non publiés, DMRI). On peut donc en conclure que les odeurs peuvent être éliminées en utilisant des fumées liquides. Toutefois, il faut souligner que les fumées liquides donnent un goût de fumer différent de celui obtenu par le fumage traditionnelle ; les consommateurs risquent de ne pas accepter cette différence de goût et d'odeur. Il ne sera donc pas toujours possible de choisir la fumée liquide pour transformer les produits carnés.

Domaines d'application

Applicable à la transformation du poisson et des fruits de mer, de la viande, du fromage et des fruits et légumes.

Exemples de site

Utilisé dans la transformation de la viande, par exemple pour la fabrication des saucisses de Vienne.

Bibliographie de référence

[41, Nordic Council of Ministers, 2001]

4.2.5.4 Fumées obtenues par friction

Description

Les fumées sont créées par la friction du bois contre un cylindre rugueux tournant rapidement pour créer la pyrolyse. Les fumées sont douces et ne contiennent presque pas de composés carcinogènes. Le procédé peut se dérouler dans un système fermé avec recirculation, de sorte que la chambre de post-combustion ou autre dispositif de nettoyage des fumées devient inutile. Cette méthode prétend permettre un contrôle plus précis du volume de fumées produit en modifiant la pression entre la roue ou le disque et le bois.

Arguments motivant la mise en application

Consommation d'énergie et d'eau réduite. Diminution de la pollution des eaux usées. Baisse de la production de goudron.

Données d'exploitation

On note que les économies d'énergie sont souvent égales à 50 % de la consommation. Comme les fumées sont douces, les dépôts dans la chambre de fumage représentent moins de 10 % de ceux produits avec les fumées issues de copeaux de bois. Le nettoyage s'en trouve grandement facilité, sans avoir recours à des détergents puissants. Les eaux usées contiennent moins de composés organiques, et l'eau est économisée grâce à une fréquence de nettoyage moins élevée.

Domaines d'application

Applicable à la transformation du poisson et des fruits de mer, de la viande, du fromage et des fruits et légumes.

Exemples de site

Utilisé dans la transformation du poisson.

Bibliographie de référence

[41, Nordic Council of Ministers, 2001]

4.2.5.5 Fumées provenant de vapeur surchaufféeDescription

La pyrolyse des copeaux / fragments de bois peut être également réalisée en acheminant de la vapeur surchauffée sur les copeaux de bois, qui transfère les fumées et les arômes aux aliments. Cette méthode réduit le nombre de composants contenus dans les fumées ainsi que l'apport d'air nécessaire. Comme l'excédent de vapeur peut être condensé, le volume de rejets est faible. D'autre part, le nettoyage est facilité grâce aux faibles dépôts goudronneux dans la chambre de fumage.

Arguments motivant la mise en application

Diminution des émissions dans l'atmosphère, baisse de la production de goudron.

Domaines d'application

Applicable à la transformation du poisson et des fruits de mer, de la viande, du fromage et des fruits et légumes.

Bibliographie de référence

[41, Nordic Council of Ministers, 2001]

4.2.6 Cuisson

Le secteur FDM a à sa disposition plusieurs techniques de cuisson qui sont décrites dans les sections 4.2.6.1 - 4.2.6.6. Ces techniques servent également à cuire par exemple la viande et le poisson avant de les mettre en boîtes, en bouteilles ou en bocaux (voir la section 4.2.8).

4.2.6.1 Four à bain d'eau – eau de cuissonDescription

Les fours à bain d'eau offrent le chauffage le plus homogène. Néanmoins, l'immersion dans de l'eau très chaude entraîne une perte pondérale et disperse les protéines et les graisses dans l'eau. Cette eau peut être dégraissée pour récupérer les sous-produits et pour éviter de contaminer les eaux usées. Cette opération permet également d'améliorer la réutilisation de l'eau de cuisson. A ce titre, on peut la nettoyer à l'aide de dispositifs à membrane.

Arguments motivant la mise en application

Baisse de la consommation d'eau. Diminution de la pollution des eaux usées. Récupération des sous-produits dans l'eau de cuisson.

Interactions entre les milieux

La cuisson dans un four à bain d'eau nécessite une grande quantité d'eau et d'énergie.

Données d'exploitation

On note qu'après la cuisson du poisson, autour de 3 à 4 g d'huile/kg de poisson gras peuvent être dispersés dans l'eau. Les sous-produits, comme les acides gras et les arômes, sont récupérés dans l'eau de cuisson.

La cuisson de la viande avant sa mise en conserve à l'aide de fours à bain d'eau produit des eaux usées polluées par des graisses, des protéines et des fragments de viande.

Domaines d'application

Largement applicable au secteur FDM, par exemple pour la viande, le poisson, les fruits de mer et les légumes.

Bibliographie de référence

[89, Italian contribution, 2001, 134, AWARENET, 2002]

4.2.6.2 Four à bain d'eau – avec de l'eau à la place de la saumure

Description

La cuisson à l'eau à la place de la saumure réduit la salinité des eaux usées.

Arguments motivant la mise en application

Baisse de la salinité des eaux usées.

Données d'exploitation

La cuisson dans la saumure peut être exigée par certaines recettes.

Domaines d'application

Largement applicable au secteur FDM, par exemple pour la viande, le poisson, les fruits de mer et les légumes.

Bibliographie de référence

[134, AWARENET, 2002]

4.2.6.3 Four à aspersion

Description

Les fours à aspersion offrent un chauffage uniforme et utilisent moins d'eau et d'énergie que les fours à bain d'eau. Ils sont chauffés par l'eau chaude envoyée par les jets et par la vapeur saturée qui s'élève de la cuve de collecte chauffée et placée au fond du four.

Arguments motivant la mise en application

Réduction de la consommation d'eau et d'énergie par rapport aux fours à bain d'eau.

Interactions entre les milieux

Consommation énergétique, par exemple pour la production de vapeur.

Domaines d'application

Largement applicable au secteur FDM, par exemple pour la viande, le poisson, les fruits de mer et les légumes.

Bibliographie de référence

[134, AWARENET, 2002]

4.2.6.4 Four à vapeur

Description

Les fours à vapeur ressemblent aux fours à aspersion, mis à part qu'ils n'ont pas de jets d'eau. Ils sont chauffés par la vapeur générée par l'eau chauffée dans la cuve de collecte. La cuisson à la vapeur réduit la consommation d'eau et la production et pollution des eaux usées.

Arguments motivant la mise en application

Baisse de la consommation d'eau. Diminution de la pollution et du volume d'eaux usées.

Interactions entre les milieux

Consommation énergétique, par exemple pour la production de vapeur.

Données d'exploitation

La cuisson de la viande et du poisson avant sa mise en conserve à l'aide de fours à vapeur produit des eaux usées polluées par des graisses, des protéines et des fragments d'aliments.

Domaines d'application

Largement applicable au secteur FDM, par exemple pour la viande, le poisson, les fruits de mer et les légumes.

Bibliographie de référence

[89, Italian contribution, 2001, 134, AWARENET, 2002]

4.2.6.5 Four à air chaud

Description

Les fours à air chaud comportent un système de recirculation de l'air chaud obtenu en traversant des échangeurs thermiques et en utilisant une entrée de vapeur qui contrôle l'humidité à la surface des aliments. Les fours à air chaud assurent une distribution plus régulière de la chaleur que les autres fours, ce qui permet de réduire les durées et les températures de cuisson, et d'économiser ainsi de l'énergie.

Arguments motivant la mise en application

Baisse de la consommation d'eau et d'énergie.

Domaines d'application

Largement applicable au secteur FDM, par exemple pour la viande, le poisson, les fruits de mer et les légumes.

Bibliographie de référence

[134, AWARENET, 2002]

4.2.6.6 Four à micro-ondes

Description

Dans un four à micro-ondes, les aliments sont chauffés par les micro-ondes qui les traversent. Il en résulte une production de chaleur à l'intérieur des aliments qui accélère la cuisson.

Arguments motivant la mise en application

Baisse de la consommation d'eau et d'énergie.

Domaines d'application

Largement applicable au secteur FDM, par exemple pour la viande, le poisson, les fruits de mer et les légumes.

Bibliographie de référence

[134, AWARENET, 2002, 231, Oxford University Press, 2002]

4.2.7 Frire

4.2.7.1 Recirculation et incinération des gaz de combustion

Description

Les émissions atmosphériques dépendent de la température de service de la friture, par exemple la friture haute température à 180 – 200 °C génère plus rapidement des éléments qui désintègrent l'huile que la friture à des températures plus basses. L'air au-dessus d'une friteuse est aspiré et expulsé. Cet air rejeté contient des COV et peut provoquer des problèmes d'odeur. La récupération de l'huile et de la chaleur, ainsi que la recirculation des gaz de combustion vers le brûleur, réduisent ces émissions.

Arguments motivant la mise en application

Baisse des émissions atmosphériques, entre autres des odeurs. Récupération de l'huile et de l'énergie. Recyclage des gaz de combustion.

Données d'exploitation

A titre d'exemple, pour contrôler le procédé de friture croustillante, stopper le procédé de friture lorsque l'humidité finale se situe dans la plage critique de 1 – 2 % entraîne une réduction des émissions dans l'air. De plus, pour économiser de l'énergie, les échangeurs thermiques sont montés dans la hotte aspirante de la friteuse.

La Figure 4.51 illustre un dispositif de récupération de chaleur et d'huile d'une friteuse.

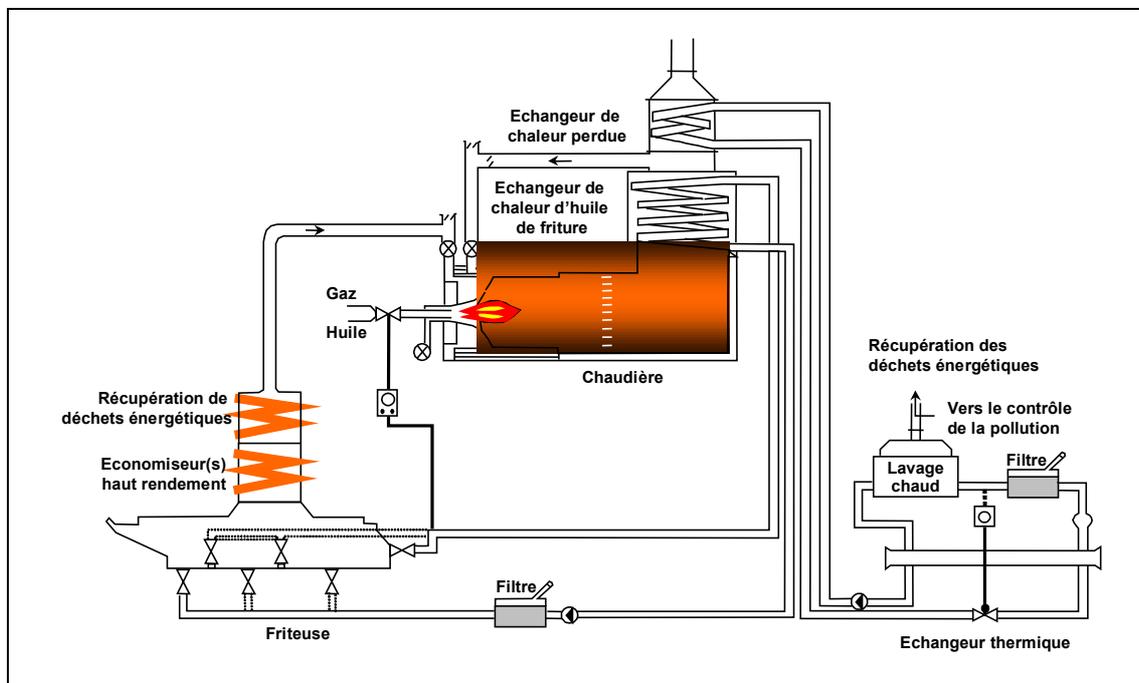


Figure 4.51 : Récupération de chaleur et d'huile : échangeurs thermiques montés dans la hotte aspirante de la friteuse

Domaines d'application

Applicable aux secteurs du poisson, de la viande et de la volaille, et de la friture de pommes de terre.

Bibliographie de référence

[85, Environment Agency of England and Wales, 2000]

4.2.8 Conservation en boîtes, bouteilles ou bocaux

4.2.8.1 Éviter de cuire les aliments avant de les mettre en boîtes, en bouteilles ou en bocaux s'ils peuvent cuire pendant la stérilisation

Description

On peut faire cuire les aliments avant de les mettre en conserve dans des boîtes, des bouteilles ou des bocaux, Cette précuisson peut se faire dans des fours à bain d'eau, à aspersion, à vapeur, à air chaud ou à micro-ondes (voir les sections 4.2.6 - 4.2.6.6). On peut se dispenser de précuire les aliments si ces derniers peuvent cuire plus tard pendant la stérilisation (voir les sections 4.2.8.4 et 4.2.8.5).

Arguments motivant la mise en application

Baisse de la consommation d'eau et d'énergie. Réduction du volume et de la pollution des eaux usées.

Données d'exploitation

Dans l'industrie du poisson, les poissons gros et moyens sont cuits avant par exemple leur mise en conserve. Les petits poissons comme les sardines sont mis en boîte entiers puis sont cuits dans les boîtes pendant la stérilisation. Les raisons qui dispensent de la précuisson et permettent de cuire pendant la phase de stérilisation sont par exemple le calibre des aliments, la taille des boîtes, des bouteilles ou des bocaux, la recette, les critères assurant la qualité du produit et la durée de stérilisation.

Domaines d'application

Largement applicable au secteur FDM pour les aliments destinés à être mis en conserve.

Bibliographie de référence

[134, AWARENET, 2002]

4.2.8.2 Remplissage automatisé avec recyclage des aliments renversés

Description

Pour les aliments conservés dans des liquides, des systèmes de remplissage automatisés destinés à l'assaisonnement peuvent être mis en place avec un recyclage en circuit fermé des liquides renversés, tels que la sauce, la saumure ou l'huile.

Arguments motivant la mise en application

S'il est possible de réutiliser l'eau chaude, la consommation d'eau et d'énergie baisse. Diminution de la contamination des eaux usées.

Données d'exploitation

Pour la mise en conserve des poissons, les boîtes sont remplies de saumure, de sauce ou d'huile. Les liquides d'assaisonnement peuvent déborder, polluant les eaux usées et gaspillant des matières de transformation si elles ne sont pas récupérées. L'eau contaminée, dans le stérilisateur par exemple, par des matières qui ont coulé le long des boîtes sera plus difficile à réutiliser.

Domaines d'application

Largement applicable par exemple dans la conservation de la viande, du poisson, des crustacés, des mollusques et des légumes dans des boîtes, des bouteilles ou des bocaux.

Arguments motivant la mise en application

Baisse de la consommation d'eau et économies dans le traitement des eaux usées.

Bibliographie de référence

[134, AWARENET, 2002]

4.2.8.3 Récupération de l'huile flottant pendant le lavage des boîtes, bouteilles et bocaux pleins

Description

Une fois remplis, les boîtes, les bouteilles et les bocaux sont lavés avec de l'eau et du détergent pour enlever tous les éléments qui ont débordé pendant le remplissage, tels que les sauces, les saumures et l'huile. Le volume d'eau utilisée dépend de la façon dont ces récipients et les aliments ont été manipulés. L'huile flottante peut être récupérée dans les cuves de nettoyage, ce qui multiplie les possibilités de recycler la solution eau – détergent et de réduire la contamination des eaux usées.

Arguments motivant la mise en application

Baisse de la consommation d'eau et de la production d'eaux usées.

Domaines d'application

Applicable au nettoyage des boîtes, bouteilles et bocaux remplis d'huiles végétales, d'aliments contenant de la graisse ou de l'huile ou qui sont mis en conserve dans de l'huile.

Arguments motivant la mise en application

Baisse de la consommation d'eau et économies dans le traitement des eaux usées.

Bibliographie de référence

[134, AWARENET, 2002]

4.2.8.4 Stérilisation par charges successives après le remplissage des boîtes, bouteilles ou bocaux

Description

Une fois remplis, les boîtes, les bouteilles et les bocaux rangés dans des paniers sont placés dans un stérilisateur tel qu'un autoclave fonctionnant pas charges successives et chauffé à une température et pendant une durée déterminée pour stériliser et conserver correctement le produit. Certains aliments peuvent également cuire pendant ce procédé. Une fois stérilisés, les boîtes, les bouteilles et les bocaux sont refroidis entre 25 et 35 °C avec de l'eau chlorée.

Arguments motivant la mise en application

Baisse de la consommation d'eau et de la production d'eaux usées.

Interactions entre les milieux

Les eaux usées risquent de contenir quelques traces d'huile, de sauce et de saumure après la stérilisation si les boîtes n'ont pas été auparavant correctement lavées.

Données d'exploitation

Pour réduire à un minimum la consommation d'eau, on utilise des autoclaves avec réservoir d'eau. En outre, l'eau est recirculée pour refroidir les boîtes puis réutilisée dans les opérations de nettoyage lorsqu'on ne peut plus l'utiliser dans la stérilisation.

Domaines d'application

Largement applicable par exemple dans la conservation de la viande, du poisson, des crustacés, des mollusques, des légumes, du lait, de la bière et de l'huile.

Bibliographie de référence

[134, AWARENET, 2002]

4.2.8.5 Stérilisation en continu après le remplissage des boîtes, des bouteilles et des bocaux

Description

Les stérilisateurs en continu permettent de contrôler avec précision les conditions de traitement et de fabriquer ainsi des produits plus uniformes. Ils modifient graduellement la pression à l'intérieur des boîtes, des bouteilles et des bocaux, exerçant ainsi une contrainte moins forte sur les raccords que celles des stérilisateurs par charges successives. La taille et la conception des

stérilisateur en continu tels que les autocuiseurs-refroidisseurs peuvent varier légèrement. Ils fonctionnent en continu. Certains modèles peuvent contenir jusqu'à 25 000 boîtes, bouteilles ou bocaux. Ils les acheminent sur un convoyeur qui traverse trois sections d'un tunnel maintenues à des pressions de préchauffage, de stérilisation et de refroidissement différentes. Les aliments peuvent cuire pendant le préchauffage et la stérilisation.

Arguments motivant la mise en application

Baisse de la consommation d'eau et de la production d'eaux usées.

Interactions entre les milieux

Les eaux usées risquent de contenir quelques traces d'huile, de sauce et de saumure après la stérilisation si les boîtes n'ont pas été auparavant correctement lavées.

Données d'exploitation

En utilisant un stérilisateur en continu tel qu'un autocuiseur – refroidisseur, l'eau est réutilisée en permanence, en ajoutant de l'eau selon le besoin pour remplacer la perte minimale par évaporation, ce qui permet de contrôler la consommation d'eau et d'énergie. L'eau est réutilisée pour le nettoyage lorsqu'elle ne peut plus servir à la stérilisation.

Les principaux inconvénients de la stérilisation en continu concernent le stock important exigé pendant le procédé, qui serait perdu en cas de panne et pour certains, des problèmes de corrosion des métaux et de contamination par des bactéries thermophiles si on ne prend pas les mesures préventives adéquates.

Domaines d'application

Largement applicable par exemple dans la conservation de la viande, du poisson, des crustacés, des mollusques, des légumes, du lait, de la bière et de l'huile.

Bibliographie de référence

[134, AWARENET, 2002, 232, Fellows P J,]

4.2.9 Évaporation

Dans le secteur FDM, le séchage et l'évaporation sont souvent les principaux procédés consommateurs d'énergie. Certaines installations existantes appliquent des combinaisons complexes de techniques différentes aux diverses exploitations d'unité. L'évaporation est couramment utilisée pour augmenter le contenu solide des liquides. Parfois, cette opération constitue une étape préparatoire au procédé de séchage, qui peut s'effectuer selon une grande variété de techniques. En théorie, l'évaporation de l'eau demande 0,611 kWh/kg (2,2 MJ/kg). Dans la pratique, les chiffres dépendent largement de la méthode d'évaporation et du type de séchoir utilisé ; ils peuvent varier de 0,556 à 0,972 kWh/kg (2,0 à 3,5 MJ/kg). La consommation énergétique requise par le séchage peut être plus basse si la matière liquide contient beaucoup de substance sèche. Cette dernière peut être obtenue par une pré-évaporation ou à l'aide d'extracteurs d'eau comme les presses et les centrifugeurs. Les séchoirs à la vapeur consomment beaucoup moins d'énergie s'ils comportent plusieurs niveaux (voir la section 4.7.5.8). Les produits sont parfois séchés à l'aide des gaz de combustion provenant des équipements CHP de combustion (voir la section 4.2.13.1.1), ce qui réduit la demande énergétique.

On peut utiliser des évaporateurs à flot tombant pour une évaporation à simple ou à multiple effet. Ce sont de longues structures tubulaires en acier inoxydable. Le liquide est introduit par le haut de l'évaporateur et il coule sous la forme d'une pellicule mince sur la face interne de tubes ou de plaques chauffés à l'intérieur de l'évaporateur. La Figure 4.52 illustre le principe de l'évaporation par flot tombant.

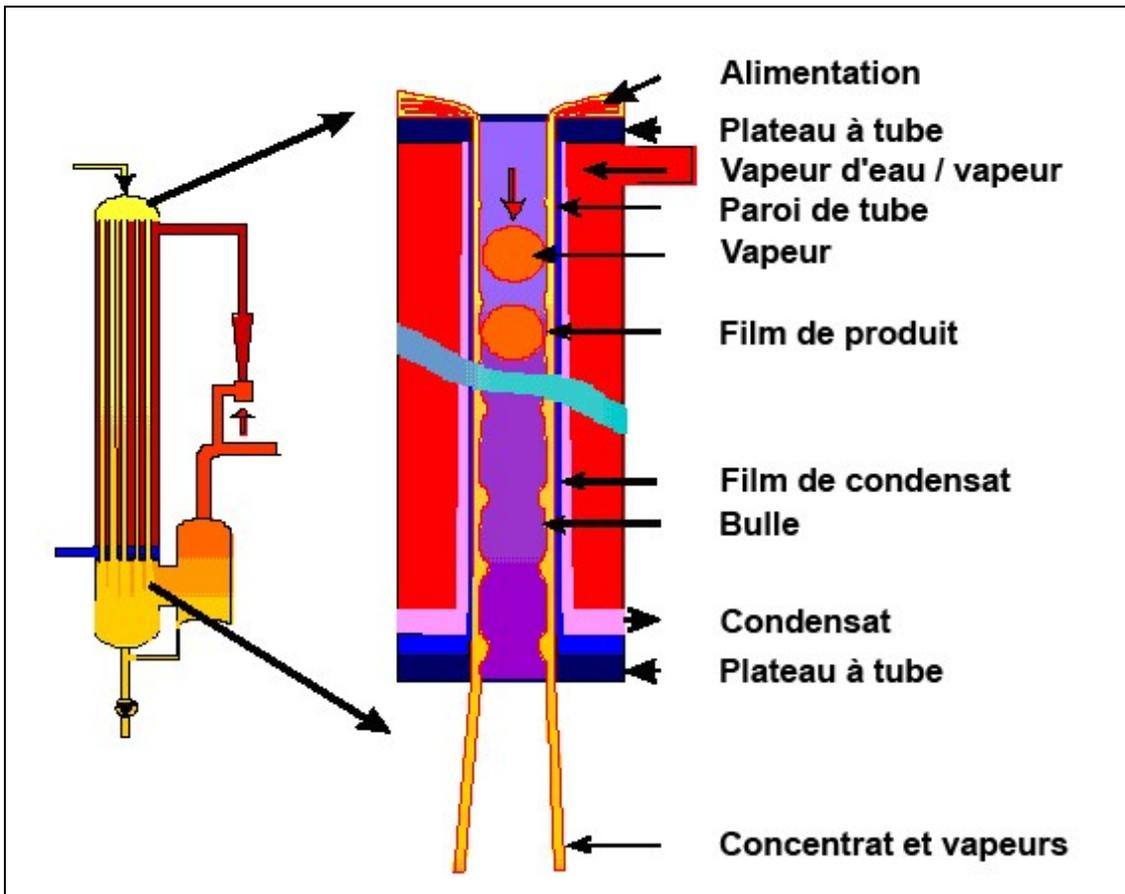


Figure 4.52 : Principe de l'évaporation par flot tombant [39, Verband der Deutschen Milchwirtschaft (German Dairy Association), 2001]

La Figure 4.53 présente le schéma de principe de l'évaporation.

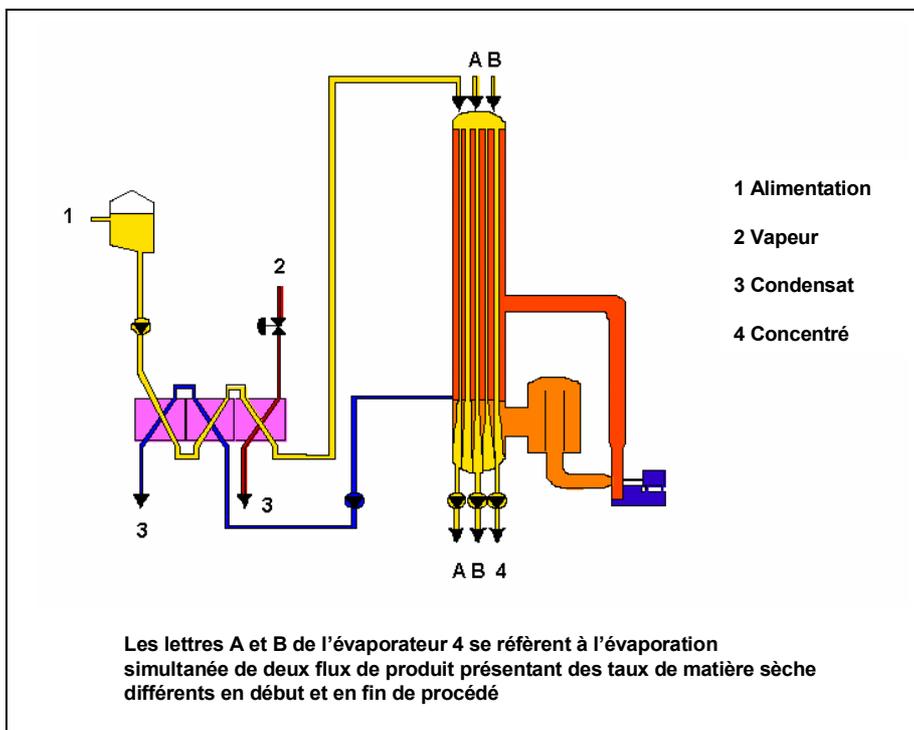


Figure 4.53: Évaporation du lait par flot tombant

4.2.9.1 Évaporation à multiple effet

Description

Les évaporateurs peuvent fonctionner unitairement ou bien l'évaporation peut se dérouler par étape au moyen de plusieurs évaporateurs fonctionnant en série. Chaque évaporateur est désigné par le terme « effet ». Dans les systèmes d'évaporation à multiple effet, le produit sortant d'un effet sert de produit d'entrée à l'effet suivant, et les buées très chaudes qui sont extraites d'un effet sont utilisées pour chauffer le produit à une température plus basse dans l'effet suivant.

Les surfaces internes de l'évaporateur sont chauffées par de la vapeur injectée dans le haut de la cavité de l'évaporateur. Il s'agit de vapeur propre ou de gaz de combustion générés par d'autres opérations pour extraire par ébullition la vapeur d'eau du liquide dans le premier effet. C'est un exemple de recyclage / réutilisation de l'énergie.

L'eau évaporée contient encore suffisamment d'énergie pour être la source de chaleur de l'effet suivant, etc. On utilise le vide dans une chaîne à multiple effet pour permettre à l'eau de s'évaporer par ébullition. Le liquide traité traversant une série d'évaporateurs est donc soumis à une évaporation étagée. Avec cette méthode, une unité de vapeur injectée dans l'évaporateur suivant peut extraire entre trois et six unités d'eau du liquide. L'économie d'énergie est proportionnelle au nombre d'étapes d'évaporation. Une série peut comporter jusqu'à sept effets, mais on en rencontre le plus souvent entre trois et cinq. A l'effet final, le refroidissement utilisant de l'eau de refroidissement peut condenser la vapeur. Une certaine quantité de vapeurs peut être extraite des évaporateurs pour servir de sources de chaleur à d'autres procédé.

Pour accroître les performances de la vapeur d'eau, les vapeurs quittant chaque effet peuvent être comprimées (voir la section 4.2.9.2) pour obtenir une hausse énergétique avant de servir de source de chaleur à l'évaporateur suivant.

Arguments motivant la mise en application

Diminution de la consommation énergétique, par exemple en introduisant les vapeurs évaporées dans l'effet suivant où la température est plus basse que dans le précédent.

Données d'exploitation

Puisque la chaleur est utilisée dans l'effet d'évaporation suivant, les évaporateurs à multiple effet économisent de l'énergie. En revanche, l'évaporation à simple effet ne permet pas de recycler la chaleur.

La vapeur demandée par les évaporateurs à simple effet varie entre 1,2 et 1,4 t/t d'eau évaporée. Le Tableau 4.113 compare les consommations énergétiques d'un certain nombre d'évaporateurs fonctionnant avec TC (voir la section 4.2.9.2.2). On peut réaliser des économies d'énergie supplémentaire avec une CMV (voir la section 4.2.9.2.1), comme le montre également le tableau.

Type d'évaporateur	Consommation énergétique totale (kWh/kg d'eau évaporée)
TVR 3 effets	0.140
TVR 4 effets	0.110
TVR 5 effetss	0.084
TVR 6 effetss	0.073
TVR 7 effetss	0.060
RMV simple effet	0.015

Tableau 4.113 : Comparaison des performances des évaporateurs à multiple effet dans l'industrie laitière

On note que dans l'industrie sucrière, les jus du sucre issus de la purification contiennent 15 % de matière sèche et qu'il faut augmenter cette teneur pour extraire le sucre. Le procédé d'évaporation permet à la matière sèche de passer de 15 % à plus de 68 %. Ce procédé suit le principe de l'échange de chaleur entre les jus de sucre et la vapeur générée dans une chaudière.

Un évaporateur à multiple effet assure l'échange thermique qui a lieu entre les jus de sucre et la vapeur basse pression. Cette opération recycle la vapeur extraite des jus après le premier échange. Dans la pratique, la vapeur basse pression produite par le générateur est condensée après avoir subi un échange thermique puis retourne alimenter la chaudière. De même, une partie de l'eau contenue dans les jus de sucre s'évapore et les vapeurs obtenues chauffent le second effet, dans lequel une autre partie de l'eau s'évapore. Les effets s'enchaînent de cette façon. Cette opération peut se répéter six fois maximum. Une baisse de la pression et de la température d'un effet à l'autre permet de répéter l'opération plusieurs fois avec la même quantité approximative d'énergie.

Un exemple de grande laiterie fabrique des produits séchés, des produits frais, du fromage mi-dur et du beurre. En 2000, elle a transformé au total environ 321 000 litres de lait, obtenant 19 000 tonnes de poudre de petit lait. Elle utilise un évaporateur à simple effet et un évaporateur à flot tombant à 5 effets. L'évaporateur à simple effet a une capacité d'entrée de 30 000 l/h ; il fonctionne avec une CMV pour la préconcentration et une TC pour la concentration. L'évaporateur à 5 effets a une capacité d'entrée de 22 000 l/h ; il fonctionne avec une TC pour la préconcentration et la concentration. On a enregistré des économies d'énergie avec l'évaporateur à 5 effets.

Domaines d'application

Applicable à l'industrie sucrière, à la transformation de l'amidon, à la concentration du jus de tomate, de pomme et d'agrumes, et à l'évaporation du lait et du petit lait.

Bibliographie de référence

[39, Verband der Deutschen Milchwirtschaft (German Dairy Association), 2001, 61, CEFS, 2001, 65, Germany, 2002]

4.2.9.2 Compression / recompression des vapeurs

En comprimant les vapeurs rejetées, il est possible de réduire notablement la consommation énergétique demandée par les procédés de concentration du secteur FDM. Concrètement, lorsqu'on porte à ébullition le moût dans les brasseries, de la vapeur d'eau se dégage lorsqu'une solution est concentrée par condensation. La chaleur consacrée à l'évaporation de l'eau et à la concentration de la solution peut être recyclée en condensant les vapeurs qui se dispersent. Parmi les types de compresseurs communément utilisés, citons les compresseurs rotatifs, les compresseurs à vis, les compresseurs par flux radial et les soufflantes.

Pour permettre à la chaleur de condensation stockée dans la vapeur de servir de chaleur d'appoint au procédé de concentration, la condensation de la vapeur doit s'effectuer à une température supérieure au point d'ébullition. Pour augmenter la température de condensation, les vapeurs sont comprimées de 0,1 à 0,5 bar (0,1 à 0,5 hPa). Un échangeur thermique renvoie alors la chaleur de condensation des vapeurs comprimées vers le concentrateur.

Outre l'énergie nécessaire au fonctionnement du compresseur, cette opération ne demande aucun autre apport énergétique. Le ratio énergie recyclée – énergie fournie, en d'autres termes les indicateurs de performance, peut atteindre 40. Outre la baisse de la consommation et des dépenses énergétiques, une autre raison importante de condenser les vapeurs est de réduire les odeurs.

La possibilité de mettre en oeuvre les techniques de compression de vapeurs est étroitement liée aux coûts d'investissement et au gain engendré par des frais d'exploitation plus bas. Les tarifs énergétiques différents et variables d'un pays à l'autre peuvent également influencer la décision. Dans certains secteurs, l'exploitation est saisonnière, par exemple une durée de 50 jours pour les tomates ; par conséquent, la longueur de la campagne constitue également un facteur important.

4.2.9.2.1 Recompression mécanique des vapeurs (CMV)

Description

Les vapeurs évaporées sont comprimées par un compresseur mécanique puis réutilisées comme source de chaleur. La chaleur latente est supérieure à la capacité d'entrée du compresseur et un important COP est disponible. Comme toutes les vapeurs sont comprimées avec la CMV, le recyclage de la chaleur est élevé. L'installation fonctionne à l'électricité, mais elle demande un « finisseur » chauffé à la vapeur pour atteindre des températures élevées. Deux types de compresseurs sont en service : un ventilateur et une soufflante grande vitesse. Dans la pratique, le ventilateur est le type de compresseur le plus répandu car il offre un meilleur rendement énergétique. La Figure 4.54 illustre une opération avec CMV.

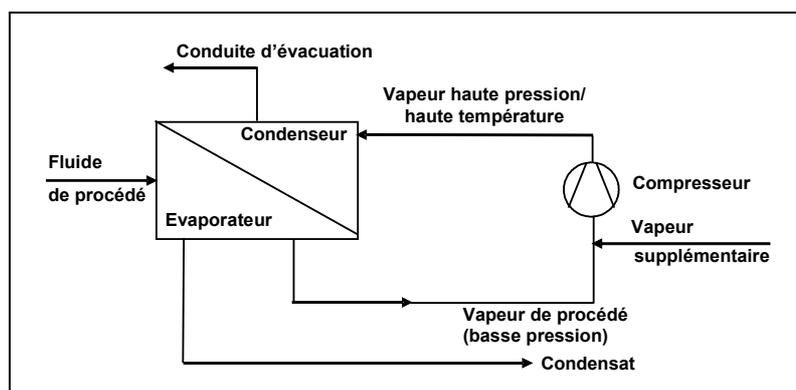


Figure 4.54 : Principe de l'évaporateur CMV

Arguments motivant la mise en application

Diminution des odeurs. Consommation énergétique réduite en comparaison avec le TC (voir la section 4.2.9.2.2). Moindre nettoyage grâce à un dépôt de produit brûlé moins important.

Interactions entre les milieux

Le compresseur de vapeurs consomme de l'électricité. Le CMV est bruyant. Il faut donc prévoir une isolation acoustique.

Données d'exploitation

On note que la consommation énergétique d'un évaporateur avec CMV s'élève autour de 10 kWh/t d'eau évaporée ; la consommation de vapeur est négligeable. Comme toute la vapeur est recomprimée, et non pas seulement une partie comme avec les évaporateurs fonctionnant avec une TC, la récupération thermique est plus importante. D'autre part, la température d'évaporation est plus basse, ce qui réduit les dépôts de produit carbonisés. Le Tableau 4.113 indique que les économies énergétiques peuvent être plus importantes avec le CMV qu'avec le TC.

Un exemple de laiterie japonaise a modernisé son procédé de fabrication de poudre de lait en installant un évaporateur à 4 effets avec CMV pour remplacer son évaporateur à 4 effets avec TC. Lorsque le système CMV a été adopté, il a fallu conserver la capacité évaporatoire prévue et empêcher que le lait brûle et contamine les surfaces des tuyaux de transfert de chaleur dans l'évaporateur. On a installé un évaporateur à flot tombant et un automatisme de commande pour contrôler les paramètres d'exploitation, comme le débit, la température et la pression. Le CMV fonctionne correctement, avec une remise en état tous les deux ans. L'entreprise a économisé 75 % sur ses frais d'exploitation, essentiellement grâce à une moindre consommation de vapeur. La Figure 4.55 illustre le nouvel évaporateur à 4 effets avec CMV.

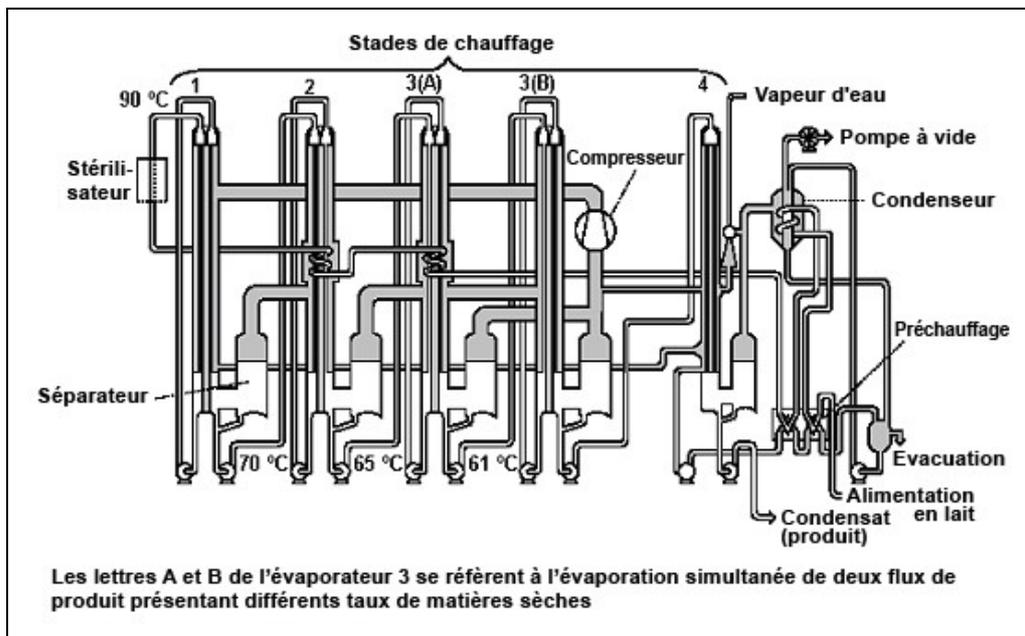


Figure 4.55 : schéma de principe d'un évaporateur de lait à 4 effets avec CMV

Dans un exemple de laiterie finlandaise, un système CMV récupère toute la vapeur sortant de l'évaporateur puis la comprime par énergie mécanique avant de la renvoyer dans l'évaporateur. L'énergie thermique n'est pas utilisée, excepté pour la vapeur requise par la mise en route. L'unique consommation électrique provient du fonctionnement de l'évaporateur. Dans cette installation, le CMV peut évaporer entre 100 et 125 kg d'eau en consommant 1 kW d'énergie.

Dans un exemple de brasserie en Allemagne, le système de condensation de la vapeur utilise les vapeurs bouillantes générées par le procédé d'ébullition du moût dans le bassin d'amortissement puis les comprime avec CMV. Les vapeurs comprimées sont réutilisées comme source de chauffage pour le procédé d'ébullition. Parmi les avantages offerts par la condensation des vapeurs, il y a la réduction de pertes de chaleur et d'eau, l'amélioration de l'équilibre d'eau chaude de l'opération et la diminution des odeurs. On note qu'environ 1/3 de l'électricité consommé par la brasserie est destinée à l'entraînement du système de compression des vapeurs.

Domaines d'application

Applicable à l'industrie sucrière, à la transformation de l'amidon, à la concentration du jus de tomate, de pomme et d'agrumes, à la brasserie et à l'évaporation du lait et du petit lait. La majorité des nouveaux évaporateurs sont équipés d'un système CMV.

Données financières

Comme les systèmes CMV fonctionnent à l'électricité et non pas à la vapeur, les frais d'exploitation sont beaucoup plus bas que ceux des systèmes TC. Concrètement, les frais d'exploitation d'un évaporateur à 3 effets avec CMV correspondent environ à la moitié de ceux d'un évaporateur à 7 effets avec TC traditionnel. Cette différence augmente avec la capacité de l'évaporateur, comme le montre la Figure 4.56.

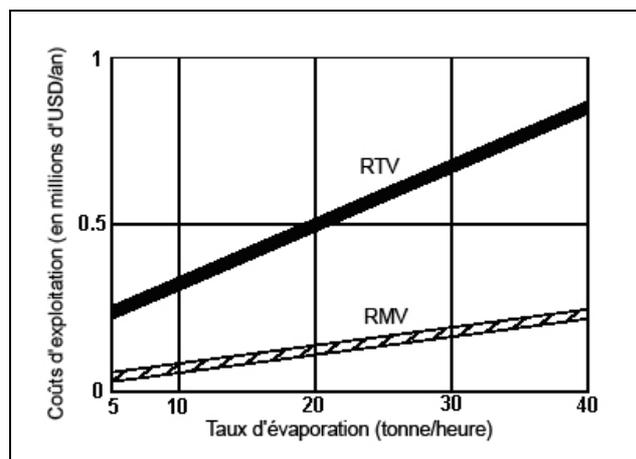


Figure 4.56 : Comparaison des frais d'exploitation des évaporateurs TC et CMV

Dans l'exemple de laiterie japonaise, le nouvel évaporateur avec CMV a coûté 1,5 million d'euros, comparé à 1,3 million d'euro pour un nouvel évaporateur TC. Avec un taux d'évaporation de 30 t/h, les frais d'exploitation annuel de l'évaporateur avec CMV se sont élevés à 175 000 euros, ce qui représente 75 % d'économies comparés aux frais d'exploitation annuel de l'ancien évaporateur avec TC qui s'élevaient à 680 000 euros.

Exemples de site

Laiteries au Japon et en Finlande ; grande brasserie en Allemagne.

Bibliographie de référence

[39, Verband der Deutschen Milchwirtschaft (German Dairy Association), 2001, 42, Nordic Council of Ministers, et al., 2001, 65, Germany, 2002, 70, UNEP, et al., 2000, 128, CADDET Energy Efficiency, 1992]

4.2.9.2.2 Thermocompression (TC)

Description

La thermocompression utilise des compresseurs à injection de vapeur d'eau pour comprimer les vapeurs. Les compresseurs à injection de vapeur peuvent comporter des buses d'injection fixes ou variables. L'énergie thermique requise par la compression est de la vapeur vive provenant d'une chaudière.

La vapeur d'eau vive traverse la buse d'injection et est étranglée à la pression de vapeur de réception. Ces dernières sont entraînées par la différence de vitesse. La vapeur et la vapeur d'eau vive sont mélangées dans la chambre de mélange. Modifier l'ouverture du diffuseur permet de régler la pression à laquelle le mélange de vapeurs quitte le compresseur à injection de vapeur.

Arguments motivant la mise en application

Diminution des odeurs.

Interactions entre les milieux

Consommation énergétique plus importante que le CMV.

Données d'exploitation

Comparé au CMV, le TC présente l'avantage de n'avoir pas de pièces mobiles et d'avoir un fonctionnement plus fiable. On note que le TC permet d'avoir de long cycles de production et de réduire la fréquence des nettoyages.

Domaines d'application

Applicable à l'industrie sucrière, à la transformation de l'amidon, à la concentration du jus de tomate, de pomme et d'agrumes, à la brasserie et à l'évaporation du lait et du petit lait.

Données financières

Prix d'achat plus bas mais frais d'exploitation plus élevés que le CMV.

Bibliographie de référence

[39, Verband der Deutschen Milchwirtschaft (German Dairy Association), 2001, 65, Germany, 2002, 128, CADDET Energy Efficiency, 1992]

4.2.10 Refroidissement

Des informations complémentaires sur le refroidissement sont disponibles dans le document "Refroidissement BREF" [67, EC, 2001].

4.2.10.1 Utilisation d'un échangeur de chaleur à plaques destiné au prérefroidissement à l'ammoniaque de l'eau glacée

Description

De l'eau glacée sert de fluide de refroidissement, par exemple pour refroidir le lait et les légumes. Il est possible de diminuer la quantité d'énergie consommée par la production d'eau glacée en installant un échangeur de chaleur à plaques pour refroidir avec de l'ammoniaque l'eau glacée renvoyée avant le refroidissement final qui a lieu dans un réservoir d'eau glacée avec un évaporateur à serpentin. Cette technique se justifie par le fait que la température d'évaporation de l'ammoniaque est plus élevée dans un refroidisseur à plaques que dans un évaporateur à serpentin (-1,5 °C au lieu de -11,5 °C).

Arguments motivant la mise en application

Diminution de la consommation énergétique.

Interactions entre les milieux

Le recours à l'ammoniaque pose des risques. Les fuites peuvent être évitées par une conception, une exploitation et une maintenance appropriées.

Données d'exploitation

On note qu'un système d'eau glacée existant peut accroître sa capacité sans augmenter la capacité du compresseur en installant un refroidisseur à plaques pour prérefroidir l'eau glacée renvoyée.

Dans un exemple de laiterie, ce dispositif de prérefroidissement a économisé presque 20 % d'électricité lorsqu'il a été installé dans le système d'eau glacée existant.

Domaines d'application

Ce système de refroidissement est communément mis en oeuvre dans les nouvelles installations, mais il peut également s'intégrer dans les installations existantes.

Données financières

Le prix dépend du système d'eau glacée existant et de sa capacité. Dans un exemple de laiterie, les coûts d'investissements ont été estimés à 50 000 euros environ ; ils comprenaient un refroidisseur à plaques, une pompe, des vannes, des régulateurs, de la tuyauterie et les frais d'installation.

Arguments motivant la mise en application

Réduction de la consommation électrique et / ou augmentation de la capacité de refroidissement, sans devoir installer un nouveau réservoir d'eau glacée.

Exemples de site

Laiterie en Suède.

Bibliographie de référence

[42, Nordic Council of Ministers, et al., 2001]

4.2.10.2 Utilisation d'eau froide d'une rivière ou d'un lac pour prérefroidir l'eau glacée

Description

De l'eau glacée sert de fluide de refroidissement, par exemple pour refroidir le lait et les légumes. Pour prérefroidir cette eau glacée, on peut utiliser de l'eau froide provenant d'une rivière ou d'un lac.

Arguments motivant la mise en application

La consommation électrique baisse dans une certaine mesure, selon la température de l'eau de la rivière.

Interactions entre les milieux

Le pompage de l'eau vers la tour de réfrigération consomme de l'énergie. L'eau de rivière retourne dans la rivière sans polluant mais à une température légèrement plus élevée.

Données d'exploitation

Dans un exemple de laiterie, de l'eau de rivière froide est pompée dans la tour de réfrigération où l'eau chaude d'un circuit fermé d'eau glacée est prérefroidie avant son refroidissement final dans un réservoir d'eau glacée. L'eau de rivière est ensuite rejetée dans la rivière. L'énergie destinée au refroidissement et économisée par le système correspond à une baisse de température comprise entre 7 et 10 °C.

Domaines d'application

Applicable lorsque le site se situe près d'une rivière d'eau froide.

Données financières

Le système nécessite des canalisations aller et retour vers la rivière, ainsi qu'une unité de pompage performante et une cuve de stockage. Un exemple de laiterie enregistre des coûts d'investissements d'environ 230 000 euros et des économies annuelles de 23 000 euros environ.

Arguments motivant la mise en application

Baisse des coûts énergétiques.

Exemples de site

Laiterie en Suède.

Bibliographie de référence

[42, Nordic Council of Ministers, et al., 2001]

4.2.10.3 Refroidissement en circuit fermé

Description

L'eau sert à refroidir par exemple un pasteurisateur ou un fermenteur. L'eau est recyclée en passant par une tour de réfrigération ou un refroidisseur connecté à une centrale frigorifique ; en d'autres termes, l'eau est glacée à nouveau puis renvoyée vers les équipements à refroidir. S'il faut prévenir l'apparition d'algues ou de bactéries, des produits chimiques peuvent être ajoutés à l'eau recyclée. L'eau de refroidissement peut être sinon réutilisée pour les tâches de nettoyage.

Arguments motivant la mise en application

Réduction de la consommation d'eau et du traitement des eaux usées.

Interactions entre les milieux

La réfrigération de l'eau de refroidissement peut nécessiter de l'énergie. Il peut être possible de récupérer une partie de cette chaleur.

Données d'exploitation

On note que le refroidissement en circuit fermé peut économiser 80 % d'eau comparé à un circuit ouvert. Cette différence peut revêtir une grande importance dans les régions où l'eau n'est pas aisément accessible. L'eau de refroidissement à usage unique qui n'entre pas en contact avec

les matières FDM n'entraînera pas de contaminants et peut être rejetée directement dans les eaux de réception. Cependant, elle véhiculera une charge thermique. L'eau de refroidissement non contaminée à usage unique qui traverse une SEEU augmente la consommation énergétique et provoque une dilution sans réduire la charge globale. Par conséquent, la décharge directe est une meilleure méthode.

Dans les installations avec tour de réfrigération à recirculation, l'eau de refroidissement est constamment recyclée en passant par une tour de réfrigération. Toutefois, faire circuler l'eau par la tour de réfrigération maintient un important taux d'oxygène dissous qui provoque de la corrosion à l'intérieur du circuit, et l'évaporation de l'eau à la tour peut former des solides en suspension. Il se peut donc que l'eau recyclée doive être traitée contre la corrosion et qu'il soit nécessaire de rejeter périodiquement une certaine quantité d'eau pour prévenir la formation d'un excès de solides dissous. Par ailleurs, il faut veiller à contrôler les conditions de croissance de la bactérie *Legionella* qui peut provoquer la légionellose par l'aspersion à partir des tours de réfrigération. Les systèmes en circuit fermé réduisent à un minimum la corrosion et n'entraînent pas de formation de solides dissous.

Si l'entreprise peut bénéficier d'une grande source d'eau telle qu'une rivière à haut débit, les effets sur les autres éléments environnementaux associés au refroidissement en circuit fermé risquent d'être plus importants. Si la rivière peut fournir le volume requis et supporter la charge thermique sans nuire à la faune aquatique ou à d'autres consommateurs de l'eau de surface, et si l'eau ne devient pas polluée, l'eau de refroidissement à usage unique peut être une meilleure solution environnementale. L'eau de refroidissement à usage unique consommera également de l'énergie pour son pompage aller et retour. Il faudra vérifier l'absence de fuite dans le système en cours de refroidissement pour ne pas contaminer l'eau rejetée.

Dans un exemple de brasserie d'une capacité de 500 000 hl/an, un système de refroidissement en circuit fermé a été mis en place dans un tunnel de pasteurisation pour remplacer le système ouvert qui refroidissait avec de l'eau propre. La réduction de la consommation d'eau a été estimée à 50 000 m³/an.

On note que le refroidissement du fermenteur s'en est trouvé amélioré en utilisant un système de refroidissement en circuit fermé équipé d'un condenseur et d'une pompe de recirculation.

Dans la fabrication du sucre, l'eau de refroidissement refroidit les turbines génératrices d'électricité sur le site. Normalement, l'eau de refroidissement est pompée dans une rivière et circule une fois autour d'une turbine avant d'être rejetée dans la rivière.

Domaines d'application

Applicable dans les laiteries, les brasseries, la production de boissons non alcoolisées et de sucre à partir de betteraves sucrières.

Données financières

Dans un fermenteur, on a note que les dépenses sont moyennes mais la période d'amortissement courte.

Dans l'exemple de brasserie mentionnée ci-dessus, le coût d'installation de la tour de réfrigération et d'autres appareils nécessaires s'est élevé à 45 000 dollars US (avant 1996) et la période d'amortissement à un an environ.

Arguments motivant la mise en application

Baisse de la consommation d'eau et du volume des eaux usées ; économies en résultant.

Bibliographie de référence

[13, Environment Agency of England and Wales, 2000, 23, Envirowise (UK) and Dames & Moore Ltd, 1998, 59, Danbrew Ltd., 1996, 222, CIAA-Federalimentare, 2003, 223, Italy M. Frey, 2003]

4.2.11 Congélation

Pour connaître les techniques associées à la réfrigération, voir la section 4.2.15.

4.2.11.1 Rendement énergétique de la congélation

Les principales économies d'énergie concernent les domaines du refroidissement et de la congélation. On peut faire des économies en réglant correctement les paramètres de service, tels que la température de l'évaporateur, la vitesse du tapis convoyeur et la puissance de la soufflante du tunnel de congélation. Ces valeurs dépendent du produit transformé et de la cadence de production. La consommation énergétique des dispositifs électriques du tunnel de congélation peut être réduite au maximum en installant des convertisseurs de fréquences (voir la section 4.2.13.9) sur les soufflantes et sur le convoyeur du distributeur, et en optant pour un éclairage à faible consommation électrique et haute performance.

4.2.11.2 Réduction de la pression de condensation

Description

Le rendement ou le COP de l'unité de congélation est principalement déterminé par la pression de l'évaporateur et par la pression de condensation. La baisse de cette dernière élève le COP et réduit la consommation énergétique. Pour maintenir la pression de condensation aussi basse que possible, on installe des unités de condensation suffisamment puissantes.

Arguments motivant la mise en application

Diminution de la consommation énergétique.

Domaines d'application

Appliqué dans la congélation et la réfrigération de denrées alimentaires emballées et non emballées.

Bibliographie de référence

[31, VITO, et al., 2001, 32, Van Bael J., 1998]

4.2.11.3 Réduction de la température de condensation

Description

La baisse de la température de condensation élève le COP et réduit la consommation énergétique. Pour obtenir cette baisse, il faut installer des batteries de condenseur assez puissantes pour obtenir des températures de condensation suffisamment basses, même en été, haute saison pour le secteur des légumes.

On peut également obtenir des températures basses en maintenant les condenseurs en état de propreté et remplacer ceux qui sont fortement corrodés. Des condenseurs bloqués provoquent une hausse des températures et une baisse de la puissance de refroidissement, ce qui ne permet pas d'atteindre la température demandée.

Par ailleurs, s'assurer que l'air qui pénètre dans les condenseurs est le plus froid possible favorise la baisse de la température de condensation. Plus l'air qui entre dans le condenseur est chaud, plus la température de condensation est élevée. Ce phénomène peut être limité en isolant si nécessaire les condenseurs, en s'assurant que l'air chaud n'est pas recirculé, en retirant ce qui gêne le passage de l'air et en évitant le gel nocturne.

Arguments motivant la mise en application

Diminution de la consommation énergétique.

Données d'exploitation

Abaisser la température de condensation d'un degré Celsius élève le COP de 2 %. Abaisser la température de condensation de 5 °C réduit la consommation électrique de 10 %.

Domaines d'application

Appliqué dans la congélation et la réfrigération de denrées alimentaires emballées et non emballées.

Bibliographie de référence

[32, Van Bael J., 1998, 69, Environment Agency of England and Wales, 2001]

4.2.11.4 Hausse de la température d'évaporation

Description

Hausser la température d'évaporation améliore le rendement énergétique. Pour cela, on peut optimiser simultanément divers tunnels de congélation, comme le montre la Figure 4.57. Cette optimisation doit être réalisée à nouveau après la fermeture d'un tunnel, lors d'un changement de produit ou d'une modification du débit.

Arguments motivant la mise en application

Baisse de la consommation énergétique.

Données d'exploitation

On note que si la température de l'évaporateur augmente d'un degré Celsius, le COP augmente de 4 % et la capacité de réfrigération de 6 %.

Une étude flamande sur la consommation énergétique pendant la congélation de légumes dans un tunnel de congélation a montré que les économies les plus importantes sont obtenues en réglant la température de l'évaporateur, la durée de séjour des légumes dans le tunnel de congélation, les débits d'air par rapport à la quantité de légumes et au type de légumes. Cette étude indique qu'il n'est pas toujours nécessaire de régler la température de l'évaporateur sur le niveau le plus bas, à savoir -40 °C, pour obtenir une congélation de bonne qualité. En outre, il est très important de surveiller la température du produit après être sorti du tunnel. Il n'est pas nécessaire d'avoir des températures basses, à savoir inférieures à -18 °C, car les légumes seront par la suite stockés dans un endroit confiné à -18 °C. Des températures élevées, c'est-à-dire supérieures à -16 °C, détériorent la qualité de congélation. Dans le pire des cas, le bloc de légumes entier peut geler pendant le stockage dans les caisses. La Figure 4.57 récapitule les conclusions de l'étude.

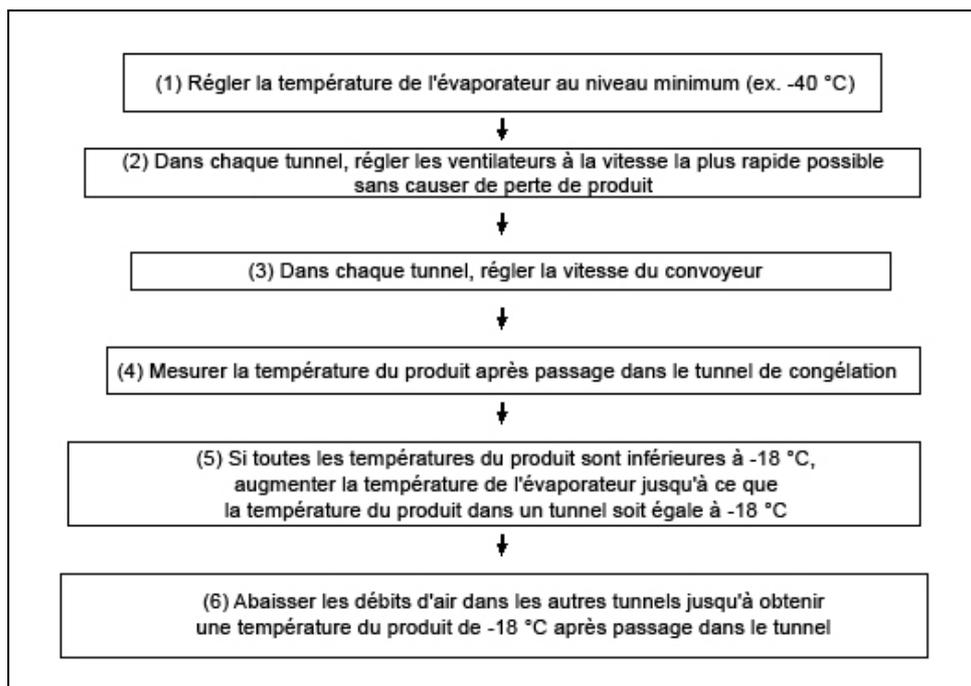


Figure 4.57 : Optimisation des tunnels de congélation dans la production de légumes surgelés
En se référant à la Figure 4.57 :

- 1) La température de l'évaporateur de l'unité de congélation est réglée sur la position la plus basse, c'est-à-dire -40 °C.
- 2) Les ventilateurs sont réglés sur le débit d'air maximum autorisé sans gaspiller du produit. Si les soupapes de réglage de l'air sont entièrement ouvertes ou si la vitesse de rotation est réglée sur la fréquence maximale, le produit est projeté et quitte la plaque. Dans ce cas, les soupapes se ferment davantage ou la fréquence baisse.
- 3) En réglant la vitesse du tapis convoyeur, inversement proportionnelle au temps de séjour du produit sur le tapis, il faut veiller à ce que la couche de légumes ne soit pas trop mince. Ce facteur crée toujours des passages d'air fixes dans le plateau de légumes, ce qui fait que les autres parties du plateau reçoivent moins d'air. Par ailleurs, la couche ne doit pas être trop épaisse car ceci provoque une congélation en bloc des couches inférieures. Tandis que la pression exercée sur le plateau de légumes monte, la vitesse de l'air diminue, enlevant moins de chaleur.
- 4) La température du produit est mesurée dans chaque tunnel de congélation. Pour effectuer les mesures, on remplit un conteneur isolé de produit. On fait le relevé dès que la température se stabilise. Immédiatement après la congélation, la température extérieure est plus basse que celle du centre.
- 5) Si la température du produit est inférieure à -18 °C dans tous les tunnels, la température de l'évaporateur est augmentée. Cette opération est reprise jusqu'à ce que la température du produit dans l'un des tunnels est égale à -18 °C. Si, dans l'un des tunnels, la température du produit est supérieure à -18 °C alors que l'évaporateur est réglé sur la position la plus basse, il faut ralentir la cadence des légumes passant dans le tunnel concerné.
- 6) Dans les autres tunnels de congélation, le débit d'air est diminué si un produit atteint -18 °C.

Domaines d'application

Appliqué dans la congélation de denrées alimentaires emballées et non emballées.

Bibliographie de référence

[31, VITO, et al., 2001, 32, Van Bael J., 1998]

4.2.11.5 Utilisation de moteurs hautes performances pour entraîner les ventilateurs

Description

Les moteurs d'entraînement des ventilateurs sont installés dans le tunnel de congélation. Par conséquent, l'énergie électrique alimentant les moteurs doit être dissipée par l'unité de congélation. La sélection de moteurs d'entraînement hautes performances permet non seulement d'économiser de l'électricité, grâce à une moindre consommation des appareils, mais elle produit également des économies indirectes en réduisant la charge à refroidir de l'unité frigorifique.

Arguments motivant la mise en application

Diminution de la consommation énergétique.

Domaines d'application

Appliqué dans la congélation de denrées alimentaires emballées et non emballées.

Bibliographie de référence

[31, VITO, et al., 2001, 32, Van Bael J., 1998]

4.2.11.6 Réduction de la puissance des ventilateurs pendant les arrêts de production courts

Description

Pendant la congélation de denrées alimentaires, il se produit régulièrement des problèmes d'alimentation du congélateur pendant une phase de transformation ou lors d'un changement de produits. Pendant ces périodes, il est toutefois important de maintenir l'intérieur du tunnel de congélation vide à une température suffisamment basse. Pour cela, les ventilateurs doivent continuer de fonctionner mais les débits d'air peuvent être réduits en réglant les moteurs munis de vitesses de rotation réglables sur la fréquence la plus basse. De plus, il est possible d'arrêter un certain nombre de ventilateurs. Ces mesures réduisent la consommation d'énergie des ventilateurs et de l'unité frigorifique.

Arguments motivant la mise en application

Diminution de la consommation énergétique.

Données d'exploitation

Toute réduction de la puissance des ventilateurs d'un kW produit des économies globales comprises entre 1,4 et 1,6 kW_e.

Domaines d'application

Appliqué dans la congélation de denrées alimentaires emballées et non emballées.

Bibliographie de référence

[31, VITO, et al., 2001, 32, Van Bael J., 1998]

4.2.11.7 Exploitation sans dégivrage automatique pendant les arrêts de production courts

Description

Pendant la congélation de denrées alimentaires, il se produit régulièrement des problèmes d'alimentation du congélateur pendant une phase de transformation ou lors d'un changement de produits. Pendant ces périodes, il est toutefois important de maintenir l'intérieur du tunnel de congélation vide à une température suffisamment basse. Pour réduire la consommation énergétique pendant ces arrêts, il est possible d'éteindre le dégivrage automatique des évaporateurs car un tunnel de congélation vide ne véhicule pas ou peu d'humidité ou d'eau, par exemple l'eau entre et sort uniquement avec les aliments. Cette mesure évite de refroidir à nouveau l'évaporateur après le dégivrage.

Arguments motivant la mise en application

Diminution de la consommation énergétique.

Données d'exploitation

Un exemple d'évaporateur en acier pèse autour de 2 tonnes. Pour refroidir à nouveau cette masse de 15 à -35 °C, ça demande environ 13,33 kWh (48 MJ) d'électricité. Par conséquent, l'arrêt du dégivrage automatique pendant les arrêts de production courts réduit la consommation du compresseur, ce qui correspond à des économies de 5 à 9 kWh pour un évaporateur qui n'est pas dégivré.

Domaines d'application

Appliqué dans la congélation de denrées alimentaires emballées et non emballées.

Bibliographie de référence

[31, VITO, et al., 2001, 32, Van Bael J., 1998]

4.2.12 Conditionnement et remplissage

Aux fins du présent document, les déchets d'emballage provenant du procédé de production sont réduits à un minimum.

Le conditionnement est très largement utilisé dans tout le secteur FDM car les produits doivent être emballés à l'intention du distributeur et du consommateur pour des raisons sanitaires, pour informer, plaire au consommateur, protéger le produit, afficher la marque et mettre en valeur le produit sur des marchés souvent très compétitifs [47, Envirowise (UK) et Aspinwall & Co., 1999]. Cette règle s'applique aux emballages vrac et emballages individuels. Il faut prendre en compte les principes régissant l'hygiène, par exemple en suivant les principes HACCP.

Au Royaume-Uni, le secteur FDM utilise plus de 50 % du total des emballages annuels (4 à 5 millions de tonnes par an). Ces emballages représentent environ 4 000 millions de GBP de matières premières. En moyenne, l'emballage représente 13 % du coût de production du secteur UK [47, Envirowise (UK) et Aspinwall & Co., 1999].

4.2.12.1 Sélection des matériaux d'emballage

Description

L'analyse de la durée de vie des emballages ne fait pas partie du domaine d'étude du présent document.

Les matériaux d'emballage sélectionnés peuvent diminuer l'impact environnemental. Pour réduire le plus possible les déchets, le poids et le volume de chaque matériau et de son contenu recyclé doit être pris en compte, ainsi que les possibilités de réutilisation, recyclage et mise au rebut. Souvent, on peut remplacer un matériau par un autre, par exemple le film rétractable recyclable pourrait remplacer les barquettes en carton et les films rétractables.

En fonction du matériau choisi, l'emballage pourra être réutilisé ou non par l'entreprise et à l'extérieur, par exemple pour un second remplissage chez le fournisseur.

Il est possible de sélectionner des matériaux facilement recyclables, d'éviter les matériaux composites, d'étiqueter les emballages pour indiquer leur composition et de réduire la contamination des emballages entre eux, par exemple en collant des étiquettes en papier sur des manchons en plastique. Ceci demande la coopération du fabricant d'emballages ou du fournisseur de l'entreprise FDM et, le plus souvent, le client en aval, notamment s'il s'agit d'un détaillant. Un traiteur peut accepter plus facilement des produits en vrac, sans un emballage qui attire l'attention.

La sélection de matériaux d'emballage doit s'appuyer sur les exigences essentielles exposées à l'Article 9 et l'Annexe II de la Directive 94/62/EC sur les emballages et déchets d'emballage [213, EC, 1994]. Cette sélection doit prendre en compte la présence de substances nocives et dangereuses en matière d'émissions atmosphériques, de cendres ou de lessive pendant l'opération d'emballage, et des résidus s'ils sont incinérés ou ensevelis. Le recyclage d'emballages peut dégager des émissions dans l'environnement issues des composants de l'emballage et des résidus de produit qu'ils contiennent. Des plafonds ont été fixés pour le cadmium, le mercure, le plomb et le chrome hexavalent. Lors du recyclage et / ou compostage des matériaux, il faut tenir compte de leurs propriétés de récupération, c'est-à-dire leur biodégradabilité et / ou la récupération énergétique, à savoir la valeur calorifique. La Directive 94/62/EC en fixe les modalités dans le détail. Le vidage, la collecte, le tri, la séparation et le recyclage nécessaires à la réutilisation des matériaux récupérés sont influencés par les matériaux et les combinaisons de matériaux utilisés.

À titre d'exemple, les matériaux naturels tels que le bois, les fibres de bois, les fibres de coton, la pulpe de papier et la jute qui n'ont pas subi de transformation chimique peuvent être acceptés comme étant biodégradables sans tests supplémentaires.

Arguments motivant la mise en application

Consommation réduite de matériaux non renouvelables et diminution du volume des déchets.

Interactions entre les milieux

Comme les emballages conçus pour être réutilisés sont souvent plus lourds que les emballages jetables équivalents, leur manutention et transport peut demander un surplus d'énergie. Les emballages qui peuvent entrer en contact avec le produit doivent être nettoyés avant de les réutiliser, opération qui consomme de l'eau et des détergents et produit des eaux usées.

Domaines d'application

Applicable à toutes les installations FDM.

Données financières

Diminution des frais de mise au rebut.

Arguments motivant la mise en application

Réglementation, en particulier la Directive 94/62/EC.

Bibliographie de référence

[64, Environment Agency of England and Wales, 2001, 213, EC, 1994]

4.2.12.2 Conception d'emballage optimisée - pour réduire les volumes d'emballage

Description

L'analyse de la durée de vie des emballages ne fait pas partie du champ d'étude du présent document.

En matière de déchets d'emballage, on prévient la pollution en suivant l'ordre de réduction des déchets suivant : ne pas utiliser d'emballage, réduire les emballages, réutiliser les emballages et recycler les emballages.

On peut utiliser le volume optimal d'emballage primaire et secondaire, en tenant compte de la taille, de la forme, du poids et des conditions de distribution du produit, ainsi que des matériaux d'emballage sélectionnés. L'emballage peut être sélectionné pour remplir son objectif, réduire le volume de matériau utilisé, augmenter la quantité de produits par palette et optimiser le stockage en entrepôt. Ce faisant, il faut également veiller à ce que les emballages apportent toujours la même protection au produit, sans accroître les risques de gaspillage.

La sélection de matériaux d'emballage doit s'appuyer sur les exigences essentielles exposées à l'Article 9 et l'Annexe II de la Directive 94/62/EC sur les emballages et déchets d'emballage [213, EC, 1994]. L'une des méthodes de mise en conformité de son exploitation consiste à suivre les normes harmonisées, comme la norme EN 13428 Emballage – exigences spécifiques à la fabrication et la composition – prévention par réduction à la source (l'application de cette norme permet d'être en conformité avec le troisième paragraphe de l'Annexe II(1) de la directive) et la norme EN 13432 Emballage – exigences concernant les emballages récupérables par compostage et biodégradation – protocole d'essais et critères d'évaluation pour la validation finale des emballages. À l'heure de la rédaction du présent document, d'autres normes harmonisées sont en cours d'élaboration.

Arguments motivant la mise en application

Réduction de la consommation de matériaux d'emballage et des déchets dans le périmètre de l'entreprise et sur le lieu de déballage.

Données d'exploitation

Une entreprise de confiserie a investi dans une emballeuse qui a permis d'éliminer l'habillage intérieur de son paquet à rembourrage de biscuits. La consommation de polypropylène a donc baissé de 100 t/an.

Un fabricant d'aliments pour animaux de compagnie a abaissé les côtés de ses plateaux de transport en carton, tout en conservant la même résistance. Cette initiative a réduit les déchets et a économisé 49 % de carton ondulé et d'encre.

Dans une conserverie et fabrique de beurre de cacahouètes, une étude de la ligne de conditionnement a constaté que de l'électricité statique associée au film du manchon ralentissait l'automatisme à poser des manchons inviolables. En augmentant l'épaisseur du film de 20 µm, la cadence de la machine pouvait continuer de traiter 250 pots la minute et le nombre d'arrêt a diminué de 40 %. Les économies de film se sont élevées à elles seules à 25 000 GBP/an.

Domaines d'application

Largement applicable.

Données financières

L'entreprise de confiserie a indiqué une période d'amortissement inférieure à 2 ans. Le fabricant d'aliments pour animaux de compagnie a économisé 100 000 GBP par an.

Arguments motivant la mise en application

Utilisation d'emballages réduite.

Exemples de site

Un fabricant de biscuits et un fabricant d'aliments pour animaux de compagnie.

Bibliographie de référence

[11, Environment Agency of England and Wales, 2000, 31, VITO, et al., 2001]

4.2.12.3 Tri des matériaux d'emballage pour optimiser l'utilisation, la réutilisation, la récupération, le recyclage et la mise en décharge

Description

Les fournisseurs de matières premières, d'additifs et de produits chimiques détergents peuvent reprendre leurs conteneurs vides en plastique, bois ou métal pour les recycler. Si l'opérateur de l'installation et le fournisseur décident d'utiliser les conteneurs les plus grands possibles, ceci peut leur faciliter la tâche. Par ailleurs, les matériaux d'emballage utilisés et triés peuvent être recyclés s'il ne peuvent pas être réutilisés.

Le tri des déchets d'emballage peut permettre de recycler les déchets et de réduire la quantité qui sera enfouie. L'entreprise peut même les vendre. Ce procédé peut se résumer simplement à mettre par exemple le papier, le bois, le plastique et les aliments dans différentes bennes. Ou bien il peut mettre en œuvre un procédé plus complexe tel que l'utilisation d'un macérateur pour faciliter la séparation de l'emballage et du produit.

Concrètement, le film plastique protecteur entourant les bouteilles destinées aux lignes d'embouteillage peut être collecté, compressé sous forme de balles puis envoyé au recyclage.

Arguments motivant la mise en application

Prévention de déchets ; favorise le recyclage des emballages comme des matières FDM.

Interactions entre les milieux

Si des conteneurs vides sont retournés sans avoir été nettoyés, il n'y pas d'incidences sur les autres milieux. Les conteneurs qui entrent en contact avec les aliments doivent respecter les normes sanitaires requises ; ils devront donc être nettoyés avant d'être réutilisés. Cette opération peut créer de la poussière, nécessiter des produits chimiques, produire des eaux usées et consommer de l'énergie. Le transport retour de l'utilisateur vers le fournisseur peut avoir des incidences sur l'environnement.

Données d'exploitation

Un fabricant de desserts a mis au point en interne une machine qui sépare le produit rejeté en fin de ligne de son emballage. Ce procédé permet de compacter et de recycler les emballages carton et plastique, et de mélanger les rejets solides de produit avec des rejets liquides pour vendre le

tout comme aliment pour porcs. L'entreprise a enregistré une baisse du gaspillage, de la quantité de déchets et des frais de traitement des eaux usées.

Une entreprise peut réutiliser les bouteilles, les fûts, les tonneaux, les caisses en plastique et en métal, les conteneurs vrac moyens, les palettes, les fûts métalliques, les boîtes en plastiques et les plateaux en plastique. Le carton, le papier, le plastique, le verre et les métaux se recyclent ; Ces matériaux d'emballage peuvent être collectés sur les lieux de l'entreprise où ils sont vidés. Pour pouvoir réutiliser les emballages, l'entreprise doit avoir pris des dispositions, telles qu'un système en circuit fermé où le transport retour permet de réutiliser les emballages retournés. On note que ce procédé est habituellement plus performant lorsque les distances de transport sont relativement courtes. L'utilisation d'un dispositif de traçage, comme l'utilisation de codes-barres, pourrait faciliter la gestion des emballages de transport.

Domaines d'application

Applicable à toutes les installations FDM nouvelles et existantes qui utilisent divers matériaux d'emballage.

Données financières

Les chiffres varient d'un site à l'autre et dépendent des conditions convenues avec le fournisseur et / ou l'entreprise de recyclage. Les déchets et les frais de traitement des déchets sont diminués.

Arguments motivant la mise en application

Programmes de prévention et de recyclage des déchets et réglementation sur les déchets d'emballage. Baisse du volume des déchets et des frais de mise au rebut connexes.

Exemples de site

Au moins un fabricant de desserts au Royaume-Uni.

Bibliographie de référence

[11, Environment Agency of England and Wales, 2000, 31, VITO, et al., 2001]

4.2.12.4 Rendement de la ligne de conditionnement optimisé

Description

Les lignes de conditionnement mal conçues et mal exploitées font perdre à de nombreuses entreprises jusqu'à 4 % de produit et d'emballage. Pour développer le rendement et la productivité, et pour réduire les déchets, il faut sélectionner des machines unitaires de manière à ce qu'ensemble, elles fonctionnent efficacement.

Il est important de faire fonctionner la machine la plus lente de la ligne de production à sa puissance maximum. Elle ne devrait jamais rester sous-alimentée. Le rendement de la ligne de conditionnement peut être surveillé, par exemple sur une base hebdomadaire, en mesurant les principaux indicateurs de performance, comme le ratio de production de déchets. Les valeurs optimales et réelles de l'emballuse peuvent être représentées sous forme graphique pour savoir si la machine est exploitée à son rendement optimal. D'autres valeurs peuvent également faire l'objet de graphes pour démontrer la fiabilité des machines individuelles; Le nombre de rejets pendant un poste ou une journée et le nombre d'immobilisation peuvent faire partie des principaux indicateurs de performance.

Arguments motivant la mise en application

Gaspillage de produit et d'emballage réduit.

Interactions entre les milieux

Normalement aucune ; cependant, l'un des exemples cités dans la section Données d'exploitation ci-dessous a utilisé un film plus épais, mais cette caractéristique a été compensé par les économies enregistrées sur les déchets.

Données d'exploitation

Dans un exemple de grande brasserie, pour lutter contre le rendement insatisfaisant de la ligne de conditionnement, on a créé des équipes pour surveiller les performances et définir les zones à

problème. Grâce à une bonne connaissance des lignes de conditionnement, les équipes ont pu intervenir pour réduire les arrêts et accroître le rendement. Cette initiative a réduit les frais d'exploitation et le gaspillage, et a économisé plus de 137 000 GBP/an.

Une étude réalisée dans une laiterie a constaté que les capteurs de la ligne de conditionnement montés sur une glissière pour cols de bouteille se trouvaient trop près de la soutireuse de base. Les capteurs étant recouverts d'écume de lait, ils ne pouvaient pas détecter les blocages des cols de bouteille. 20 000 bouteilles étaient ainsi rejetées par semaine. En changeant les capteurs de position, la société a pu économiser 35 000 GBP/an de frais de mise en décharge des bouteilles en polypropylène abîmées et 5 000 GBP/an de lait gaspillé et de frais de retransformation, tout en bénéficiant d'une productivité accrue.

Domaines d'application

Applicable à toutes les installations FDM, les nouvelles comme les existantes, qui possèdent des machines de remplissage automatisées.

Données financières

Voir les économies citées dans l'exemples de site de la section Données d'exploitation ci-dessus.

Arguments motivant la mise en application

Diminution du gaspillage de produit et d'emballage, et économies liées.

Exemples de site

Largement appliqué au secteur FDM et à d'autres secteurs.

Bibliographie de référence

[11, Environment Agency of England and Wales, 2000]

4.2.12.5 Réduction des déchets en optimisant la cadence de la ligne de conditionnement

Description

Il est possible d'optimiser le rendement des lignes de conditionnement et de régler les cadences machine pour s'assurer que le produit sera pesé en portions précises et au rythme de l'operculeuse.

Arguments motivant la mise en application

Moindre gaspillage de produit et d'emballage.

Données d'exploitation

Après avoir surveillé les performances de ses lignes de conditionnement, un exemple de fabrication de bonbons a découvert que la cadence inadéquate de la machine faussait le pesage du produit et perturbait le thermosoudeur qui tombait en panne. Un simple ajustement de la cadence a permis d'économiser du produit, des emballages, ainsi que de travail de retraitement et de mise au rebut. Parmi les autres avantages figuraient une hausse de la productivité et une réduction des déchets de 500 t/an.

Domaines d'application

Applicable à toutes les activités FDM qui utilisent des machines à operculer-garnir-former.

Données financières

L'entreprise prise comme exemple a enregistré plus de 120 000 GBP/an d'économies. La hausse de productivité et la réduction des charges d'enfouissement des déchets ont généré par ailleurs des profits supplémentaires.

Arguments motivant la mise en application

Productivité améliorée.

Exemples de site

Au moins une fabrication de bonbons au Royaume-Uni.

Bibliographie de référence

[11, Environment Agency of England and Wales, 2000]

4.2.12.6 Utilisation de peseuses de contrôle en ligne pour éviter de faire déborder les emballages

Description

L'utilisation de peseuses de contrôle en ligne peut réduire le gaspillage de produit. Les remplissages excessifs peuvent constituer une source de gaspillage car le produit déborde et reste collé dans les couvercles en les contaminant, par exemple dans les machines de formage – remplissage – operculage. Ces trop-pleins doivent être rejetés. Des techniques telles que le contrôle statistique des procédés peuvent être utilisées pour surveiller les débordements et déterminer si les automatismes requièrent un réglage. Cette tâche peut également être exécutée par un opérateur vigilant et formé chargé de veiller au réglage optimal de la remplisseuse.

Arguments motivant la mise en application

Diminution du gaspillage si les débordements gaspillent du produit ou contaminent les opercules d'emballage.

Données d'exploitation

Une machine neuve fonctionnant à une cadence de remplissage de 400 g peut enregistrer des déviations standard de 0,5 g, soit 0,125 %. Les anciennes machines peuvent présenter des déviations encore plus élevées, à savoir entre 0,15 % et 0,25 %.

Domaines d'application

Applicable à toutes les installations équipées de remplisseuses automatiques.

Données financières

Économies réalisées en ne remplissant pas les sachets plus que nécessaire et en réduisant le gaspillage dû aux débordements.

Arguments motivant la mise en application

Respect de la réglementation “poids et mesures”.

Exemples de site

Les usines, dont des installations FDM, équipées de nouvelles remplisseuses relèvent des débordements faibles (0,125 %) ; celles équipées de machines plus anciennes enregistrent des débordements compris entre 0,15 % et 0,25 %.

Bibliographie de référence

[11, Environment Agency of England and Wales, 2000, 198, FPME, 2003]

4.2.13 Génération et consommation d'énergie

4.2.13.1 Cogénération de chaleur et d'électricité (CHP) – Vue d'ensemble de la situation européenne

La production d'électricité par la technique CHP représentait 11 % de la production électrique globale de l'UE des 15 en 1998, chiffres qui correspondaient à des économies énergétiques comparables à la consommation énergétique brute annuelle de l'Autriche ou de la Grèce. Une proposition de directive visant à économiser de l'énergie et à lutter contre les changements climatiques en encourageant la CHP a été présentée par la CE le 23 juillet 2002 [90, EC, 2002]. La directive proposée encourageait les États-membres à soutenir la CHP en identifiant systématiquement et en concrétisant progressivement les potentialités nationales en matière de CHP hautes performances. Les États-membres devaient rendre compte des progrès réalisés dans ce sens et des mesures prises dans ce domaine.

4.2.13.1.1 Cogénération de chaleur et d'électricité (CHP)

Description

La cogénération de chaleur et d'électricité (CHP) est une technique qui produit de la chaleur et de l'électricité par un seul procédé. La cogénération de chaleur et d'électricité produite par l'entreprise peut servir aux processus de transformation alimentaire qui consomment des charges thermiques et électriques équilibrées. A titre d'exemple, la fabrication du sucre demande de l'énergie thermique et électrique à chaque stade du procédé. L'électricité alimente l'éclairage, le contrôle de procédé d'atelier et le moteur des machines. La vapeur et l'eau chaude chauffent les cuves de procédé et les locaux. Comme la taille des laiteries augmente, les quantités d'énergie thermique et électrique indispensables aux séquences d'évaporation / de séchage augmentent, faisant de la CHP une solution alternative possible.

Arguments motivant la mise en application

Réduction de la consommation énergétique et des émissions atmosphériques, comme le NO_x, le CO₂ et le SO₂.

Données d'exploitation

Le rendement énergétique de la CHP peut atteindre 90 %. Cette technique optimise l'utilisation des carburants fossiles et réduit la production de CO₂. Les nouvelles installations de CHP économisent au moins 10 % du carburant consommé par la production séparée de chaleur et d'électricité. Par ailleurs, les programmes de CHP au gaz permettent d'éliminer les émissions de SO₂ et de contrôler le NO_x pour respecter la réglementation environnementale. L'exploitation et la maintenance des équipements CHP modernes demandent très certainement moins d'efforts que nombre d'anciens systèmes de chaudières, car ils sont munis d'automatismes de contrôle et de surveillance.

Les rapports indiquent que la plus grande partie de l'énergie nécessaire à la fabrication du sucre est générée en brûlant du gaz, du mazout ou du charbon dans une chaudière qui le transforme en vapeur et en électricité au moyen d'appareils CHP. Dans ce secteur, le rendement global du combustible utilisé par la CHP dépasse les 70 %, le chiffre normal étant supérieur à 80 %. Ce rendement dépasse largement celui de n'importe quelle centrale électrique commerciale dont la vapeur n'est pas utilisée, y compris la dernière génération de turbines à gaz combinées, dont le rendement tourne autour de 55 %. L'entreprise peut vendre le surplus d'électricité produite à d'autres utilisateurs.

Dans la branche laitière, on note que la CHP représente une bonne solution car les phases d'évaporation / séchage demandent une grande quantité d'électricité et de chaleur thermique. A titre d'exemple, la CHP est très répandue pendant le séchage du petit lait et du lait, qui demande des températures et des pressions de vapeur élevées, par exemple entre 220 et 240 °C et 32 à 34 bars. Les pertes survenant dans la tuyauterie doivent également être prises en compte, ce qui oblige de produire de la vapeur à 40 bars minimum. La CHP est utilisée sur la base d'une turbine vapeur à contre-pression. Avec ce type d'équipement, la différence de pression présente dans la turbine génère de l'énergie mécanique qui entraîne un générateur électrique. Avant le séchage du petit lait et du lait, le procédé a besoin de vapeur à une température et à une pression plus basses. Cette vapeur basse pression peut être fournie soit en réduisant la pression par des soupapes d'étranglement, soit par la CHP avec une turbine vapeur à contre-pression. Du point de vue énergétique, la solution CHP est plus rentable que la réduction de pression car les soupapes d'étranglement "détruisent" l'énergie.

Si le séchage n'a pas lieu dans la laiterie et si la vapeur doit avoir une température et une pression beaucoup plus basses, la turbine vapeur à contre-pression ne convient pas parce que la différence de pression est trop faible, ce qui donne un mauvais rendement. Dans ce cas, on note que les centrales thermiques en montage bloc équipées de moteurs au gaz ou diesel, ou bien une installation CHP avec des turbines au gaz et des chaudières à chaleur résiduelle en aval sont mieux adaptées. La Figure 4.58 montre un diagramme Sankey qui compare les rendements énergétiques d'un générateur à turbine à gaz classique et d'une installation CHP dans une laiterie.

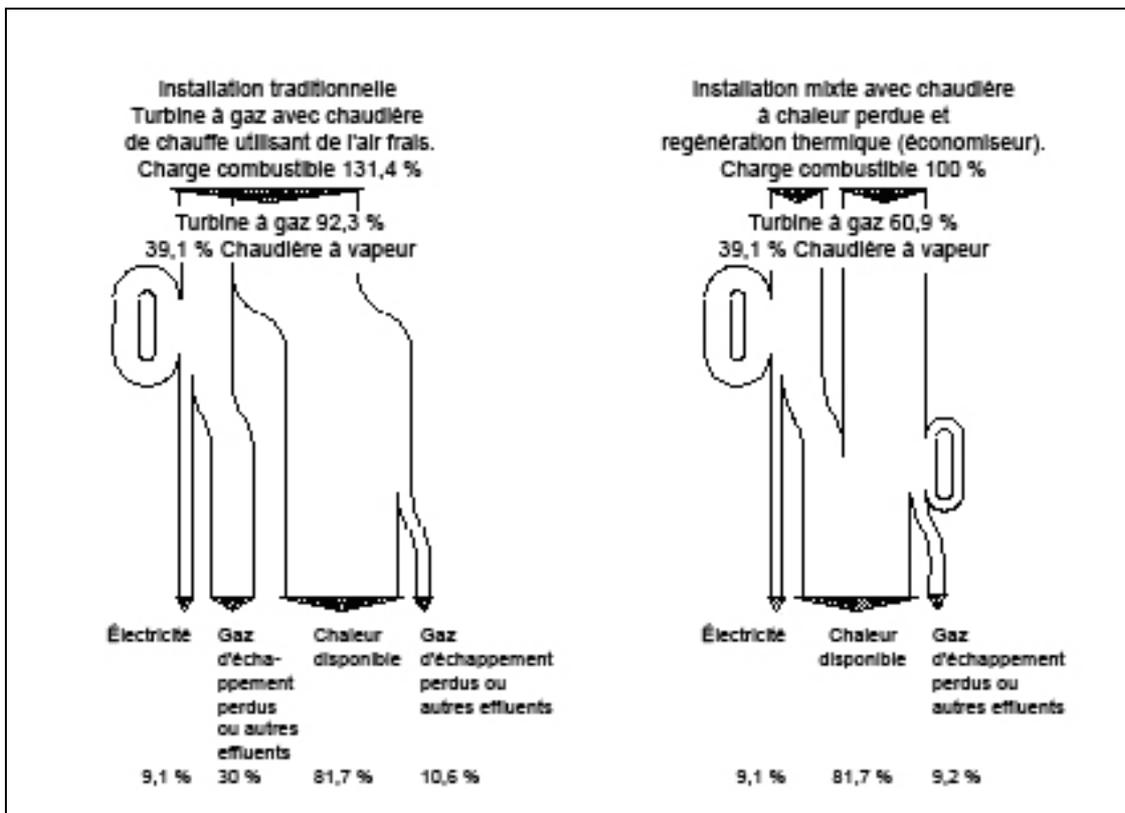


Figure 4.58 : Comparaison des rendements énergétiques entre un générateur à turbine à gaz classique et une installation CHP

Dans un exemple de brasserie, un système CHP génère de l'électricité avec un générateur à turbine à gaz de 4 000 kW. Les gaz d'échappement de la turbine produisent de la vapeur sous pression à 1,5 Mpa, en utilisant une chaudière à gaz d'échappement de 11 t/h. Cette vapeur est mélangée à de la vapeur haute pression provenant des chaudières existantes. Ce mélange entraîne un groupe frigorifique à turbine vapeur à contre-pression d'une capacité de 734 kW_{th}. Avec une pression ramenée à 0,6 MPa, la vapeur s'échappant de la turbine à contre-pression sert de source de chaleur qui entraîne un groupe frigorifique à absorption d'ammoniaque d'une puissance de 1,93 kW_{th}. Ce groupe fournit un réfrigérant secondaire, par exemple de la saumure, pour refroidir la bière. Ce système utilise en cascade l'énergie de la vapeur et réduit la consommation électrique totale de la brasserie de 820 kW : 220 kW pour le moteur entraîné par la turbine à vapeur et 600 kW pour le groupe frigorifique à absorption d'ammoniaque. Si le procédé se déroule par charges successives, le besoin en vapeur n'est pas constant. Dans ce cas, si l'entreprise utilisait uniquement le groupe frigorifique entraîné par turbine pour générer du froid, sa disponibilité dépendrait largement de cette demande variable en vapeur. On note que ce système peut être appliqué dans des fabrications de crème glacée car leur procédé de refroidissement consomme également beaucoup d'électricité et d'énergie. La Figure 4.59 montre le schéma de principe de ce système CHP installé dans une brasserie.

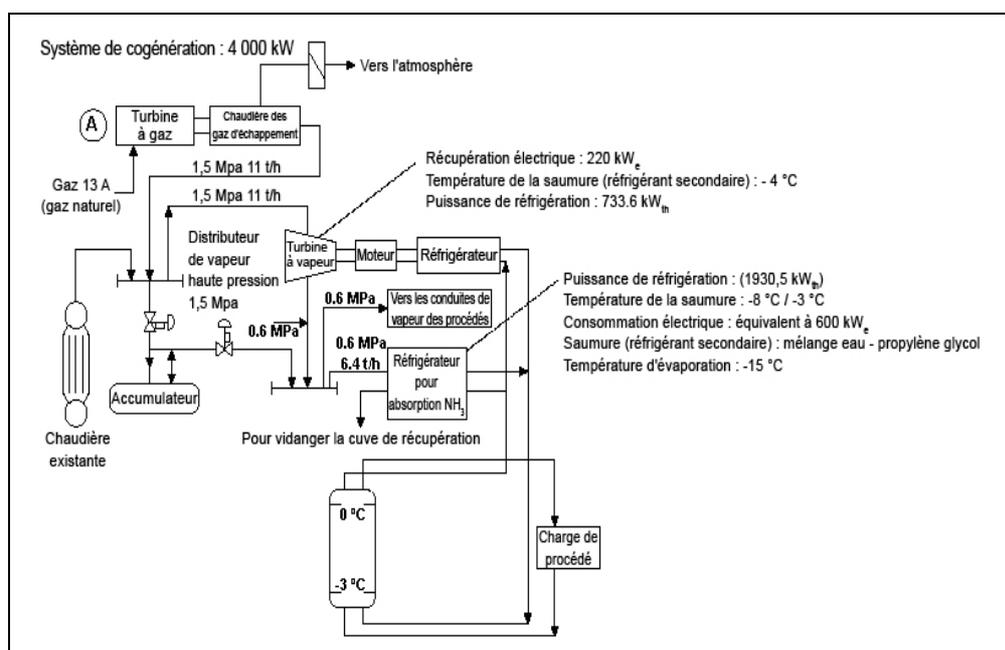


Figure 4.59 : Schéma de principe d'un système CHP installé dans une brasserie

Le système CHP décrit ci-dessus a réduit la consommation énergétique de la brasserie, à savoir la consommation électrique et de combustible de 14 % et la demande électrique de 40 %. La turbine à gaz avait un rendement nominal de 4 200 kW à 0 °C et brûlait du gaz naturel à faible émission de CO₂ dans un dispositif à combustion économique, avec combustible prémélangé et faible émission de NO_x. La combustion économique avec combustible prémélangé hausse le rendement de la turbine de 2 à 4 % tout en ramenant les émissions de NO_x à moins de 50 ppm, c'est-à-dire deux fois moins que les systèmes classiques où la réduction du NO_x est obtenue en injectant de l'eau et de la vapeur. Ce système a réduit les émissions de NO_x de la brasserie de 14,8 % et celles de CO₂ de 7,9 % par rapport à un système classique.

Par ailleurs, on note que les moteurs à gaz brûlant un combustible propre et à haut rendement thermique sont bien adaptés aux équipements CHP de petite taille, par exemple de 1 000 kW maximum. Un exemple de brasserie a installé un moteur à gaz de 596 kW avec un système de refroidissement qui récupère de la vapeur à partir d'eau en ébullition. Le CHP a été monté sur un fondement anti-vibrations, avec un générateur de 560 kW relié à un tambour à vapeur et à eau qui récupère 1 kg/cm² de vapeur basse pression directement à partir de l'eau de refroidissement du moteur. En alimentant une chaudière à chaleur résiduelle, les gaz d'échappement du moteur génèrent 8 kg/cm² de vapeur moyenne pression ; l'eau d'alimentation de la chaudière est préchauffée par un économiseur. Le CHP est équipé d'un convertisseur catalytique trois voies qui élimine le NO_x, d'un silencieux et de divers organes de commande indispensables. Il peut être surveillé à partir d'un central de commande. Les avantages environnementaux constatés englobent une génération électrique de 541 kW, de faibles émissions de NO_x et un niveau sonore bas. Les rendements de production électrique, de récupération de chaleur et le rendement global du CHP pendant 18 000 heures de service s'élèvent respectivement à 31,3, 45,6 et 76,9 %. L'électricité générée par le CHP a remplacé 25 % de l'électricité achetée au réseau public. Le CHP a également fourni 6 à 10 % de la vapeur exigée par les spécifications opérationnelles de la brasserie. L'amortissement s'est fait sur 4 ans.

Domaines d'application

Application étendue. Les domaines d'application de la CHP sont étroitement liés à plusieurs caractéristiques techniques. Bien que la CHP soit une technologie éprouvée et bien établie, il est crucial de prendre les bonnes décisions en matière de mise en application. Les principaux facteurs à prendre en compte sont les courbes de consommation électrique et thermique de l'entreprise et le ratio entre les consommations électrique et thermique. Parmi les autres critères importants, il faut savoir si l'installation est exploitée en continu et si les procédés présentent

d'importantes variations. Une règle simple consiste à savoir si le site consomme simultanément de la chaleur et de l'électricité pendant au moins 4 000 heures par an.

Données financières

Pour décider si la mise en oeuvre d'un système CHP est rentable, il faut tenir compte des tarifs de l'électricité et du gaz. Si le gaz et autres combustibles sont relativement chers et si l'électricité est bon marché, ces données vont à l'encontre du choix CHP. A titre d'exemple, si les tarifs électriques chutent ou si ceux du gaz augmentent, la rentabilité du CHP baissera. C'est possible sur un marché énergétique libre. Une option quelquefois appliquée consiste à concevoir l'installation CHP sur la base de la consommation thermique, en vendant l'excédent d'électricité sur le marché public. L'intérêt de cette option dépend largement du prix obtenu pour l'électricité vendue.

En ce qui concerne le financement de l'installation CHP, la tendance est au financement externe. Parfois, les entreprises créent des joint ventures avec les fournisseurs d'énergie, ou bien des tiers financent entièrement le système CHP. Le contrat de production d'électricité et de chaleur par le système CHP a normalement une durée de 10 à 15 ans.

Au Royaume-Uni, on a constaté que la CHP peut actuellement faire baisser la facture énergétique globale d'une entreprise de 20 %. Dans l'exemple de brasserie, les économies d'énergie se sont élevées à 16,2 %.

Exemples de site

Appliqué dans les fabrications de sucre, les laiteries, les brasseries et les distilleries.

Bibliographie de référence

[9, Verband der Deutschen Milchwirtschaft (German Dairy Association), 1999, 39, Verband der Deutschen Milchwirtschaft (German Dairy Association), 2001, 61, CEFS, 2001, 69, Environment Agency of England and Wales, 2001, 90, EC, 2002, 92, CADDET Energy Efficiency, 2000]

4.2.13.2 Rendement d'un générateur thermique

Le rendement est le rapport production - consommation énergétique d'un procédé. Le rendement d'un générateur thermique est le rapport entre l'énergie absorbée par le fluide caloporteur et l'énergie produite par le combustible, estimée sur la puissance calorifique la plus basse. La méthode courante de calcul du rendement d'un générateur thermique est désignée par le terme « méthode indirecte ». Cette méthode évalue les pertes thermiques de manière classique, à savoir par la chaleur détectable dans les fumées, par la combustion incomplète et par les dispersions à travers les parois du générateur.

Pour évaluer les pertes par la cheminée et les pertes résultants d'une combustion incomplète, on mesure généralement deux des paramètres suivants, à savoir le O₂, le CO₂ et le CO, puis on les utilise pour calculer le pourcentage de pertes avec le diagramme de combustion d'Ostwald.

Les pertes dues aux dispersions par les parois du générateur thermique suivent généralement la variation de charge. On peut les évaluer avec les diagrammes fournis par les fabricants de chaudières.

La surveillance du rendement est réalisée avec les contrôles suivants :

- Analyses des fumées et de l'O₂
- Utilisation du combustible et de la combustion de l'air
- Pression, température et capacité du fluide caloporteur dans l'appareil de chauffage, par exemple de l'huile diathermique, et du milieu caloporteur vers les consommateurs, par exemple de la vapeur ou de l'eau surchauffée.

4.2.13.2.1 Amélioration du rendement d'un générateur thermique

Description

La méthode indirecte de calcul du rendement d'un générateur thermique a donné les valeurs optimales pour l'analyse des fumées d'un chauffage à huile diathermique amorcé au méthane, installé dans une fabrique de pâtes alimentaires qui produit plus de 300 t/jour. Le Tableau 4.114 reprend ces valeurs.

O ₂ (pourcentage par volume dans les fumées sèches)	3 %
CO	< 70 mg/Nm ³
NO _x gazeux	< 250 mg/Nm ³

Tableau 4.114 : Valeurs optimales pour l'analyse des fumées d'une fabrique de pâtes alimentaires

Le rendement d'un générateur thermique peut être amélioré en réduisant les pertes ou en accroissant le rendement du transfert thermique par le milieu caloporteur. Pour réduire les pertes dans les fumées, on peut baisser la température des fumées allant vers la cheminée, ce qui diminue les pertes sous la forme de chaleur détectable. En outre, l'excédent d'air peut être adapté aux besoins en prenant en compte le flux de combustible entrant, pour réduire les pertes dues à la combustion incomplète.

Arguments motivant la mise en application

Réduction de la consommation énergétique et des émissions atmosphériques.

Données d'exploitation

Dans un exemple de fabrique de pâtes alimentaires, pour réduire les pertes thermiques par la cheminée, ce qui représentait environ 50 % des pertes totales, on a réduit la température des fumées allant dans la cheminée. L'excédent d'air a été réglé de manière à éviter une combustion incomplète.

Dans les installations existantes, les rendements pourraient progresser de 85 à 90 %, avec une réduction de CO₂ de 5,5 à 6,5 %. Dans les installations neuves, les rendements pourraient dépasser les 91 %, avec une réduction de CO₂ supérieure à 7,6 %.

De plus, en préchauffant l'air de combustion avec les fumées recyclées, on a enregistré une hausse du rendement de 2 % à chaque fois que la température des fumées baissait de 50 °C. La température de l'air préchauffé varie généralement entre 170 et 200 °C.

Pour les chauffages existants bénéficiant d'une combustion correcte, on peut obtenir un rendement de 90 %. Pour les nouveaux chauffages qui fonctionnent à l'huile diathermique et avec les fumées recyclées qui préchauffent l'air de combustion, on obtient un rendement de 92 % avec une faible charge et de 91 % avec la charge maximum.

Domaines d'application

Applicable aux entreprises FDM nouvelles et existantes.

Données financières

Le coût de la mise en oeuvre est faible pour les installations existantes, mais élevée pour les nouvelles installations.

Exemples de site

Fabrique de pâtes alimentaires en Italie.

Bibliographie de référence

[150, Unione Industriali Pastai Italiani, 2002]

4.2.13.3 Isolation de la tuyauterie, des cuves et des équipements

Description

L'isolation de la tuyauterie, des cuves et des équipements, comme les fours et les congélateurs, peut réduire la consommation énergétique. L'isolation peut être améliorée en sélectionnant des revêtements efficaces, épais et à faible conductivité, et en utilisant des tuyaux, des cuves et des équipements isolés avant d'être installés. Cette pré-isolation a l'avantage de pouvoir par exemple monter les fixations de tuyau à l'extérieur du revêtement isolant, au lieu qu'elles soient en contact direct avec les tuyaux. Ce montage réduit les pertes thermiques par les fixations.

Si la tuyauterie est mal isolée, ceci peut chauffer exagérément la zone de procédé avoisinante et entraîner des risques de brûlure.

Arguments motivant la mise en application

Réduction de la consommation énergétique et de combustible, et des émissions atmosphériques liées.

Données d'exploitation

Des tuyaux et des cuves isolés peuvent réduire la déperdition de chaleur / froid de 82 à 86 %. En outre, 25 à 30 % de la chaleur peut être économisé en posant des tuyaux pré-isolés à la place de tuyaux à l'isolation traditionnelle.

Les laiteries stockent et pompent des produits chauds ou froids. Dans un exemple de laiterie au Danemark, tous les tuyaux d'une température supérieure d'au moins 10 °C à la température ambiante ont reçus une isolation de 30 mm. Les cuves ont été recouvertes d'une isolation de 50 mm. On a utilisé des tuyaux pré-isolés au moyen d'une couche de laine minérale à l'intérieur d'une feuille métallique. Plus de 9 km de tuyauterie et 53 cuves ont été isolés. Les économies d'énergie ont été calculées à 6 361 MWh/an pour la chaleur et à 2 397 MWh/an pour le froid, soit l'équivalent de 479 MWh/an d'électricité.

Dans un exemple d'usine de pâtes alimentaires italienne, l'énergie dissipée le long de la tuyauterie a été étudiée et l'isolation améliorée. Dans trois zones, la résistance thermique est passée de 0,22 à 0,396, 0,574 et 0,753 m².°C/W, ce qui a diminué les émissions de CO₂ respectivement de 44,4, 61,6 et 70,7 %.

Domaines d'application

Applicable à toutes les entreprises FDM, les nouvelles comme les anciennes. Les tuyaux pré-isolés conviennent aux nouvelles installations et à celles où la tuyauterie, les cuves et les équipements doivent être remplacés.

Données financières

Dans l'exemple de la nouvelle laiterie danoise, les investissements se sont élevés à 1 408 000 d'EUROS et la période d'amortissement à 7,6 ans.

Arguments motivant la mise en application

Réduction des dépenses énergétiques.

Exemples de site

Largement appliqué au secteur FDM et à d'autres secteurs.

Bibliographie de référence

[42, Nordic Council of Ministers, et al., 2001, 150, Unione Industriali Pastai Italiani, 2002]

4.2.13.4 Pompes à chaleur destinées à la récupération thermique

Description

La pompe à chaleur fonctionne selon le principe de transfert de chaleur à l'aide de l'énergie électrique, d'une température basse vers une température plus élevée. Elle peut par exemple récupérer la chaleur contenue dans une eau de refroidissement chaude. L'eau de refroidissement se refroidit et sa chaleur peut servir à chauffer de l'eau chaude.

Arguments motivant la mise en application

Moindre consommation énergétique, par exemple en récupérant de la chaleur.

Interactions entre les milieux

Les pompes à chaleur consomment de l'électricité.

Données d'exploitation

Les rapports indiquent qu'en 1997, plus de 16 entreprises alimentaires en Australie utilisaient plus de 30 séchoirs à pompe à chaleur pour le séchage basse température (LTD) des denrées alimentaires. Le séchoir à pompe à chaleur se compose d'une enceinte de séchage classique avec circulation d'air et des composants habituellement présents dans un système de climatisation. L'air de séchage est déshumidifié par un évaporateur, qui correspond à la section de refroidissement du cycle de réfrigération, puis chauffé à nouveau par le condenseur de la pompe à chaleur. Le rendement énergétique exprimé par le taux d'extraction de l'humidité, soit les kg d'eau extraits / kWh d'énergie consommés, se situe entre 1 et 4, avec une moyenne de 2,5 kg/kWh. Les FBD ne conviennent pas aux matières poisseuses ou aux éléments de forme irrégulière. Les deux types de séchoir peuvent se monter en série. L'air déshumidifié par la pompe à chaleur est tout d'abord véhiculé vers le lit fluidifié avec le produit mi-sec. Le flux d'air traverse ensuite le séchoir à enceinte. On a noté que cette combinaison accroissait le rendement énergétique de 80 % maximum.

Domaines d'application

Il faut à la fois une bonne source de chaleur et un besoin thermique à proximité de cette source.

Données financières

La viabilité financière dépend du rapport entre le prix du combustible et le tarif électrique.

Arguments motivant la mise en application

Moindre frais d'énergie et d'eau.

Exemples de site

Plusieurs entreprises alimentaires en Australie.

Bibliographie de référence

[42, Nordic Council of Ministers, et al., 2001, 73, CADDET UK National team, 1997]

4.2.13.5 Récupération de la chaleur émise par les dispositifs de refroidissement

Description

Il est possible de récupérer la chaleur émise par les équipements de refroidissement et les compresseurs. Ce procédé demande des échangeurs thermiques et des cuves de stockage d'eau chaude. En fonction des équipements de refroidissement, on peut obtenir des températures comprises entre 50 et 60 °C.

Arguments motivant la mise en application

Baisse de la consommation énergétique, par exemple en récupérant de la chaleur.

Données d'exploitation

On a constaté que la chaleur récupérée pouvait servir à chauffer l'eau du robinet ou l'air de ventilation, à décongeler des produits surgelés ou à préchauffer les liquides de nettoyage ou le produit.

L'installation d'un dispositif de récupération de chaleur dans l'unité de refroidissement d'une laiterie nordique équipée de compresseurs à vis et à piston d'une puissance de refroidissement de 3 200 kW, a permis d'économiser environ 1 200 000 kWh/an.

Domaines d'application

Largement applicable dans les nouvelles installations. Le manque d'espace peut poser un problème dans les installations existantes. La technique est financièrement viable dans les

entreprises qui ont un magasin de congélation, car les chambres froides ordinaires ne produisent pas assez de chaleur en hiver.

Données financières

Baisse des dépenses énergétiques. Les frais d'investissements de la laiterie nordique ci-dessus se sont élevés à 160 000 EUROS amortis sur 6,3 ans.

Exemples de site

Laiterie dans un pays nordique.

Bibliographie de référence

[42, Nordic Council of Ministers, et al., 2001]

4.2.13.6 Éteindre les appareils qui ne sont pas utilisés

Description

De nombreuses mesures d'économie d'énergie sans frais ou peu coûteuses sont celles que les différents collaborateurs peuvent prendre, par exemple en éteignant les appareils comme les compresseurs et les éclairages. Les pompes et les ventilateurs qui véhiculent de l'air froid, de l'eau réfrigérée ou une solution antigel génèrent de la chaleur. L'électricité qu'ils consomment est essentiellement destinée à refroidir la charge. Par conséquent, on fait des économies d'énergie en les éteignant lorsqu'ils ne sont pas utilisés. Il en va de même pour les lampes des chambres froides ou des locaux climatisés car la plupart de leur consommation électrique est destinée au refroidissement de la charge.

Les horaires de coupure peuvent suivre un programme fixe ou un calendrier. On peut vouloir couper les moteurs lorsqu'ils sont inutiles, par exemple en fonction de la température, basse ou élevée. Des capteurs peuvent détecter la charge d'un moteur, ce qui permet de couper ce moteur lorsqu'il est inactif.

Arguments motivant la mise en application

Baisse de la consommation énergétique.

Domaines d'application

Largement applicable au secteur FDM.

Données financières

Baisse des dépenses énergétiques.

Arguments motivant la mise en application

Baisse des dépenses énergétiques.

Bibliographie de référence

[69, Environment Agency of England and Wales, 2001]

4.2.13.7 Réduction de la charge des moteurs

Description

Les moteurs et les entraînements font fonctionner de nombreux systèmes mécaniques présents dans les procédés industriels. On peut réduire la charge des moteurs et des entraînements en réalisant les révisions et procédures de maintenance élémentaires telles que la lubrification des mécanismes.

La charge des moteurs peut être réduite si les points suivants sont cochés :

- La machine entraînée par le moteur a-t-elle un bon rendement ?
- La tâche réalisée par le système est-elle utile et indispensable ?
- La transmission entre le moteur et l'appareil entraîné est-elle performante ?
- Les programmes de maintenance sont-ils adéquats ?

- Le gaspillage dû par exemple à la tuyauterie, aux conduits ou à l'isolation a-t-il été réduit à un minimum ?
- La commande du système est-elle efficace ?

Arguments motivant la mise en application

Baisse de la consommation énergétique.

Domaines d'application

Applicable lorsque des moteurs sont utilisés.

Données financières

Baisse des dépenses énergétiques.

Arguments motivant la mise en application

Baisse des dépenses énergétiques.

Bibliographie de référence

[69, Environment Agency of England and Wales, 2001]

4.2.13.8 Réduction du gaspillage lié aux moteurs

Description

Le gaspillage lié aux moteurs peut être réduit en :

- Utilisant des moteurs à plus forte rendement si c'est possible,
- veillant à appliquer avec soin la procédure de réparation lorsqu'un moteur tombe en panne, afin de réduire les pertes énergétiques,
- Évitant d'utiliser des moteurs surdimensionnés,
- Considérant que la reconnexion permanente de l'alimentation électrique du moteur en phase étoile est un moyen sans frais de réduire les pertes liées aux moteurs sous-exploités,
- Vérifiant que le déséquilibre de tension, les tensions d'alimentation faible ou élevées, la distorsion harmonique ou un mauvais facteur de puissance n'est pas une source de pertes excessives.

Arguments motivant la mise en application

Baisse de la consommation énergétique.

Domaines d'application

Applicable lorsque des moteurs sont utilisés.

Données financières

Baisse des dépenses énergétiques.

Arguments motivant la mise en application

Baisse des dépenses énergétiques.

Bibliographie de référence

[69, Environment Agency of England and Wales, 2001]

4.2.13.9 Convertisseurs de fréquences de signaux installés sur les moteurs

Description

Contrôler la vitesse des moteurs des pompes au moyen de convertisseurs de fréquences permet d'adapter parfaitement la vitesse du rotor à la puissance de pompage requise, ainsi que la consommation électrique et le traitement du liquide.

Arguments motivant la mise en application

Baisse de la consommation énergétique.

Données d'exploitation

La baisse de la consommation électrique dépend de la puissance et du nombre de pompes et de moteurs. En règle générale, une baisse de puissance de 10 % correspond à une réduction de 28 % de la consommation électrique de la pompe.

Dans un exemple d'usine de café instantané allemande, l'installation rationnelle de convertisseurs de fréquences sur de gros moteurs électriques lui a permis de régler les moteurs en fonction de la puissance, ce qui a éliminé les pointes de consommation électrique durant les procédures de démarrage.

Dans une laiterie danoise, 203 moteurs ont été équipés de convertisseurs de fréquences. Les moteurs avaient une puissance totale de 1 216 kW. Les investissements ont été estimés à 311 000 EUROS et les économies annuelles à 90 000 EUROS (1 325 000 kWh).

Une entreprise de production de petit lait transforme le petit lait en plusieurs matières premières destinées aux industries pharmaceutique et alimentaire. Parmi ces produits, il y a le lactose qui demande un procédé de raffinage dans lequel le lactose "mouillé" (pureté de 9 %) est dissous dans de l'eau chaude selon un procédé circulaire. Le lactose mouillé est acheminé par un plateau secoueur vers une cuve mélangeuse, où il est mélangé à de l'eau très chaude. Le mélange obtenu est pompé dans une cuve tampon où il est agité puis renvoyé dans la cuve mélangeuse. Ce faisant, la teneur en lactose du mélange augmente progressivement. Au bout d'environ une heure, le mélange est déchargé de l'unité mélangeuse pour subir d'autres traitements. Le niveau de liquide de la cuve mélangeuse était auparavant commandé par la régulation du flux eau / lactose sortant des cuves tampon. Une soupape d'étranglement était installée du côté refoulement de la pompe centrifuge qui véhiculait le liquide. Ce dispositif d'étranglement présentait plusieurs inconvénients : il n'était pas efficace ; il gaspillait de l'électricité et usait inutilement la pompe. Il a été remplacé par un système de commande de la vitesse installé sur le moteur d'entraînement de la pompe. Ce nouveau système a permis des économies d'énergie de l'ordre de 12 600 kWh/an, avec une valeur de 1 638 NLG (1994), une baisse des frais de maintenance de 10 257 NLG/an (1994) et un amortissement sur 0,3 an.

Dans un exemple de brasserie, de l'air comprimé (6 bars) est produit par six compresseurs à vis et sept compresseurs à piston. L'un des compresseurs à vis fonctionne comme appareil commandé par fréquence et tous les compresseurs sont commandés par un central. Cette technologie présente l'avantage d'empêcher que les variations de pression du circuit d'alimentation dépassent +/- 0,05 bar. Cette pression peut être réduite de 0,2 bar. On note que 20 % d'électricité peut être économisée en évitant que les compresseurs ne marchent à vide. Les frais de maintenance peuvent être réduits de 15 % environ. Il n'est pas possible de chiffrer les avantages financiers résultant de la réduction de pression dans le circuit.

Domaines d'application

Les convertisseurs de fréquences peuvent s'utiliser avec des moteurs triphasés standard. Ils sont disponibles pour des contrôleurs de vitesse manuels et automatiques. Ils s'installent sur les pompes, les appareils de ventilation et les convoyeurs des installations neuves ou existantes. On note que les moteurs commandés par convertisseurs de fréquences ne doivent consommer plus de 60 % de l'électricité totale consommée par l'installation car ils pourraient nuire à l'alimentation électrique et causer des problèmes techniques.

Données financières

Un convertisseur de fréquences de 5,5 kW coûte approximativement 600 EUR.

Arguments motivant la mise en application

Baisse de la consommation électrique et traitement plus doux du produit.

Exemples de site

Une laiterie au Danemark, un fabricant de petit lait aux Pays-Bas, un fabricant de café instantané en Allemagne et une brasserie en Allemagne.

Bibliographie de référence

[42, Nordic Council of Ministers, et al., 2001, 65, Germany, 2002, 237, Caddet, 1999, 247, Verband der Deutschen Milchwirtschaft (German Dairy Association), 2003]

4.2.13.10 Utilisation d'entraînements à vitesse variable pour réduire la charge des ventilateurs et des pompes

Description

La puissance motrice en particulier peut jouer un grand rôle dans la consommation énergétique des procédés industriels. Les frais d'investissements engendrés par un moteur haute performance ne sont pas plus élevés que ceux d'un moteur de qualité standard, mais les économies d'énergie de 2 et 3 % qu'ils procurent représentent une valeur non négligeable sur la durée de vie du moteur. En outre, les entraînements à vitesse variable permettant de diminuer la charge des ventilateurs et des pompes constituent une méthode de régulation des flux beaucoup moins gourmande en énergie que les dispositifs d'étranglement, de mouillage ou de recirculation.

Arguments motivant la mise en application

Baisse de la consommation énergétique.

Domaines d'application

Applicable à toutes les installations FDM équipées de ventilateurs et de pompes.

Données financières

Baisse des dépenses énergétiques.

Arguments motivant la mise en application

Baisse des dépenses énergétiques.

Bibliographie de référence

[69, Environment Agency of England and Wales, 2001]

4.2.14 Utilisation de l'eau

4.2.14.1 Ne pomper que l'eau nécessaire

Description

En ne pompant que les volumes d'eau nécessaires au procédé de production, les industriels réduisent l'impact sur le niveau des eaux souterraines et économisent de l'énergie. On peut extraire de l'eau à la demande pour éviter les stockages excessifs ainsi que les risques de gaspillage, par contamination ou par des fuites.

Arguments motivant la mise en application

Baisse de la consommation d'énergie et d'eau.

Domaines d'application

Applicable aux secteurs qui extraient de l'eau souterraine.

Arguments motivant la mise en application

Pénuries locales d'eaux souterraines.

Exemples de site

Entreprises de fruits et légumes en Belgique.

Bibliographie de référence

[31, VITO, et al., 2001]

4.2.15 Réfrigération et climatisation

(Pour connaître les techniques connexes du domaine de la congélation, voir la section 4.2.11.)

4.2.15.1 Optimisation de la climatisation et des températures des chambres froides

Description

Il est possible de réduire la consommation énergétique sans compromettre la qualité alimentaire en ne refroidissant les locaux climatisés et les chambres froides qu'à la température requise. Les chambres froides sont souvent réglées sur des températures plus basses que nécessaire, en prévision d'un dysfonctionnement. Mais si la température est plus basse que nécessaire, la chambre froide a plus de chance de tomber en panne.

On note que des contrôles simples et des réglages corrects sont des mesures importantes pour faire fonctionner une unité de réfrigération aussi efficacement que possible ; on peut par exemple régler le thermostat de manière à obtenir le meilleur rendement possible sans compromettre la fiabilité de l'unité. En marquant les relevés normaux sur les étalons, on est à même de détecter très tôt les dysfonctionnements. Les commandes automatiques peuvent servir à éteindre l'unité de réfrigération et / ou les éclairages lorsqu'ils ne sont pas nécessaires. Les lampes et les moteurs installés dans des zones refroidies consomment non seulement de l'électricité, mais parce qu'ils génèrent de la chaleur, ils augmentent la demande électrique. On peut économiser de l'énergie en les enlevant s'il ne sont pas nécessaires et en les éteignant lorsqu'ils ne sont pas utilisés.

Arguments motivant la mise en application

Baisse de la consommation énergétique.

Domaines d'application

Applicable à toutes les installations FDM qui possèdent des zones climatisées et des appareils de réfrigération.

Arguments motivant la mise en application

Baisse des dépenses énergétiques.

Bibliographie de référence

[69, Environment Agency of England and Wales, 2001, 241, ETSU, 2000]

4.2.15.2 Réduction des pertes de transmission et de ventilation provenant des pièces climatisées, des chambres froides et des tunnels de congélation

Description

Pour réduire les pertes de transmission et de ventilation dans l'unité de congélation, il faut prendre les mesures suivantes :

- Garder autant que possible portes et fenêtres fermées ;
- Monter des portes haute isolation et à fermeture rapide entre les zones de températures différentes ;
- Réduire la taille des portes le plus possible, dans les limites sécuritaires ;
- Conserver une bonne étanchéité autour des portes. La présence de glace autour des ouvertures indique que l'étanchéité est mauvaise ;
- Ne pas charger des matières dans le passage d'entrée ;
- Refroidir l'espace devant la pièce à refroidir ;
- Si une porte doit être régulièrement ouverte, installer un rideau à bandes ;
- Limiter la ventilation en installant un joint efficace entre l'espace de chargement / déchargement du véhicule et la zone de stockage ;
- Limiter les déplacements d'air lorsque les portes et les trappes sont ouvertes ;
- Appliquer aux tunnels de congélation une isolation et un écran thermiques adéquats ,

- Réfrigérer la nuit, lorsque la température ambiante est la plus basse.

Arguments motivant la mise en application

Baisse de la consommation énergétique ; dans certains cas, diminution également des odeurs et du bruit.

Domaines d'application

Appliqué dans la congélation de denrées alimentaires emballées et non emballées et dans les locaux climatisés.

Données financières

En 2001, on a constaté qu'une porte de congélateur ouverte coûtait 6 GBP/h et qu'une porte de chambre froide 3 GBP/h.

Bibliographie de référence

[31, VITO, et al., 2001, 32, Van Bael J., 1998, 69, Environment Agency of England and Wales, 2001]

4.2.15.3 Dégivrage périodique du système entier

Description

Les évaporateurs qui fonctionnent au-dessous de 0 °C doivent être entièrement dégivrés avant que la glace commence à recouvrir les ailettes. Le dégivrage doit s'effectuer toutes les 3 ou 4 heures ou tous les 3 ou 4 jours. Lorsque l'évaporateur est pris dans la glace, la température d'évaporation chute, ce qui augmente la consommation électrique. La puissance de l'appareil tombe également, ce qui peut l'empêcher d'atteindre la température requise. Si les éléments de dégivrage ne fonctionnent pas correctement, la formation de givre sur l'évaporateur s'amplifiera. Pour cela, il est important de vérifier que les évaporateurs dégivrent correctement. La section 4.2.15.5 décrit le dégivrage automatique des évaporateurs de refroidissement.

Arguments motivant la mise en application

Baisse de la consommation énergétique.

Données d'exploitation

Une baisse de la température d'évaporation d'un °C peut augmenter le coût de fonctionnement de 2 à 4 %. Le système de dégivrage à la demande, qui met en route un dégivrage selon le besoin et non selon une minuterie, a réduit la consommation électrique de 30 % dans certaines applications.

Domaines d'application

Utilisé dans la congélation et la réfrigération de denrées alimentaires emballées et non emballées.

Bibliographie de référence

[31, VITO, et al., 2001, 32, Van Bael J., 1998]

4.2.15.4 Optimisation du cycle de dégivrage

Description

Pour optimiser le cycle de dégivrage des évaporateurs, on peut régler la longueur des intervalles de dégivrage. Si l'intervalle de dégivrage est trop long, le rendement de l'évaporateur tombe, ainsi que la pression via l'évaporateur. Si l'intervalle est trop court, il y a une génération importante et inutile de chaleur dans la zone de stockage.

Arguments motivant la mise en application

Baisse de la consommation énergétique.

Domaines d'application

Utilisé dans la congélation et la réfrigération de denrées alimentaires emballées et non emballées.

Bibliographie de référence

[31, VITO, et al., 2001, 32, Van Bael J., 1998]

4.2.15.5 Dégivrage automatique des évaporateurs de refroidissement dans les chambres froides

Description

La couche de givre qui se forme à la surface des évaporateurs entrave l'échange thermique. Le gaz chaud provenant des compresseurs peut servir à dégivrer et éliminer cette couche. Les économies d'énergie dépendent de la puissance / du nombre d'évaporateurs, ainsi que de la durée de fonctionnement des évaporateurs givrés.

Arguments motivant la mise en application

Baisse de la consommation énergétique.

Données d'exploitation

Dans une fabrication de crèmes glacées, cinq évaporateurs fonctionnant 3 000 heures par an et recouverts d'une couche de glace de 0,87 mm ont été équipés d'un dispositif de dégivrage automatique. Ceci a économisé environ 100 000 kWh/an d'électricité. Les frais d'investissements ont été estimés à 15 000 EUROS et la période d'amortissements à 2,2 ans.

Domaines d'application

Largement utilisé dans les nouvelles installations, il s'installe facilement dans les opérations existantes.

Données financières

Baisse des dépenses énergétiques. Périodes d'amortissement courtes.

Exemples de site

Une fabrication de crèmes glacées dans un Pays Nordique.

Bibliographie de référence

[42, Nordic Council of Ministers, et al., 2001]

4.2.15.6 Utilisation de glace binaire comme liquide de refroidissement (réfrigérant secondaire)

Description

De la glace binaire peut servir de liquide réfrigérant. La glace binaire peut être désignée par le terme de « glace liquide ». Elle se compose de cristaux de glace de 10 à 100 µm, en suspension dans de l'eau qui contient de l'antigel. Ce dernier contient soit de l'éthanol et une substance anti-corrosion, soit, si des aliments vont être immergés dans la glace binaire, du sel ordinaire (chlorure de sodium).

Deux technologies de fabrication de glace binaire sont présentées. La première, illustrée dans la Figure 4.60, est destinée à la glace binaire de capacité faible à moyenne, c'est-à-dire entre 100 et 1 000 kW. Les numéros du texte suivant se réfèrent à la Figure 4.60. La glace binaire est générée à l'aide d'un évaporateur spécial, appelé un générateur de glace binaire (1), recevant du liquide pompé (2) dans un réservoir de glace binaire (3). Une unité de réfrigération classique (4) associée à une petite charge réfrigérante, est connectée au générateur de glace binaire. Des réfrigérants « naturels », tels que l'eau (pas pour la congélation), de l'air, du gaz carbonique (toujours en phase d'étude), de l'ammoniac et des hydrocarbures peuvent être utilisés pour remplacer les chlorofluorohydrocarbures. Une pompe secondaire (5) achemine de la glace binaire à une concentration de glace donnée dans la conduite d'alimentation principale (6), où des pompes (7) (facultatives) refoulent la glace binaire vers les charges à refroidir (8). En cas de « charge zéro » et si l'appareil est en veille, la glace binaire continue de circuler dans la boucle

secondaire (6) et (10), en traversant une soupape (9) qui s'ouvre dès que les charges à refroidir sont désactivées. La conduite retour (10) renvoie le liquide de glace binaire (avec ou sans cristaux de glace) vers le réservoir (3).

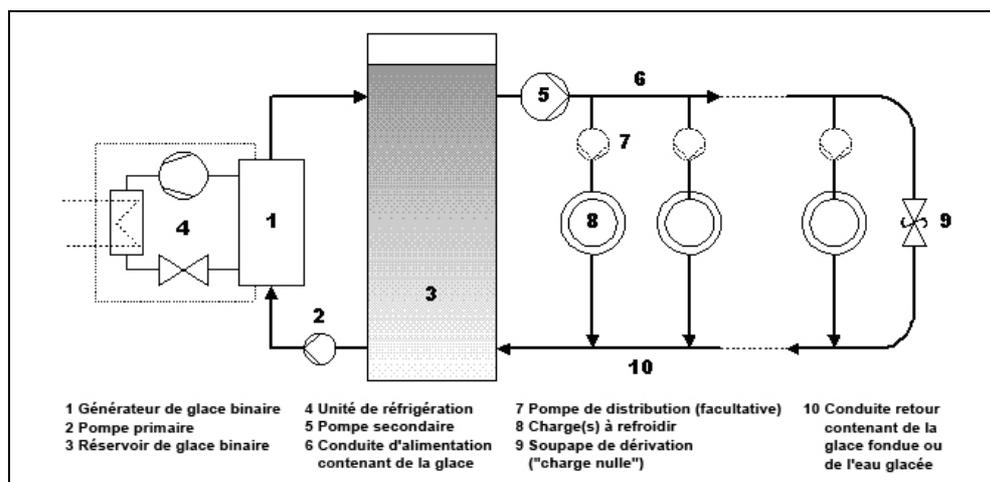


Figure 4.60 : Circuit de glace binaire avec une unité de réfrigération classique

De la glace binaire de capacité intermédiaire à importante, à savoir de 1 000 kW à 1 MW, peut également être produite lors d'un procédé de réfrigération avec de « l'eau comme réfrigérant ». La technologie est très proche de celle illustrée dans la Figure 4.60, sauf que l'unité de réfrigération classique (4) n'est pas nécessaire. Un compresseur de vapeur d'eau et des conditions de vide adaptées - normalement 500 Pa (5 mbars) pour la glace binaire – font évaporer l'eau dans une cuve vide (évaporateur) ; le compresseur élimine la vapeur d'eau qui finit par se condenser.

Arguments motivant la mise en application

Dans des conditions comparables, le coefficient de rendement de la glace binaire est normalement meilleur que celui des unités de réfrigération et de congélation classiques, en ce sens qu'elle consomme moins d'électricité. Les unités de réfrigération peuvent être plus petites, ce qui diminue la quantité de matière exigée et puisque qu'elles n'ont pas besoin d'avoir une résistance chimique si importante, leur conception peut être plus simple et mieux appropriée au recyclage. Comme l'installation n'est pas rempli intégralement de réfrigérants potentiellement nocifs, le risque et la gravité des rejets accidentels sont réduits. Contrairement aux autres réfrigérants, la glace binaire composée d'eau et d'alcool peut être rejetée dans la SEEU, sur autorisation du responsable. Il s'est avéré que les propriétés d'un changement de phase rapide d'un cristal de glace offre un excellent transfert thermique. En conséquence, soit la surface peut être restreinte, soit la glace binaire peut être « plus chaude », ce qui fait baisser la demande énergétique et la surface à congeler. La perte pondérale du produit est donc moins importante et le dégivrage peut même être inutile pour les refroidisseurs d'air. Par ailleurs, on note que les refroidisseurs de liquide peuvent être de 20 à 50 % plus petits.

Données d'exploitation

Le tableau 4.6 compare les volumes de saumure réfrigérante et de glace binaire requis pour obtenir une baisse de température de 3 °C.

Procédé de	Réfrigérant	Puissance de refroidissement	Énergie
------------	-------------	------------------------------	---------

refroidissement		comparable pour une masse donnée, pour obtenir une baisse de température de 3 °C	disponible au refroidissement (kJ/kg)
Réfrigération	Saumure	1	11
	Glace binaire de 10 % de cristaux de glace	3,0	33
	Glace binaire de 20 % de cristaux de glace	6,0	66
Congélation	Saumure	1	11
	Glace binaire de 10 % de cristaux de glace	3,7	33
	Glace binaire de 20 % de cristaux de glace	7,3	66

Tableau 4.115 : Comparaison des volumes de glace binaire et de saumure pour obtenir une baisse de température de 3 °C

Concrètement, il faut entre quatre et sept fois plus de saumure que de glace binaire. Il s'est également avéré que le diamètre des conduites pouvait être deux fois plus petit et la puissance de pompe 70 % plus basse pour la glace binaire. On note par ailleurs que les unités à glace binaire fonctionnent habituellement 24 heures sur 24, de sorte qu'elles ne nécessitent qu'un petit générateur de glace et un réservoir de faible volume.

Dans un exemple d'abattoir et d'installation de transformation de la viande, les carcasses du bétail et des porcs abattus étaient réfrigérées avant de subir d'autres procédés de transformation. L'entreprise a installé l'unité de glace binaire suivante, avec une puissance totale de 424 kW et les conditions de refroidissements indiquées dans le Tableau 4.116.

Superficie totale utilisée	3 800 m ²
Nombre de collaborateurs	40
Production hebdomadaire	500 têtes de bétail et 2 000 porcs
Réfrigérant	Ammoniaque
Circuit de glace binaire	Marque de commerce
Nombre d'unités de réfrigération indépendantes	2
Compresseurs	Gram (réciproque)
Caractéristiques diverses	Récupération de chaleur
Refroidissement demandé par jour	5 500 kWh/jour
Heures d'exploitation pleine charge (maximum)	13 h/jour
Puissance de réfrigération installée (générateurs de glace)	230 kW
Heures d'exploitation de l'unité de glace binaire (jour d'été le plus chaud)	24 h/24
Puissance du stockage de la glace binaire	1 600 kWh
Volume du stockage de la glace binaire	34 m ³
Inhibiteur de corrosion du liquide de glace binaire	Marque du commerce
Concentration de glace binaire maximum dans le réservoir de glace	> 50 %
Concentration de glace binaire dans les conduites	12 %

Tableau 4.116 : Conditions de refroidissement d'une unité de glace primaire

Domaines d'application

Applicable à toutes les installations FDM.

Données financières

Pour l'abattoir et l'unité de transformation de la viande susmentionnés, la durée de vie s'est élevée à 15 ans. Avec un taux d'intérêt de 7 % et une période d'amortissement de 10 ans, on a noté que les autres frais d'investissements directs pouvaient être récupérés en 2,2 ans et que les frais d'exploitation annuels relatifs à l'unité de glace binaire, amortissement compris, éteint

récupérables immédiatement. Il a été estimé que la période d'amortissement s'étendrait entre 10 et 15 ans pour des abattoirs danois ordinaires.

On note que les unités de glace binaire fonctionnent normalement au tarif réduit ou pendant des périodes où la demande électrique globale est faible.

Arguments motivant la mise en application

Au titre du « Protocole de Montréal », la disparition progressive des chlorofluorocarbures détruisant la couche d'ozone et la pression attendue poussant à diminuer l'utilisation des hydrochlorofluorocarbures conformément au « Protocole de Kyoto ».

Exemples de site

Appliqué dans la transformation de la viande, du poisson, dans la brasserie et dans le stockage froid en Allemagne.

Bibliographie de référence

[182, Germany, 2003]

4.2.16 Génération et utilisation d'air comprimé

4.2.16.1 Optimisation des réglages de pression

Description

La pression du compresseur peut être réglée au maximum requis puis adaptée à l'application pour réduire l'énergie demandée par la génération d'air comprimé et diminuer les fuites. Pour les applications qui demandent des pressions plus élevées ou des durées d'exploitation plus longues que la majorité des applications utilisatrices d'air comprimé, l'installation d'un compresseur spécial peut être une solution plus rentable du point de vue énergétique et financier.

Arguments motivant la mise en application

Baisse de la consommation énergétique et des émissions sonores si de gros compresseurs doivent fonctionner pendant des durées courtes.

Domaines d'application

Applicable aux entreprises qui ont plusieurs applications nécessitant de l'air comprimé.

Arguments motivant la mise en application

Baisse de la consommation énergétique et des dépenses liées.

Exemples de site

Couramment utilisé.

Bibliographie de référence

[69, Environment Agency of England and Wales, 2001]

4.2.16.2 Optimisation de la température de l'air aspiré

Description

Les compresseurs offrent un meilleur rendement s'ils reçoivent de l'air frais. Pour cela, on prend généralement de l'air extérieur. Pour contrôler ce paramètre, on mesure la température d'entrée plus sèche, qui ne doit pas dépasser 35 °C lorsque les compresseurs fonctionnent à pleine charge. L'écart de température entre la température du local plus sec et celle extérieure ne doit pas dépasser 5 °C. Si la température de la pièce est trop élevée, les performances du compresseur se détériorent.

Arguments motivant la mise en application

Baisse de la consommation énergétique.

Arguments motivant la mise en application

Baisse de la consommation énergétique et des dépenses liées.

Bibliographie de référence

[69, Environment Agency of England and Wales, 2001]

4.2.16.3 Montage de silencieux sur les entrées et sorties d'air

Description

Il faut monter des silencieux sur l'entrée et la sortie d'air du compresseur. Il existe deux types de silencieux : les silencieux absorbants et les silencieux réactifs. Les premiers absorbent le bruit et les seconds comportent des enceintes et des absorbants dont la taille et la position déterminent les caractéristiques d'atténuation des sons. Les silencieux réactifs peuvent être plus performants car les compresseurs génèrent un spectre de basses fréquences important.

Arguments motivant la mise en application

Réduction des émissions sonores.

Interactions entre les milieux

Si le silencieux n'est pas bien conçu, la consommation énergétique risque de progresser en raison de la pression dynamique ou d'obstructions.

Données d'exploitation

On note qu'un silencieux bien conçu n'augmentera pas la pression dynamique du système. Si le silencieux est mal conçu, une atténuation accrue risque d'augmenter la perte de pression et donc la consommation énergétique. Pour abaisser la pression dynamique, il faut augmenter la taille du silencieux et de l'accouplement entre le silencieux et le compresseur. Le montage d'un silencieux en ligne peut prévenir à la fois la pression dynamique et les blocages.

Il s'avère possible de monter plusieurs échappements sur un distributeur connecté à un conduit unique de plus grand diamètre. On note que le silencieux de pot d'échappement de pratiquement n'importe quel constructeur automobile peut être utilisé pour réduire un bruit typique de 25 dB(A).

Domaines d'application

Applicable dans les entreprises qui ont recours à l'air comprimé.

Données financières

Peu onéreux.

Arguments motivant la mise en application

Prévention des pertes de l'ouïe dues aux bruits sur le lieu de travail et moins de réclamations de riverains sur les émissions sonores.

Exemples de site

Couramment utilisé.

Bibliographie de référence

[65, Germany, 2002, 200, CIAA, 2003, 242, Lewis D. N., 2003, 244, Health and Safety Executive,]

4.2.17 Systèmes de vapeur

4.2.17.1 Augmenter le condensat retour

Description

Si le condensat très chaud n'est pas renvoyé dans la chaudière, il doit être remplacé par de l'eau de remplacement froide et épurée. Cette eau de remplacement hausse également les frais de traitement de l'eau. Au lieu de rejeter par habitude le condensat dans la SEEU, ce qui pose un risque de contamination, on peut recueillir le condensat dans une cuve intermédiaire et l'analyser pour rechercher la présence d'un quelconque contaminant. Ce procédé réduit également la consommation de produits chimiques destinés à l'assainissement de l'eau.

d'alimentation de la chaudière. Comme solution additionnelle ou alternative, si le condensat est contaminé et qu'il ne peut pas être renvoyé dans la chaudière, il est possible de récupérer la chaleur de ce condensat avant de l'utiliser pour des activités de nettoyage sommaires, par exemple pour nettoyer le dépôt.

On part du principe que l'énergie contenue dans la vapeur destinée au procédé peut être utilisée dans son intégralité.

Arguments motivant la mise en application

Diminution de la consommation énergétique et d'eau, et réduction du volume d'eaux usées. Moindre consommation des substances destinées au traitement chimique de l'eau d'alimentation de la chaudière.

Données d'exploitation

Si le condensat très chaud n'est pas renvoyé dans la chaudière, il doit être remplacé par de l'eau froide épurée, ce qui gaspille environ 20 % de l'énergie absorbée par la production de vapeur à l'origine du condensat. Cette perte peut être la plus importante dans l'utilisation de la vapeur.

Domaines d'application

Applicable aux entreprises qui produisent de la vapeur dans une chaudière.

Arguments motivant la mise en application

Baisse de la consommation énergétique et des dépenses liées.

Bibliographie de référence

[69, Environment Agency of England and Wales, 2001]

4.2.17.2 Éviter les déperditions de vapeur de détente provenant du condensat retour

Description

Lorsque le condensat est rejeté des séparateurs de vapeur et circule dans le conduit de retour, il se forme de la vapeur de détente. Souvent cette vapeur est rejetée dans l'air, et l'énergie qu'elle contient est perdue. Il est possible d'emprisonner et d'utiliser la vapeur de détente, par exemple dans la chaudière.

Arguments motivant la mise en application

Baisse de la consommation énergétique et d'eau.

Données d'exploitation

La vapeur de détente contient normalement environ 40 % de l'énergie du condensat pressurisé original.

Domaines d'application

Applicable aux entreprises qui produisent de la vapeur de détente qui peut être réutilisée.

Arguments motivant la mise en application

Baisse de la consommation énergétique et des dépenses liées.

Bibliographie de référence

[69, Environment Agency of England and Wales, 2001]

4.2.17.3 Isolation des conduites inutilisées / rarement utilisées

Description

Il peut y avoir des sections du circuit de distribution de vapeur qui, n'étant plus utilisées, peuvent être retirées du circuit. Par ailleurs, les conduites qui acheminent la vapeur aux équipements rarement utilisés peuvent être isolées à l'aide de soupapes ou de plaques glissantes. Les conduites inutilisées ou rarement utilisées entraînent une consommation énergétique inutile

et risquent d'être moins bien entretenues. La dépose de certaines conduites peut déséquilibrer celles restantes qui auront alors besoin de fixations supplémentaires.

Arguments motivant la mise en application

Baisse de la consommation énergétique et d'eau.

Domaines d'application

Applicable sans restriction.

Arguments motivant la mise en application

Baisse de la consommation énergétique et des dépenses liées.

Bibliographie de référence

[69, Environment Agency of England and Wales, 2001]

4.2.17.4 Réduction de la purge d'une chaudière

Description

On purge les chaudières pour limiter l'accumulation de sels, comme les chlorures, les alcalis et l'acide silicilique. Cette procédure est indispensable pour que ces paramètres restent dans les limites prescrites. Par ailleurs, la purge permet de conserver une eau claire et transparente, et elle enlève dans la chaudière les dépôts de boue comme les phosphates de calcium, et les produits corrosifs comme les oxydes ferreux. Les eaux usées sont toujours rejetées à une pression et températures élevées, soit pendant une période définie soit de façon continue. Par conséquent, il est préférable de limiter les purges autant que possible.

Il est recommandé de maintenir le total de solides dissous dans l'eau de chaudière aussi près que possible de la valeur maximale autorisée. Pour cela, on a recours à un système automatisé composé d'une sonde de conductance placée dans l'eau de chaudière, d'un régulateur de purge ou d'une soupape régulatrice de purge. La conductance est mesurée en continu. Si elle dépasse le valeur maximale, la soupape de régulation s'ouvre davantage.

Pour réduire la consommation énergétique, on peut recycler la chaleur provenant de la purge de la chaudière.

Arguments motivant la mise en application

Baisse de la consommation énergétique et de la production d'eaux usées.

Données d'exploitation

Le Tableau 4.117 indique les économies de carburant possibles en réduisant la purge en tant que fonction de la pression de vapeur dans la congélation des légumes. A une pression de 10 bars, on peut économiser 2,1 % de carburant pour un volume de purge réduit de 10 %.

Pression de chaudière effective (bar)	Économies de carburant par purge limitée (%)
7	0,19
10	0,21
17	0,25

Tableau 4.117 : Économies potentielles issues d'une purge limitée dans la congélation de légumes

Domaines d'application

Applicable aux entreprises qui utilisent une chaudière.

Bibliographie de référence

[31, VITO, et al., 2001, 32, Van Bael J., 1998]

4.3 Nettoyage

Les équipements de transformation et les installations de production sont régulièrement nettoyés et désinfectés, à une fréquence variable en fonction des produits et des procédés. L'objectif du nettoyage et de la désinfection est de retirer les résidus de produit de la séquence de procédé précédente, les autres contaminants et les micro-organismes afin d'assurer la qualité produit, la sécurité alimentaire, la capacité de la ligne, le transfert thermique et l'exploitation optimale des équipements. Il peut être réalisé manuellement, par exemple avec un nettoyeur haute pression, ou bien automatiquement, comme avec un CIP. Le nettoyage manuel exige généralement le démontage de l'appareil à nettoyer.

4.3.1 Nettoyage à sec des équipements et des installations

Voir également certains exemples propres au secteur dans les sections 4.7.1.2, 4.7.2.2, 4.7.5.2 et 4.7.9.2.

Description

Avant de nettoyer à l'eau les cuves, les équipements et les installations, on peut retirer le plus possible de résidus. Ce nettoyage s'effectue pendant et après la période de travail. Avant le nettoyage à l'eau, toutes les matières qui ont débordé peuvent être nettoyées, par exemple en retirant à la pelle ou à l'aspirateur les matières déversées, ou avec une raclette, au lieu de les rejeter au tuyau flexible dans la bouche d'évacuation. Cette méthode restreint l'entraînement de matières dans l'eau, qui devraient sinon être traitées dans une SEEU d'entreprise ou municipale. Le résultat est encore amélioré en transportant les matières le plus sèches possible, telles que les ingrédients, les sous-produits et les déchets de transformation (voir la section 4.1.7.4).

Pour faciliter le nettoyage à sec, on peut par exemple utiliser des collecteurs de déchets (voir la section 4.3.1.1) recouvert d'un grillage fin, en s'assurant que les appareils de nettoyage à sec adéquats sont toujours disponibles et en fournissant des récipients de collecte des déchets pratiques et sécuritaires. Il est possible de verrouiller les collecteurs de déchets pour s'assurer qu'ils seront toujours à leur place pendant le nettoyage.

Outre le nettoyage à sec manuel des équipements et des installations, d'autres mesures peuvent être prises, par exemple laisser s'égoutter naturellement les matières par gravité, dans des récipients bien positionnés, et en utilisant des écouvillons (voir la section 4.3.3).

La procédure de nettoyage peut être exécutée de manière à réduire au maximum le nettoyage à l'eau et à maintenir les normes sanitaires exigées. Concrètement, l'utilisation de tuyaux flexibles peut être interdite tant que le nettoyage à sec n'est pas réalisé.

Arguments motivant la mise en application

Réduction de la consommation d'eau et du volume d'eaux usées. Moindre entraînement de matières dans les eaux usées et donc plus faibles taux de polluants, comme les DCO et les DBO. Facilite la récupération et le recyclage des substances générées par le procédé. Réduction de l'énergie nécessitée par le chauffage de l'eau de nettoyage. Baisse de la consommation de détergents.

Interactions entre les milieux

Augmentation des déchets solides.

Données d'exploitation

Le personnel de nettoyage a l'habitude d'enlever les grilles d'évacuation de sol et de rejeter au jet les matières premières et les produits directement dans la bouche d'évacuation, pensant peut-être que tous les solides seront bloqués par des écrans ou des collecteurs de déchets placés dans le conduit. Toutefois, lorsque ces matières pénètrent dans le flux d'eaux usées, elles sont soumises à des turbulences, à un pompage et à un tamisage mécanique. Ces actions désintègrent et libèrent la DBO soluble, avec des colloïdales et éventuellement des graisses solides en suspension. L'élimination ultérieure de ces matières solubles, colloïdales et organiques en

suspension peut s'avérer beaucoup plus compliquée et onéreuse que l'utilisation de simples collecteurs de déchets recouverts de grillage fin.

À titre d'exemple, avant d'exécuter les tâches de nettoyage dans une usine de fabrication de saucisses, les résidus de viande hachée présents dans les appareils comme les hachoirs bols, les remplisseurs de saucisses, ainsi que les résidus tombés par terre, peuvent être autant que possible enlevés manuellement ; on peut ensuite les envoyer par exemple vers un dispositif de récupération au lieu de les envoyer au jet dans la SEEU.

Dans un exemple d'entreprise de transformation du poisson, on a mis en place un nettoyage à sec des courroies, ce qui a diminué le volume de déchets et pratiquement éliminé la pollution de l'eau.

Dans la transformation des fruits et légumes, les produits perdus d'un bout à l'autre du procédé peuvent être ramassés à la pelle et servir d'alimentation animale.

Les poussières de grain peuvent être collectées par des aspirateurs, par exemple dans les minoteries, les usines d'alimentation animale, les brasseries et les distilleries.

Lors du nettoyage de matières poussiéreuses, il importe de prendre en compte les risques associés aux incendies et explosions, ainsi qu'à la santé sur le lieu de travail.

Lors du nettoyage des équipements, il importe de prendre en compte les risques associés à l'accès aux pièces mobiles dangereuses et aux bords coupants.

Une élimination immédiate peut s'avérer indispensable afin de protéger l'hygiène et de prévenir les risques microbiologiques.

Domaines d'application

Applicable à toutes les installations FDM.

Arguments motivant la mise en application

Baisse de la consommation d'énergie et d'eau, plus faible besoin en épuration des eaux usées ; consommation et frais de détergents réduits.

Exemples de site

De nombreuses installations exécutent un nettoyage à sec avant le nettoyage à l'eau.

Bibliographie de référence

[1, CIAA, 2002, 13, Environment Agency of England and Wales, 2000, 31, VITO, et al., 2001, 41, Nordic Council of Ministers, 2001, 134, AWARENET, 2002]

4.3.1.1 Mise en place et utilisation de collecteurs de déchets sur les bouches d'évacuation de sol

Description

Un collecteur de déchets est un panier en grillage fin recouvrant les bouches d'évacuation de sol pour empêcher les solides de pénétrer dans le circuit d'évacuation des eaux et dans la SEEU. Les collecteurs de déchets peuvent être verrouillés pour s'assurer que les solides n'entreront pas dans la SEEU pendant le nettoyage. S'ils sont vidés après le nettoyage à sec et verrouillés à nouveau avant le nettoyage à l'eau, ceci évitera que des matières solubles et des particules désintégrant les solides par l'eau de nettoyage ne soient entraînées.

Arguments motivant la mise en application

Les solides qui tombent par terre ne pénètrent pas dans le flux d'eaux usées. Cette solution réduit le taux de MES, DBO, DCO, FOG, azote et phosphore dans les eaux usées. Les solides recueillis dans le collecteur de déchets peuvent servir à la filière non alimentaire appropriée ou être traités avec les déchets.

Interactions entre les milieux

Augmentation des déchets solides.

Données d'exploitation

La taille des mailles varie en fonction de l'application. La fréquence de vidage peut également varier selon les caractéristiques des matières pouvant être involontairement déversées.

L'utilisation de collecteurs de déchets dans les entreprises de transformation de la viande, associée au nettoyage à sec, peut réduire l'entraînement de particules de viande dans les eaux usées, ainsi que des FOG produits par le contact entre l'eau de nettoyage et les particules de viande et de graisse.

Domaines d'application

Applicable à toutes les installations FDM.

Données financières

Exploitation très bon marché.

Arguments motivant la mise en application

Moindre contamination des eaux usées, ce qui en facilite le traitement.

Exemples de site

Largement utilisé dans le secteur FDM.

Bibliographie de référence

[134, AWARENET, 2002, 200, CIAA, 2003]

4.3.2 Prétremper les sols et ouvrir les appareils pour décoller les salissures avant de les nettoyer

Description

On peut prétremper les sols et les équipements ouverts avant de le nettoyer à l'eau. En décollant les salissures, cette opération facilite le nettoyage ; par conséquent, un plus petit volume d'eau à une pression et / ou température élevée peut suffire à éliminer les salissures durcies ou carbonisées. Par ailleurs, le besoin en détergents chimiques, tels que la soude caustique, peut être réduit.

Arguments motivant la mise en application

Selon le cas, la consommation d'eau et d'énergie destinée à chauffer l'eau peut diminuer, ainsi que la consommation de produits chimiques.

Domaines d'application

Applicable lorsque des salissures durcies et carbonisées doivent être éliminées pendant le nettoyage.

Bibliographie de référence

[1, CIAA, 2002]

4.3.3 Écouvillonnage

Description

L'écouvillonnage peut permettre de récupérer des produits de valeur présents dans les conduites et de réduire les frais liés à l'eau d'alimentation et aux eaux usées.

Le dispositif comprend des lanceurs, des collecteurs, des appareils à air comprimé et des vannes en ligne pour permettre à l'écouvillon de passer dans le circuit. Des « écouvillons » en caoutchouc alimentaire monobloc sont propulsés dans la conduite par un lanceur à air comprimé. Ils sont bloqués à l'autre extrémité de la conduite par une barre qui laisse passer le produit mais pas l'écouvillon qui retourne vers le lanceur grâce à une vanne qui inverse la

direction de l'air comprimé. Les deux extrémités de la conduite comportent un regard qui permet à l'opérateur de voir l'écouvillon. Ce dernier est utilisé entre les charges successives, accompagné de rinçages supplémentaires lorsqu'il peut y avoir transmission de couleur et d'arôme. Par mesure d'hygiène, on peut avoir recours de temps à autre à des nettoyages CIP, par exemple à un nettoyage alcalin.

Arguments motivant la mise en application et données financières

Nettoyage et gaspillage réduits pendant les changements de charges ; consommation d'eau de nettoyage réduite ; plus faible volume d'eaux usées, qui sont par ailleurs moins contaminées.

Données d'exploitation

Un exemple de fabricant de confitures a installé un nouveau dispositif d'écouvillonnage, tel que celui décrit ci-dessus. Avec l'assistance du fournisseur, l'installation et la formation des opérateurs se sont déroulées sur le site. Des contrôles réguliers effectués dans le laboratoire de la société a démontré que le nouveau système respectait les normes sanitaires et ne nuisait pas à la qualité du produit.

Cette société fabrique normalement de la confiture vendue en vrac par lot de 2,5 tonnes. La confiture cuite est conservée dans deux bouilloires haute température avant d'être pompée dans des réservoirs situés à proximité du quai de chargement, où le lot peut rester chaud. Il est ensuite pompé dans un vraquier ou refroidi et acheminé dans des cuves d'attente.

Outre le nettoyage sanitaire, les conduites et les cuves sont nettoyées entre les charges lorsqu'il y a changement de couleur. Pour le procédé de production vrac, la séquence de nettoyage comprenait un rinçage à l'eau de tout le circuit, un nettoyage CIP des cuves, parfois un alcalin, et un dernier rinçage à l'eau du circuit entier.

Avant l'installation du dispositif d'écouvillonnage, le rinçage du circuit entier consistait à aspirer de l'eau de nettoyage sous vide dans les conduites entre les cuves de dépulpage et d'évaporation et les bouilloires, puis à pomper à l'aide de la pompe à confiture l'eau de nettoyage dans la section de conduite conduisant au quai des vraciers. Puisque la pompe à confiture n'était pas conçue pour pomper de l'eau, chaque rinçage prenait un certain temps. Il fallait par ailleurs beaucoup d'eau (5.4 m³ / nettoyage), généralement deux fois par jour. Le produit vendable qui restait dans la conduite était expulsé par l'eau dans la conduite d'évacuation. Les eaux usées du site contenaient donc un taux important de MES et de DCO.

De la confiture était gaspillée dans la conduite de vrac entre les charges. Après avoir installé le dispositif d'écouvillonnage, le rendement du lot a progressé, ce qui a permis de récupérer quelques 173 tonnes de produit commercialisable par an. Le volume d'eau du réseau public destiné à rincer la conduite de vrac est passé de 2 020 m³/an à 310 m³/an. Les volumes d'eaux usées expulsés par la conduite de vrac ont reculé dans les mêmes proportions.

Les taux moyens de DCO contenus dans les eaux usées du site ont chuté, passant d'une pointe de 25 000 mg/l à 5 000 mg/l environ. Les dépenses ont reculé de plus de 76 %, passant de 12 EUROS/m³ à 2,83 EUROS/m³. Le Tableau 4.118 présente des données financières complémentaires.

Bien que l'écouvillonnage soit la principale cause de réduction des taux de DCO, l'exemple d'entreprise estime que le nettoyage sous vide des puisards, des caniveaux et des pièges à aliment a également contribué à cette réduction. Le dispositif d'écouvillonnage n'a demandé pratiquement aucun entretien pendant la première année et il n'a pas nécessité de nouveaux écouvillons. En raison de l'usure normale des écouvillons, l'entreprise pense en remplacer au maximum deux par an. La consommation électrique est tombée à 680 kWh/an parce que le mécanisme à air comprimé consomme moins d'électricité que les anciennes procédures de pompage.

L'entreprise vient de mettre en service trois autres dispositifs d'écouvillonnage dans d'autres conduites de fabrication non vrac. Elle prévoit des économies substantielles, ainsi que la poursuite de la baisse du taux de DCO dans les eaux usées.

Le nettoyage des conduites est un peu plus rapide avec le dispositif d'écouvillonnage qu'avec l'ancienne procédure.

Domaines d'application

Applicable lorsque des matières visqueuses sont acheminées dans une conduite, par exemple dans la production de confitures et d'aliments confits salés, et dans la production de produits laitiers comme les yaourts.

Données financières

Le Tableau 4.118 présente les dépenses et économies annuelles liées à l'utilisation du dispositif d'écouvillonnage dans l'exemple de fabrication de confitures.

Poste	Économies	Économies annuelles (EUROS)		Dépenses annuelles (EUROS)
Réduction de la DCO et du volume d'eaux usées	76 %	167 000		
Produit récupéré	173 t/an	217 000		
Consommation d'eau restreinte	2 020 m ³ /an	2 000		
Consommation électrique restreinte		48		
Nettoyage des caniveaux, etc.				6 200
Remplacement des écouvillons (2/an)				180
Total		386 048		6 380
Économies nettes			379 668	
Investissement total			30 800	
Période d'amortissement			4,2 semaines	

Tableau 4.118 : Avantages environnementaux et économies liées offerts par les dispositifs d'écouvillonnage

Arguments motivant la mise en application

Récupération de produit de valeur et réduction des dépenses en eau et en traitement des eaux usées.

Exemple de site

Au moins un fabricant de confitures au Royaume-Uni.

Bibliographie de référence

[1, CIAA, 2002, 57, Envirowise (UK), 2000]

4.3.4 Élimination à l'air comprimé des matières résiduelles dans les conduites avant le nettoyage ou le changement de produits

Description

De l'air comprimé aux normes alimentaires peut servir de technique de nettoyage à sec pour éliminer les matières résiduelles dans les conduites, en veillant à ne pas augmenter le niveau de poussières sur le lieu de travail. Cette technique présente l'avantage d'accéder à des sections d'équipement auxquelles ne peuvent pas accéder physiquement les écouvillons (voir la section 4.3.3). Elle supprime également tout risque de contamination par l'introduction d'outils ou d'équipements de nettoyage.

Arguments motivant la mise en application

Moindre gaspillage de produit pendant les changements de charges et la procédure de nettoyage ; baisse de la consommation d'eau de nettoyage et du volume d'eaux usées, qui est également moins contaminé.

Interactions entre les milieux

Énergie nécessaire à la production d'air comprimé.

Données d'exploitation

Pour réduire la quantité de beurre restant dans les conduites des appareils de fabrication du beurre, on peut utiliser de l'air comprimé en fin de production pour pousser le bloc de beurre refroidi le long de la conduite et à travers les soupapes avant l'opération de nettoyage. Cette procédure est semblable à l'écouvillonnage, mais elle permet d'accéder à des sections d'équipements inaccessibles aux écouvillons.

Domaines d'application

Applicable dans les installations qui transportent avec de l'air comprimé des poudres et autres solides et des denrées dures mais compressibles peuvent remplir un espace et forcer physiquement les matières dans cet espace puis les expulser.

Arguments motivant la mise en application

Moins de gaspillage produit.

Exemples de site

Fabricants de beurre en Allemagne.

Bibliographie de référence

[65, Germany, 2002]

4.3.5 Gestion de l'eau, de l'énergie et des détergents

Description

Si la consommation d'eau et de détergents et la propreté sont notées quotidiennement, il est possible de mettre à jour les dérives par rapport au fonctionnement normal. À partir de ces éléments, on suit et met en oeuvre des actions destinées à réduire la consommation d'eau et de détergents sans porter atteinte aux conditions d'hygiène. Ce procédé s'applique à tous les types de nettoyage, qu'ils soient manuels, tels que le nettoyage haute pression, ou automatisés, c'est-à-dire le CIP.

On peut également faire des essais, par exemple en utilisant moins ou pas du tout de détergents, différentes températures d'eau, un traitement mécanique, comme le recours à la « force » dans la pression d'eau ou des outils comme des éponges récurrantes et des brosses.

Surveiller et contrôler les températures de nettoyage peut permettre de respecter les normes de nettoyage exigées pour les équipements et les installations, sans consommer une quantité excessive de détergents.

Pour prévenir la surconsommation d'eau et de détergents de manière continue, il est important de former le personnel dans la manipulation, la fabrication et l'application des solutions. Concrètement, ils ne doivent pas faire des solutions détergentes trop concentrées, lors du dosage manuel ou automatique. Ceci se produit fréquemment, par manque de formation et d'encadrement, notamment lors du dosage manuel.

Arguments motivant la mise en application

Réduction potentielle de la consommation d'eau, de détergent et d'énergie destinée au chauffage de l'eau. Cette réduction dépend des critères de nettoyage de chaque section de l'installation ou des équipements.

Données d'exploitation

Des contrôles sanitaires inadaptés mettent en danger la sécurité alimentaire, ce qui peut obliger à rejeter les produits ou à raccourcir leur durée de conservation. On peut améliorer les techniques de nettoyage par exemple en limitant le flux d'eau d'alimentation et en abaissant la haute pression sur une pression intermédiaire pour le nettoyage nocturne ou basse pour le nettoyage diurne. Par ailleurs, la fréquence des nettoyages à l'eau peut être planifiée en veillant à

réduire le nombre de nettoyages à l'eau complets. Dans certaines entreprises, un seul nettoyage à l'eau par jour peut suffire à respecter les normes sanitaires requises.

La planification de la fréquence et de la durée de nettoyage des équipements peut tenir compte de leur taille et complexité, ainsi que de la nature et de l'importance des salissures.

Domaines d'application

Applicable à toutes les installations FDM.

Données financières

Cette technique peut réduire les dépenses en eau, énergie et détergents.

Arguments motivant la mise en application

Réduction des dépenses en eau, énergie et détergents.

Bibliographie de référence

[1, CIAA, 2002, 13, Environment Agency of England and Wales, 2000]

4.3.6 Installation de flexibles de nettoyage munis de gachette manuelle

Description

On peut installer des gâchettes de commande sur les flexibles de nettoyage sans autres modifications si l'eau chaude est fournie par une chaufferie. Si l'eau chaude arrive par un robinet mélangeur vapeur et eau, il faut installer des soupapes de commande pour empêcher que la vapeur ou l'eau pénètre dans la mauvaise conduite. Les vannes d'arrêt automatique sont souvent vendues avec des buses. Ces dernières augmentent la force de l'eau et diminuent le débit.

Arguments motivant la mise en application

Baisse de la consommation d'eau et d'énergie.

Données d'exploitation

Dans l'exemple d'installation, l'économie d'énergie a été calculée pour un flexible muni d'une soupape d'arrêt automatique et d'une buse, et utilisant de l'eau à 71 °C. Avant cette installation, le débit s'élevait à 76 l/mn ; il est passé à 57 l/mn après le modification. Avant la modification, le flexible fonctionnait 8 heures par jour, et après, 4 heures par jour. Pour des dépenses en eau de 21 USD/m³, les calculs ont fait ressortir des économies annuelles de 4 987 USD (dépenses en 2000). L'entreprise a également enregistré des économies énergétiques de 919 GJ.

Domaines d'application

Applicable à toutes les installations FDM.

Données financières

Si on installe des buses sans soupape d'arrêt automatique, les dépenses en fourniture sont inférieures à 10 USD. Une buse avec soupape d'arrêt automatique coûte environ 90 USD (dépenses en 2000). Le système est immédiatement amorti.

Arguments motivant la mise en application

Réduction des dépenses en eau et en énergie.

Exemples de site

Couramment appliqué.

Bibliographie de référence

[1, CIAA, 2002, 227, Ockerman H. W. and Hansen C. L., 2000]

4.3.7 Nettoyage sous pression

Le nettoyage sous pression est destiné au nettoyage des sols, des murs, des cuves, des conteneurs, des dispositifs ouverts et des convoyeurs ; il sert également de phase de rinçage après le nettoyage et l'utilisation de produits chimiques. En fonction du nettoyage voulu, on utilise de l'eau chaude ou froide.

4.3.7.1 Alimentation d'eau par pression commandée par des buses

Description

Lorsque l'alimentation d'eau est essentielle, elle peut être distribuée par des buses (voir la section 4.1.8.8) montées sur les équipements de transformation ou montées sur les flexibles de nettoyage des équipements et / ou des installations. En ce qui concerne les opérations de nettoyage, les flexibles peuvent être alimentés par une canalisation circulaire. Les buses montées sur les équipements de transformation sont individuellement conçues et positionnées pour chaque opération de nettoyage.

Arguments motivant la mise en application

Baisse de la consommation d'eau. Si l'eau est chauffée, réduction de la consommation énergétique globale.

Données d'exploitation

Les responsables peuvent régler le débit de chaque buse en fonction de l'application. En outre, la pression peut se régler selon l'opération de nettoyage qui exige la plus forte pression, et on peut installer un régulateur de pression adapté à chaque poste de nettoyage à eau. On optimise la consommation d'eau en surveillant et entretenant la pression d'eau et l'état des buses de pulvérisation.

Domaines d'application

Applicable à toutes les installations FDM, en fonction des besoins en ligne, de nettoyage et d'exploitation générale.

Arguments motivant la mise en application

Baisse de la consommation d'eau.

Bibliographie de référence

[1, CIAA, 2002]

4.3.7.2 Nettoyage haute pression avec une canalisation circulaire centralisée

Description

Pendant le nettoyage haute pression, l'eau est pulvérisée sur les surfaces à nettoyer à des pressions comprises entre 15 bars, pression considérée comme basse, et 150 bars, pression élevée. Une pression de 40 - 65 bars passe également pour être une pression élevée.

Les machines de nettoyage mobiles sous pression demandent des temps d'immobilisation plus longs que celles alimentées par une canalisation circulaire. Les nettoyeurs sous pression à moteur diesel génèrent des fumées qui ne leur permettent pas d'être utilisés dans des installations FDM. Les nettoyeurs sous pression électriques exigent de la part de l'opérateur des mesures de sécurité supplémentaires, entre autres des interrupteurs de protection contre les courants de court-circuit et une maintenance importante. On note que les machines mobiles consomment également davantage d'eau.

Des agents nettoyants sont injectés dans l'eau à des températures moyennes de 60 °C maximum. L'opération de nettoyage est principalement le résultat d'actions mécaniques. Le nettoyage sous pression réduit la consommation d'eau et de substances chimiques par rapport aux flexibles alimentés par le réseau public. Cependant, il est important d'utiliser une pression à la fois inoffensive et efficace. Dans l'industrie alimentaire, les éclaboussures et les aérosols associés aux flexibles haute pression peuvent poser des risques sanitaires.

Comparés aux nettoyeurs basse pression, les nettoyeurs haute et moyenne pression présentent les avantages suivants : consommation d'eau plus faible grâce au nettoyage mécanique effectué par le jet d'eau, consommation de substances chimiques plus faible parce que le jet d'eau enlève les salissures tenaces ; en outre, la réduction du volume d'eau utilisé permet de réduire le risque de cultures bactériennes. Cependant, l'augmentation des risques d'aérosol associés à des pressions plus élevées peut être une source d'inquiétude.

Des recherches ont montré que même les dispositifs basse pression peuvent provoquer un niveau d'aérosol non négligeable, à savoir au-dessus d'un mètre. Par conséquent, il ne faut pas les utiliser pendant les périodes de production dans les zones soumises à des réglementations sanitaires. On peut utiliser des dispositifs de nettoyage à sec en fin de tâche qui réduisent non seulement la consommation d'eau et optimisent la mise en décharge, mais qui réduisent également les risques de glisser accidentellement. En dehors des périodes de production, on peut avoir recours sans risque à des dispositifs haute et basse pression, mais en raison de leurs performances accrues, les dispositifs haute pression sont plus rentables. On note que le nettoyage haute pression est rapide, facile d'utilisation et rentable.

Arguments motivant la mise en application

Baisse de la consommation d'eau et de produits chimiques en comparaison aux flexibles classiques et au nettoyage basse pression grand consommateur d'eau.

Données d'exploitation

Les canalisations circulaires ont l'avantage d'être toujours disponibles. Lorsque l'entreprise utilise le nettoyage haute pression, il est important d'atteindre le juste équilibre entre la pression, le volume d'eau et le dosage de produits chimiques pour une application donnée. Une pression inadaptée ne donnera pas un bon résultat de nettoyage et une pression excessive risquera davantage d'endommager les surfaces et les équipements, et même de blesser quelqu'un.

Domaines d'application

Largement utilisé dans le secteur FDM.

Données financières

On a constaté que les économies financières réalisées par les dispositifs haute pression / faible volume en matière de vapeur, d'eau et d'eaux usées comparés aux dispositifs basse pression / fort volume s'élevaient à 85 % environ. Réduction des dépenses provenant d'une baisse de la consommation de produits chimiques.

Exemples de site

Couramment appliqué.

Bibliographie de référence

[17, Envirowise (UK) and March Consulting Group (UK), 1998]

4.3.7.3 Nettoyage basse pression à la mousse

Description

Le nettoyage basse pression à la mousse peut remplacer le nettoyage manuel classique utilisant des flexibles, des brosses et des détergents dosés manuellement. Ce procédé permet de nettoyer les murs, les sols et l'extérieur des équipements. Un nettoyant moussant, tel qu'une solution alcaline, est pulvérisé sur la surface à nettoyer. La mousse adhère à la surface. Au bout de 10 à 20 minutes, la mousse est rincée à l'eau.

Le nettoyage basse pression à la mousse peut utiliser soit une canalisation circulaire centralisée, soit des unités individuelles décentralisées. Pour les dispositifs centralisés, une unité centrale fournit des solutions de nettoyage prémélangées et de l'eau sous pression ; pendant le nettoyage, ils passent automatiquement de la pulvérisation de la mousse au rinçage. Les machines de nettoyage mobiles sous pression demandent des temps d'immobilisation plus longs que celles alimentées par une canalisation circulaire. Les nettoyeurs sous pression à moteur diesel génèrent

des fumées qui ne leur permettent pas d'être utilisés dans des installations FDM. Les nettoyeurs sous pression électriques exigent de la part de l'opérateur des mesures de sécurité supplémentaires, entre autres des interrupteurs de protection contre les courants de court-circuit et une maintenance importante. On note que les machines mobiles consomment également davantage d'eau.

Arguments motivant la mise en application

Baisse de la consommation d'eau, de substances chimiques et d'énergie en comparaison avec les flexibles, les brosses et les détergents à dosage manuel traditionnels.

Données d'exploitation

Au Danemark, une nouvelle laiterie qui produit 25 000 tonnes de fromage par an possède un système centralisé qui comprend autour de 50 unités satellites situées dans différentes zones de procédé.

Selon les calculs, la consommation d'eau correspond à 40 % de celle du nettoyage manuel classique. Le système de nettoyage à mousse utilise de l'eau froide à 10 °C, tandis que le nettoyage manuel au flexible exige de l'eau au moins à 40 °C. Dans ce cas, les économies ont été calculées à 19 800 m³ d'eau par an et à 1 160 MWh/an.

Les avantages apportés par la mousse sont les suivants : contact avec les surfaces salies plus long, ce qui améliore les résultats de nettoyage tout en utilisant des agents chimiques moins agressifs. Les composés chimiques ramollissent les salissures, ce qui procure un rinçage et un nettoyage plus efficace. Il est facile de reconnaître les zones d'application de la mousse, qui se rince ensuite aisément, avec moins d'eau. Les coûts de main d'oeuvre sont également plus bas que les méthodes traditionnelles, et le nettoyage prend moins de temps. Comme on utilise moins de substances chimiques, les machines s'usent moins vite et les risques encourus par l'opérateur sont moins importants.

L'inconvénient possible de la mousse résulte du fait que sa masse peut la faire décoller des surfaces et réduire ainsi le temps de contact.

Domaines d'application

Applicable aux installations nouvelles et existantes, pour le nettoyage des sols, des murs, des cuves, des conteneurs, des équipements ouverts et des convoyeurs.

Données financières

Le dispositif de nettoyage à la mousse installé dans l'exemple de fromagerie au Danemark (en 2000) a coûté autour de 188 000 EUROS, avec une période d'amortissement de 3,2 ans.

Arguments motivant la mise en application

Meilleur nettoyage et disparition des problèmes liés au nettoyage haute pression, tels que la pulvérisation d'aérosols contenant des poussières et des bactéries.

Exemple plant

Au moins une fromagerie au Danemark.

Bibliographie de référence

[17, Envirowise (UK) and March Consulting Group (UK), 1998, 42, Nordic Council of Ministers, et al., 2001]

4.3.7.4 Nettoyage à l'aide de gel

Description

Le gel s'utilise normalement pour nettoyer les murs, les plafonds, les sols, les équipements et les conteneurs. Le produit chimique est pulvérisé sur la surface à nettoyer.

Arguments motivant la mise en application

Baisse de la consommation d'eau, de produits chimiques et d'énergie en comparaison aux flexibles classiques, brosses et détergents à dosage manuel.

Données d'exploitation

Le nettoyage au gel offre un contact plus long que la mousse entre les salissures et le détergent actif en raison de la bonne adhésion du gel aux surfaces et d'une meilleure pénétration dans les fentes en l'absence de bulles d'air. Toutefois, le gel est transparent et difficile à voir. Il peut perdre sa consistance à des températures élevées.

Les avantages rapportés pour le nettoyage au gel sont les suivants : contact avec les surfaces salies plus long, ce qui améliore les résultats de nettoyage tout en utilisant des agents chimiques moins agressifs. Les composés chimiques ramollissent les salissures, ce qui procure un rinçage et un nettoyage plus efficace. Le gel se rince très facilement, avec moins d'eau. Les coûts de main d'oeuvre sont également plus bas que les méthodes traditionnelles, et le nettoyage prend moins de temps. Comme on utilise moins de substances chimiques, les machines s'usent moins vite et les risques encourus par l'opérateur sont moins importants.

Domaines d'application

Applicable aux installations nouvelles et existantes, pour le nettoyage des sols, des murs, des cuves, des conteneurs, des équipements ouverts et des convoyeurs.

Arguments motivant la mise en application

Disparition des problèmes liés au nettoyage haute pression, tels que la pulvérisation d'aérosols contenant des poussières et des bactéries.

Bibliographie de référence

[17, Envirowise (UK) and March Consulting Group (UK), 1998]

4.3.8 Sélection des agents nettoyants

La sélection des agents nettoyants est soumise à des critères sévères, comme la conception de l'usine, les techniques de nettoyage disponibles, la nature des salissures et le type des procédés de production. Les agents nettoyants doivent être adaptés à leur utilisation, sans négliger d'autres aspects tels que le fait que l'acide gluconique est moins corrosif que les autres acides. En outre, le nettoyage dans le secteur FDM ne se borne pas à faire disparaître les impuretés. La désinfection est également importante.

Les agents nettoyants et désinfectants sélectionnés et utilisés doivent assurer un contrôle sanitaire efficace tout en tenant compte des retombées sur l'environnement [1, CIAA, 2002]. Lorsque le recours à des agents nettoyants est essentiel, il faut d'abord vérifier si leur performance sanitaire est suffisante puis évaluer leur impact environnemental potentiel.

Les agents nettoyants type utilisés dans le secteur FDM sont les suivants :

- Les alcalis, tels que l'hydroxyde de sodium et de potassium, le metasilicate, le bicarbonate de soude ;
- Les acides, tels que l'acide nitrique, l'acide phosphorique, l'acide citrique, l'acide gluconique ;
- Les agents nettoyants prêts à l'emploi contenant des agents chélateurs tels que les EDTA, les NTA, les phosphates, les polyphosphates, les phosphonates ou les agents actifs sur les surfaces ;
- Les biocides oxydants et non oxydants.

4.3.8.1 Sélection des désinfectants et des stérilisants

Les agents chimiques utilisés dans la désinfection et la stérilisation des équipements et des installations suivent le principe selon lequel ils affectent la structure cellulaire des bactéries et empêchent leur reproduction. Les désinfectants utilisés dans le secteur FDM correspondent à la description de la Directive 98/8/EC [226, EC, 1998]. L'analyse des effets des substances actives

contenues dans les désinfectants sur l'environnement et la santé publique va commencer en 2007 [199, Finland, 2003].

On peut faire appel à plusieurs types de traitement, qui utilisent les biocides oxydants, les biocides non oxydants, les rayons UV et la vapeur. Les informations sur les techniques qui ont recours aux biocides oxydants, aux rayons UV et à la vapeur sont présentées dans les sections 4.5.4.8, 4.5.4.8.1 et 4.5.4.8.2.

Les biocides non oxydants exigent d'utiliser par exemple des sels d'ammonium quaternaires, du formaldéhyde et du glutaraldéhyde. La technique d'application de ces substances s'appelle généralement la « brumisation » qui consiste à les pulvériser dans la région à stériliser sous la forme d'un brouillard qui recouvre les surfaces exposées. Cette opération se déroule entre deux équipes de production, de sorte que le brouillard s'est dispersé avant que l'opérateur n'entre sur le lieu de travail. L'exposition au brouillard peut causer des problèmes respiratoires, ce qui oblige de prendre en compte la santé au travail lors du choix et de l'application de désinfectants et stérilisants.

4.3.8.2 Utilisation d'agents chélateurs

Dans le secteur FDM, les agents chélateurs sont essentiellement destinés à la branche des produits laitiers. Les agents détersifs acides, alcalins et actifs de surface, ainsi que les agents nettoyants industriels prêt-à-l'emploi, contiennent généralement certains agents chélateurs. Ils dissolvent et inactivent les ions métalliques par une formation complexe. On les utilise pour éliminer les dépôts de tartre. Ils empêchent également le scellement du calcium et du magnésium, évitant la sédimentation et l'incrustation dans les tuyaux, les appareils ou les conteneurs.

L'une des principales applications des agents détersifs alcalins concerne la branche des produits laitiers. Leur utilisation est variée, par exemple dans le CIP, le nettoyage des bouteilles et des caisses, le nettoyage à la mousse et / ou au gel, le nettoyage membranaire et le nettoyage manuel. Les produits chimiques destinés au CIP sont normalement des solutions alcalines à base de soude caustique qui détachent et éliminent les couches de graisses et de protéines, et des solutions acides, par exemple à base de HNO_3 , pour décoller et enlever les couches minérales.

Dans de nombreux CIP, l'étape acide n'est pas nécessaire, et le nettoyage comprend uniquement la phase alcaline, ce qui revient à un nettoyage monophasé. Dans ce cas, en présence de calcifications et de dépôts, on a noté qu'on ne peut faire disparaître ces derniers qu'avec un agent chélateur comme l'EDTA. L'EDTA dissout le calcium dans le précipité et désagrège la structure des dépôts. Les substances organiques restantes, comme les couches de graisses et de protéines, peuvent ensuite être dégradées par la solution alcaline habituellement à base de soude caustique.

Les agents chélateurs les plus courants sont :

- L'acide éthylènediaminetétra-acétique (EDTA)
- Le nitrilotriacétate (NTA)
- Le diacétate de méthylglycine (MGDA)
- Les phosphates (triphosphate de sodium par ex.)
- Les phosphonates (par ex. le DTPMP, l'ATMP)
- Les polyphosphates
- L'iminodisuccinate (IDS)
- Les détergents enzymatiques.

4.3.8.2.1 Utilisation de l'EDTA

L'EDTA est l'agent chélateur le plus utilisé. En 1999, en Europe de l'ouest, environ 1/3 de la consommation totale, soit 10 685 tonnes, a été destinée aux détergents industriels. En 1997, on a constaté que les laiteries allemandes rejetaient 36 t/an d'EDTA dans l'eau, ce qui représente 1 % des rejets du pays.

Les industriels font appel à l'EDTA essentiellement pour ses propriétés d'agent chélateur du calcium. Dans la branche laitière, la teneur du lait en calcium est liée à sa teneur en protéines sous la forme de phosphocaseinate de calcium. L'EDTA peut s'utiliser lors du CIP dans les laiteries de la manière suivante :

- Pour éliminer les salissures appelées pierres de lait qui se déposent sur les surfaces en acier inoxydable des appareils de transformation du lait à des températures comprises entre 70 et 80 °C. L'EDTA est destiné notamment aux appareils UHT, aux membranes, par exemple à l'UF et à l'OI, et au nettoyage préliminaire des évaporateurs et des séchoirs par pulvérisation. Ces salissures sont principalement constituées de protéines dénaturées stables. L'EDTA permet de nettoyer les surfaces. Du tartre apparaît également dans d'autres applications, et on a noté que les opérateurs qualifiés savent à quel moment il faut effectuer le nettoyage périodique pour éviter cette formation. Les dépôts sont constitués de protéines, de minéraux et de graisses.
- En tant que stabilisateur durcissant, pour éviter la précipitation du calcium pendant la dilution dans l'eau des détergents alcalins concentrés. Le nettoyage alcalin à hautes températures risque de laisser une couche de carbonate qui peut entraîner la formation d'un biofilm. Dans le nettoyage multiphase, le nettoyage alcalin est suivi par un nettoyage à l'acide nitrique après un rinçage intermédiaire. Le nettoyage acide fait briller les surfaces en contact avec le produit. Le nettoyage monophasé qui utilise l'EDTA pour emprisonner les ions de calcium contenus dans l'eau, atténue ce résultat et élimine l'effet acide.
- Pour lier le calcium, le magnésium et les métaux lourds, évitant ainsi la sédimentation et l'incrustation par exemple dans les tuyaux et les conteneurs à nettoyer.
- L'activité bactérienne des agents nettoyants et désinfectants, particulièrement les bactéries gram négative, augmente si l'on incorpore de l'EDTA car ce dernier peut détruire la paroi cellulaire externe de ces espèces souvent résistantes.
- Pour améliorer la réutilisation des produits chimiques et pour réduire la consommation d'eau et d'énergie demandée par le nettoyage monophasé par rapport au nettoyage biphasé réalisé avec de la soude caustique ou de l'acide nitrique.

4.3.8.2.2 Risques connus associés à l'utilisation de l'EDTA

Seuls les risques posés par l'EDTA sont connus car les autres agents chélateurs n'ont pas fait l'objet d'une évaluation des risques de la part de l'EU-15. L'EDTA forme des complexes très stables et solubles dans l'eau qui ne se dégradent pas dans les SEEU biologiques ; par conséquent, les métaux lourds subsistent dans les eaux usées et pas dans les boues, et ils sont rejetés dans les eaux de surface. L'EDTA peut ainsi remobiliser des métaux lourds provenant des sédiments dans les rivières. En outre, l'azote contenu dans l'EDTA peut favoriser l'eutrophisation des eaux. De nombreux autres agents chélateurs contiennent également de l'azote ou du phosphore.

La dégradation biologique de l'EDTA est lente et a lieu uniquement dans les conditions suivantes :

- Durée de séjour hydraulique longue et boues anciennes ;
- Maintien de conditions légèrement alcalines ;
- Concentration d'EDTA comparativement élevée ;
- L'EDTA ne doit prendre la forme d'un complexe de métaux lourds.

[125, Boehm, et al., 2002, 126, Knepper and et al., 2001]

Par ailleurs, selon l'analyse préliminaire des risques datée du 7 février 2003 au titre de la Réglementation 793/93/EEC [201, EC, 1993], l'EDTA présente un risque à l'environnement aquatique lorsqu'il est utilisé comme agent chélateur par certaines industries. La concentration estimée sans effet dans les eaux de surface s'élève à 2,2 mg d'EDTA/l.

4.3.8.2.3 Se passer de l'EDTA

On note que l'EDTA n'est pas nécessaire dans le nettoyage des équipements et des cuves qui ont contenu du lait cru, par exemple les camions-citernes livreurs de lait, pendant la réception et le rangement des équipements et / ou le remplissage du lait liquide, où l'important est seulement d'enlever les pellicules de graisse, ou bien lorsque sont installés différents postes de nettoyage. Il n'est pas nécessaire dans le nettoyage des bouteilles en PET ou en verre.

En optimisant la durée de transformation du lait et en utilisant du lait cru de bonne qualité avec des protéines plus stables à la chaleur, on peut réduire la formation de pierres de lait (voir la section 4.3.8.2.4).

Le nettoyage multiphase, qui utilise des acides et des agents alcalins, expose les dépôts de protéines à un environnement acide avant de procéder au nettoyage alcalin des appareils de chauffage, ce qui renforce le nettoyage alcalin. Cette opération est suivie par un rinçage puis par un nettoyage à l'acide nitrique faiblement concentré.

Il est possible de passer d'un nettoyage monophasé avec EDTA à un nettoyage biphasé en remplaçant l'EDTA par du NTA, au moins pour les pasteurisateurs basse température. Le NTA est préféré dans au moins un EM et est interdit dans un autre. Par ailleurs, le niveau de risque associé à l'utilisation du NTA ou d'autres agents chélateurs n'a pas fait l'objet d'un examen aussi approfondi que celle de l'EDTA.

Le remplacement d'agents nettoyants prêt-à-l'emploi par des substances chimiques pures peut s'avérer efficace, mais cela demande un programme de nettoyage optimal et une conception précise de la dynamique des fluides. Sinon, le nettoyage sera moins performant et des problèmes sanitaires importants risquent d'apparaître. Par ailleurs, les industriels ont besoin d'agents chélateurs comme solvants lorsqu'ils utilisent des produits chimiques purs. Pour cela, un agent nettoyant prêt-à-l'emploi peut donner des résultats de nettoyage bien meilleurs s'il est adapté à des tâches de nettoyage particulières et si les différents composants agissent à faible concentration [228, Verband der Deutschen Milchwirtschaft (German Dairy Association), 1997].

Le secteur FDM n'a pas trouvé de solution pour éliminer totalement l'EDTA, bien qu'il soit possible de réduire les opérations auxquelles il est destiné et / ou sa fréquence d'utilisation. La section 4.3.8.2.5 présente un exemple de stratégie qui réduit au maximum l'utilisation d'EDTA.

4.3.8.2.4 Réduction de l'utilisation d'EDTA en minimisant l'apparition de pierres de lait par la production planifiée

Description

L'apparition de pierres de lait peut reculer en utilisant du lait présentant une stabilité protéique élevée. La stabilité protéique est entravée par des opérations de transformation et de pompage répétées. Pour cette raison, une planification de la production qui évite le retraitement peut contribuer à prévenir la formation de pierres de lait et l'utilisation d'EDTA. La formation de pierres de lait est également plus importante si le lait comporte un taux important de micro-organismes. Des conditions sanitaires adéquates peuvent donc réduire la quantité de pierres de lait. D'autres facteurs favorisent l'instabilité protéique du lait, comme l'activité enzymatique.

Arguments motivant la mise en application

Utilisation optimale du lait et baisse de la consommation d'EDTA.

Données d'exploitation

En optimisant la durée de transformation du lait et en utilisant du lait cru de bonne qualité qui offre une stabilité protéique accrue, il est possible de réduire la formation de pierres de lait. Ces derniers entravent l'échange de chaleur et le débit, notamment dans les échangeurs thermiques à plaques. Ce facteur oblige à nettoyer les échangeurs thermiques indirects dès 8 à 9 heures après leur mise en route. Des intervalles de nettoyage plus longs risquent de produire des pierres de lait plus tenaces. Pour surveiller la baisse de pression entre l'entrée et la sortie du procédé, on peut utiliser une sonde de pression différentielle, qui indiquera le moment où les équipements

devront être nettoyés. Du lait de mauvaise qualité affecte la durée de fonctionnement parce que la stabilité à la chaleur des protéines diminue et leur précipitation sur les surfaces s'en trouve facilitée.

On peut contrôler la stabilité du lait à la chaleur en chauffant le lait jusqu'au point d'ébullition et en analysant la quantité de sédiments produite. Ou bien on peut conduire un test simple qui consiste à mélanger du lait et de l'éthanol et en examiner si des précipitations se produisent sur les surfaces en verre. Les protéines stables demandent des concentrations d'éthanol plus élevées pour produire des précipitations.

La stabilité du lait détermine également les produits qui seront fabriqués. À titre d'exemple, le lait à boire exige des protéines plus stables que le lait destiné à fabriquer du fromage.

Domaines d'application

Applicable à toutes les laiteries.

Arguments motivant la mise en application

Utilisation optimale du lait et baisse de la consommation d'EDTA.

Bibliographie de référence

[245, Barale M., 2004]

4.3.8.2.5 Exemple de stratégie visant à réduire au maximum l'utilisation d'EDTA

Un exemple de laiterie qui transforme le petit lait consommait 60 tonnes d'EDTA par an avant de mettre en place une technique enzymatique. Cette entreprise transforme deux millions de litres de petit lait par jour, soit 700 000 t/an, pour en faire du concentré de protéines de petit lait, des produits fonctionnels à base de concentré de petit lait et de l'extrait de protéines. Elle produit également 13 500 tonnes de lactose, 10 000 tonnes de perméat de petit lait, 5 500 tonnes d'extrait de protéines de petit lait, 2 000 tonnes de petit lait maigre en poudre et 1 500 tonnes de concentré de protéines de lait.

L'entreprise a essayé de réduire ses rejets d'EDTA. Au début de 1997, de la soude caustique a été ajoutée au détergent dans le but de réduire les rejets d'EDTA de 30 %. Cette méthode a été inefficace. Toujours en 1997, l'entreprise a remplacé l'EDTA par du NTA, ce qui a fait reculer la consommation d'EDTA de 50 %. Mais cet essai a été abandonné à cause de résultats de nettoyage insatisfaisants qui abaissait la qualité microbiologique des produits.

Dans l'installation principale, une procédure à base d'enzymes a été testée pendant un an et demi en 1998/99. On a modifié la composition du détergent. Il s'est avéré que le chlore et l'EDTA pouvaient être remplacés par de l'IDS pour dissoudre les matières inorganiques. Cette méthode a été un échec probablement parce que le nettoyage qui était trop efficace empêchait la formation de la couche recouvrant la deuxième membrane nécessaire à la filtration des protéines. Ce problème est réapparu après avoir remplacé les membranes et l'entreprise décida d'abandonner cette solution.

En 1999, une procédure semblable à base d'enzymes, avec des phosphonates comme agents chélateurs, a été mise en place après avoir été testée en 1998 comme alternative dans une usine pilote. L'entreprise n'utilisait pas d'EDTA, ce qui a rendu difficile l'élimination des composés de calcium, particulièrement le phosphate de calcium. Cette situation a créé une contamination bactérienne et a diminué le rendement de l'installation.

Par conséquent, l'entreprise a décidé d'associer la dernière technique à des phases de nettoyage intermittentes utilisant de l'EDTA plusieurs fois par mois et en recyclant la solution de nettoyage lors du nettoyage des membranes NF [127, Strohmaier, 2002].

4.3.9 CIP (cleaning-in-place : nettoyage sur place) et son utilisation optimale

Description

Les systèmes CIP sont des dispositifs de nettoyage intégrés aux équipements. Ils se calibrent et se règlent de manière à utiliser uniquement les quantités de détergent et d'eau nécessaires, à la bonne température (et parfois à la bonne pression). L'installation d'un système CIP peut être prévue dès la phase d'études de l'équipement et réalisée par le fabricant. Il est possible d'installer après coup un système CIP, mais c'est une opération plus coûteuse et plus difficile. Les systèmes CIP peuvent être améliorés en intégrant un procédé de recyclage interne de l'eau et des produits chimiques, en paramétrant avec soin les programmes d'exploitation qui doivent coïncider avec les exigences de nettoyage réelles du procédé, en utilisant des appareils de pulvérisation d'eau économiques et en éliminant avant le nettoyage les salissures grossières et celles provenant des produits. Un équipement correctement conçu pour le nettoyage CIP doit comporter des boules de pulvérisation pour que le procédé de nettoyage n'ait pas "d'angle mort".

De l'eau secondaire provenant par exemple d'une OI et /ou de condensats peut servir directement d'eau de prérinçage dans le CIP, ou bien pour d'autres utilisations après le traitement. Le Tableau 4.200 présente des situations dans lesquelles les laiteries peuvent réutiliser l'eau secondaire dans un CIP. L'utilisation de ces eaux pour le prérinçage dépend de la possibilité de récupérer des matières pouvant être recyclées dans le procédé. Si c'est le cas, l'eau doit alors être potable.

Les substances chimiques utilisées dans le CIP sont normalement une solution alcaline à base de soude caustique pour décoller et enlever les couches de graisses et de protéines, et une solution acide, à base par exemple de HNO_3 , pour décoller et enlever les couches minérales. Très souvent, la phase acide n'est pas nécessaire. Le nettoyage qui n'utilise que la phase alcaline s'appelle parfois un nettoyage monophasé. On ajoute quelquefois des agents chélateurs, normalement à base d'EDTA, à la solution alcaline pour empêcher les précipitations qui surviennent normalement lorsque les concentrés alcalins sont dilués et pour dissoudre les calcifications et les dépôts. Les agents chélateurs et autres additifs peuvent être nocifs pour l'environnement. Les sections 4.3.8.2 - 4.3.8.2.5 incluse contiennent des informations complémentaires sur l'utilisation des agents chélateurs, entre autres de l'EDTA. Le nettoyage monophasé offre l'avantage de réduire la consommation d'eau et d'énergie et d'augmenter la cadence de nettoyage. Le recours aux deux solutions acide et alcaline demande deux réservoirs, avec des conduites intermédiaires, un rinçage intermédiaire, ce qui accroît la consommation d'eau et d'énergie et allonge la durée de nettoyage.

Le choix des agents nettoyants dépend d'un certain nombre de facteurs et ne peut pas être défini de manière générale. Les matières de base simples, telles que la soude caustique et le HNO_3 , ainsi que des agents nettoyants prêt-à-l'emploi et spécialement conçus, sont disponibles pour des applications particulières. Il faut veiller à laisser de côté les substances chimiques qui ne sont pas absolument nécessaires ; par exemple, les agents chélateurs comme les détergents contenant de l'EDTA ne sont pas exigés pour le nettoyage des camions-citernes de lait et les cuves de stockage du lait cru.

La Figure 4.61 illustre un exemple de système CIP.

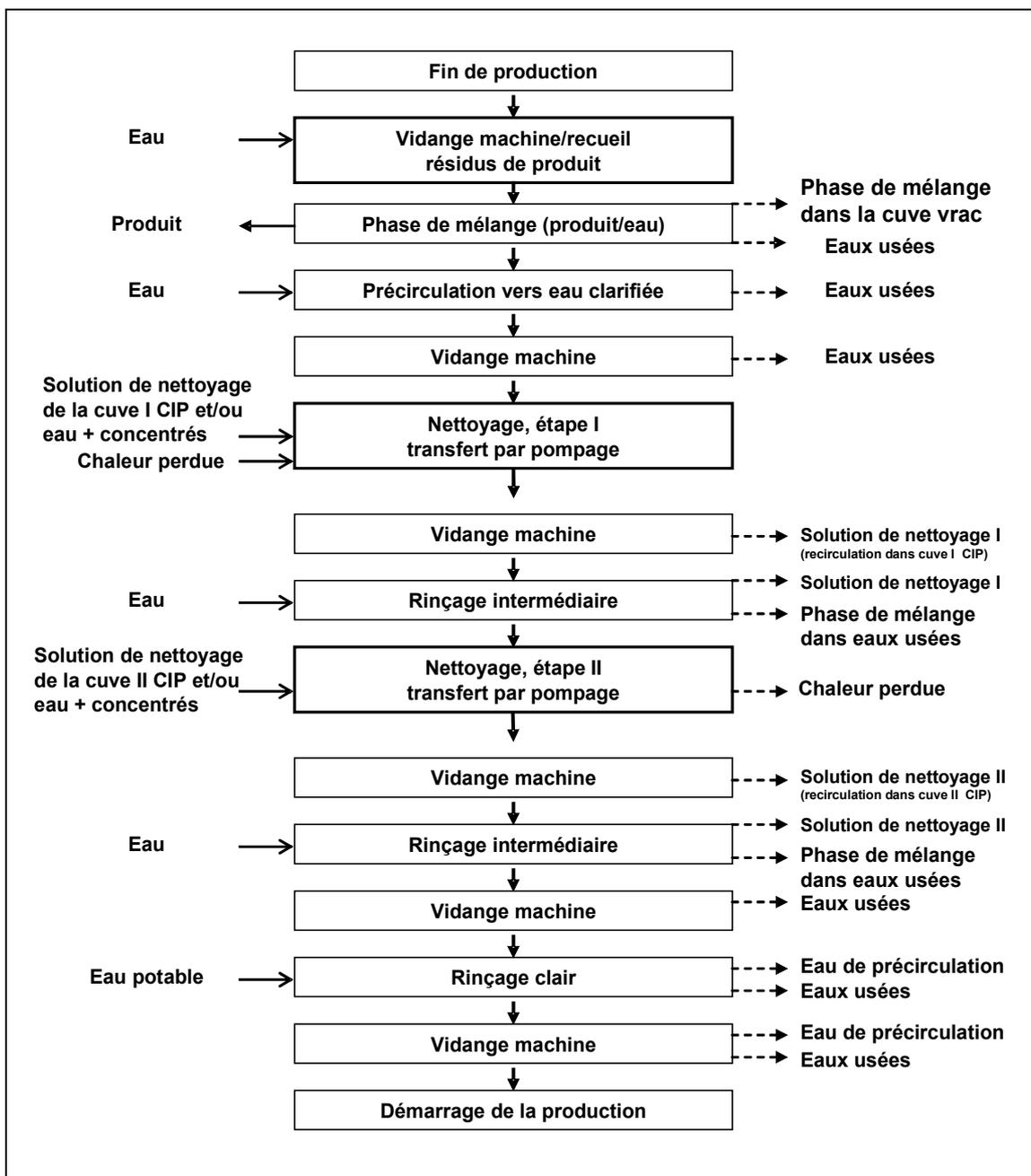


Figure 4.61 : Organigramme d'un système de nettoyage en place

On note qu'il faut éviter le nettoyage parallèle ou série des cuves ainsi que le nettoyage parallèle de la tuyauterie. Le nettoyage parallèle et série des cuves entraîne un mélange excessif des solutions de pré-rinçage et de nettoyage, et des solutions de nettoyage et de rinçage final. Ce fait limite le recyclage de la solution nettoyante et de l'énergie. Dans une configuration parallèle, il peut s'avérer difficile de faire passer le flux requis à travers plusieurs cuves et le retour CIP des cuves nécessite un autre temps de séjour. Le passage du pré-rinçage à une solution de nettoyage et d'une solution de nettoyage au rinçage final provoque une zone de mélange longue. Dans une configuration série, le contenu des conduites entre les cuves I et II fournit également une zone de mélange longue si ce contenu n'est pas vidangé. Lorsque la solution nettoyante arrive dans la cuve I (vidangée), la solution de pré-rinçage présente dans les conduites risque de se mélanger à la solution nettoyante de la cuve II (vidangée avant).

Arguments motivant la mise en application

On peut faire reculer la consommation d'eau, de détergents et de l'énergie destinée à chauffer l'eau parce qu'il est possible de définir les niveaux de consommation, en les adaptant aux

régions à nettoyer. On peut récupérer et réutiliser l'eau et les produits chimiques présents dans le circuit. En aval, le volume d'eaux usées baisse également.

Interactions entre les milieux

Consommation énergétique possible liée au pompage de l'eau et des détergents.

Données d'exploitation

Optimiser les systèmes CIP peut par exemple réduire la quantité d'agents nettoyants et désinfectants utilisés, en recyclant les solutions nettoyantes. Comme des pertes se produiront à cause de la contamination de l'eau, les solutions devront être complétées. Concrètement, lorsqu'une solution nettoyante atteint une certaine composition, il faudra la jeter. Un autre avantage offert par le recyclage des solutions se traduit par la récupération partielle de l'énergie thermique.

Les systèmes CIP peuvent être beaucoup plus performants que le nettoyage manuel, mais leur conception et leur utilisation doivent permettre d'optimiser leurs avantages potentiels. Les caractéristiques conceptuelles et opérationnelles qui réduisent au maximum la consommation d'eau et d'agents chimiques de nettoyage et qui permettent de récupérer le plus de produit sont les suivantes :

- Enlèvement à sec du produit avant de démarrer le cycle de nettoyage à l'eau par l'écoulement naturel, l'écouvillonnage (voir la section 4.3.3) ou le recours à l'air comprimé (voir la section 4.3.4).
- Prérinçage avec un faible volume d'eau qui, dans certains cas, peut être associé à un système retour de l'eau de prérinçage dans le procédé pour être réutilisée ou à un système de récupération de l'eau qui rejoindra les eaux usées.
- Utilisation d'un détecteur de turbidité pour optimiser la récupération des matières / produits dans l'eau et la réutilisation de l'eau de nettoyage pendant le prérinçage (voir la section 4.1.8.5.3).
- Optimisation du programme CIP par rapport à la taille de l'installation / de la cuve et de la nature des salissures, en adaptant le dosage des substances chimiques, la consommation d'eau, la température, la pression et les temps de nettoyage et de rinçage ;
- Dosage automatique des concentrations de produits chimiques ;
- Recyclage interne de l'eau et des produits chimiques ;
- Réutilisation de l'eau intermédiaire / finale pour le prérinçage ;
- Recyclage contrôlé par la conductivité (voir la section 4.1.8.5.2) à la place de la durée ;
- Pulvérisateurs à économie d'eau ;
- Choix adéquat des détergents CIP.

Il est courant d'affecter l'eau du dernier rinçage au prérinçage, au rinçage intermédiaire ou à la préparation des solutions nettoyantes. Le dernier rinçage est conçu pour éliminer les dernières traces de détergents présents dans les appareils de nettoyage. On utilise de l'eau propre et cette eau, renvoyée vers l'unité CIP centrale, est suffisamment propre pour être réutilisée au lieu d'être rejetée. Pour récupérer l'eau du rinçage final, la conduite retour du CIP doit être connectée à la cuve de prérinçage. Un émetteur de conductivité redirige l'eau, par exemple vers la cuve de prérinçage.

Dans les grandes installations laitières comportant des tuyauteries très ramifiées, un dispositif CIP centralisé peut ne pas convenir. Souvent, les distances trop importantes font perdre une quantité considérable de chaleur, de détergents et d'eau, et demandent une puissance de pompage excessive. Dans ce cas, on peut avoir recours à plusieurs petits dispositifs CIP qui peuvent être approvisionnés en solution nettoyante par le dispositif CIP centralisé via un circuit fermé.

Dans certaines applications, telles que dans des installations petites ou rarement utilisées, où dont la solution nettoyante est hautement polluée, comme dans les installations UHT, les installations de séparation membranaire et le nettoyage préliminaire des évaporateurs et des séchoirs par pulvérisation, on utilise des systèmes à usage unique. Ces systèmes ne réutilisent pas les agents nettoyants car ils pourraient nuire au résultat de nettoyage dans d'autres installations.

Domaines d'application

Applicable aux équipements confinés / hermétiques qui peuvent être traversés par des liquides, conduites et cuves comprises.

Données financières

Les coûts d'investissement sont élevés. Diminution des dépenses en eau, énergie et substances chimiques.

Arguments motivant la mise en application

Automatisation et exploitation facilitée. Conditions de démontage et de remontage plus simples.

Exemples de site

Le CIP équipe de nombreuses laiteries et brasseries, ainsi que des usines de production de café instantané. Il est également utilisé dans le nettoyage des matériels de stabilisation du vin.

Bibliographie de référence

[1, CIAA, 2002, 9, Verband der Deutschen Milchwirtschaft (German Dairy Association), 1999, 42, Nordic Council of Ministers, et al., 2001, 224, Portugal-FIPA, 2003, 228, Verband der Deutschen Milchwirtschaft (German Dairy Association), 1997, 239, CIAA-EDA, 2003]

4.3.10 Nettoyage fréquent et rapide des équipements de transformation et des zones de stockage des matières

Voir aussi la Section 4.3.1.

Description

Les zones de stockage des matières premières, des produits dérivés et des déchets peuvent être souvent nettoyées. Le plan de nettoyage peut concerner toutes les structures, l'extérieur et l'intérieur des équipements, les conteneurs de stockage des matières, les conduites d'évacuation, l'aire de rangement extérieure et les voies de circulation.

Arguments motivant la mise en application

Adopter un plan de nettoyage minutieux et d'entretien adéquat fait diminuer les mauvaises odeurs et le risque de problèmes et nuisances sanitaires causés par les animaux nuisibles et les insectes.

Interactions entre les milieux

Le procédé de nettoyage consomme de l'eau, bien que le volume dépende du nettoyage à sec réalisé auparavant. Cette eau peut trouver une réutilisation dans l'installation et dans la SEEU.

Données d'exploitation

Lorsque des résidus carnés, notamment les mélanges carnés destinés à la fabrication de saucissons ou de saucisses, provenant d'appareils comme les bols hachoirs, les remplisseurs de saucisses et des sols, ne sont pas nettoyés, ils collent aux surfaces et sont ensuite plus difficiles à éliminer. En nettoyant ces appareils immédiatement après la fin de la production, on réduit au maximum les tâches de nettoyage ainsi que la consommation d'eau et de détergents. Les résidus de viande hachée sont autant que possible enlevés à la main avant l'opération de nettoyage et avant leur renvoi vers les installations de récupération.

Si les conteneurs de matières premières sont vidés et lavés fréquemment, par exemple quotidiennement, les matières nauséabondes et en décomposition n'auront pas le temps de s'accumuler. Les délais d'expédition risquent de donner le temps aux matières de se détériorer et si ces dernières restent sur le site, même pendant une période brève, elles peuvent provoquer des problèmes d'odeur, surtout si elles sont stockées dans de mauvaises conditions. Même les usines où les matières sont rapidement traitées peuvent générer de mauvaises odeurs si les bonnes pratiques sanitaires ne sont pas appliquées. À titre d'exemple, on peut vider quotidiennement les conteneurs de fruits et légumes triés, les pelures et les résidus de coupe.

Domaines d'application

Applicable à l'ensemble des installations FDM.

Exemples de site

Largement utilisé, par exemple dans les magasins de fruits et légumes.

Bibliographie de référence

[41, Nordic Council of Ministers, 2001]

4.3.11 Nettoyage des camions à l'aide de distributeurs d'eau à compteur et / ou de pulvérisateurs haute pression faible volume (HPLV)

Description

Le nettoyage des camions à l'aide de distributeurs d'eau à compteur et / ou de pulvérisateurs haute pression faible volume (HPLV) peut réduire la consommation d'eau et la pollution des eaux usées.

Arguments motivant la mise en application

Réduction de la consommation d'eau et de la pollution des eaux usées.

Données d'exploitation

On note que les conteneurs à raisins sont nettoyés avec cette technique. L'eau de nettoyage est évacuée.

Domaines d'application

Applicable aux installations FDM où les matières sont livrées dans des camions.

Données financières

Baisse du coût de l'eau et du traitement des eaux usées.

Exemples de site

Utilisé dans des exploitations viticoles.

Bibliographie de référence

[134, AWARENET, 2002]

4.4 Techniques de réduction au maximum des émissions atmosphériques

Les impacts générés par l'exploitation d'unités FDM sur l'environnement sont répertoriés par code dans le Tableau 3.19 et les codes attribués aux émissions dans l'atmosphère sont expliqués dans le Tableau 3.20.

La présente section se divise en trois grandes sections : la section 4.4.1 présente l'approche systématique adoptée pour le contrôle des émissions atmosphériques, de la définition initiale du problème jusqu'au choix de la meilleure solution. La section 4.4.2 aborde ensuite les techniques intégrées au procédé mises en place pour éviter ou réduire les émissions. faisant suite aux mesures intégrées au procédé. Pour terminer, la section 4.4.3 décrit les techniques d'abattement « end-of-pipe » faisant suite aux mesures intégrées au procédé.

4.4.1 Stratégie de maîtrise des émissions atmosphériques

Cette stratégie se compose de plusieurs phases d'évaluation. L'importance de chaque phase dépend de la situation propre à l'installation ; certaines phases peuvent ne pas être nécessaires pour atteindre le niveau de protection recherché. La stratégie est destinée à toutes les émissions atmosphériques, comme les gaz, les poussières et les odeurs, certaines étant issues d'émissions COV. Les odeurs constituent essentiellement un problème local de nuisance, mais comme il survient souvent à cause de l'émission de COV, il faut également en tenir compte. Les odeurs servent d'exemple pour chaque phase. La démarche de cet exemple résumé dans la Figure 4.62

est particulièrement utile aux grands sites opérationnels qui comportent de nombreuses sources d'odeur séparées et dont les principales raisons du dégagement nauséabonde global ne sont pas entièrement identifiées.

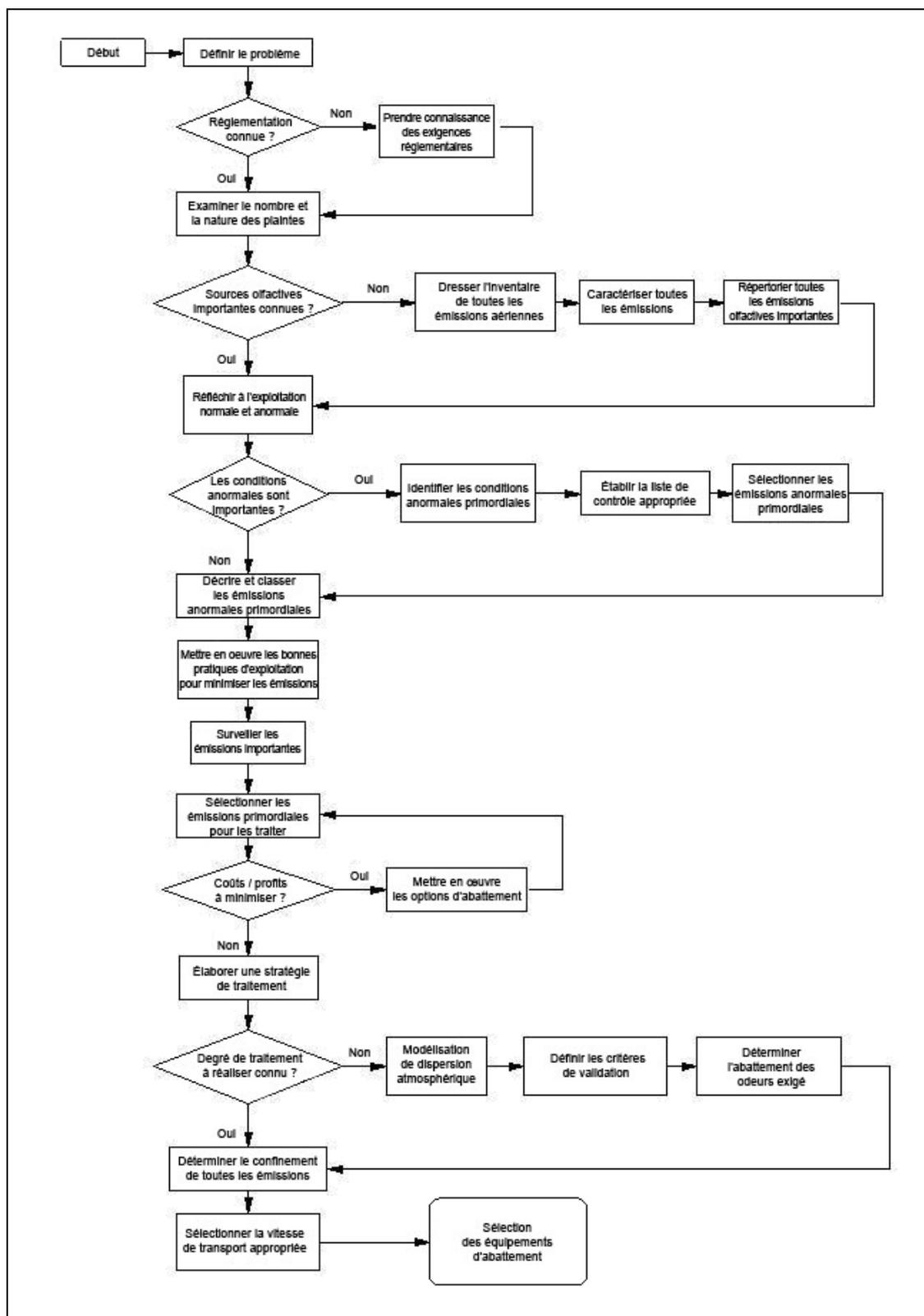


Figure 4.62 : Organigramme de sélection des techniques de réduction des odeurs [34, Willey A R and Williams D A, 2001]

4.4.1.1 Phase 1 : Définition du problème

Il faut recueillir des informations sur les exigences législatives réglementant les émissions atmosphériques. La situation locale, comme les conditions météorologiques et géographiques, peut également intervenir dans la définition du problème des odeurs.

4.4.1.1 Exemple d'odeurs

Le personnel de l'entreprise est généralement au fait des problèmes d'odeur existants, et il peut prêter son concours à un consultant ou à une personne qui ne connaît pas la situation locale.

Tout d'abord, on peut analyser le nombre et la fréquence des réclamations, ainsi que les caractéristiques attribuées aux odeurs. L'endroit où se trouvent les auteurs des réclamations par rapport à l'entreprise, associé à leurs commentaires ou à ceux des autorités locales, permet de cerner les problèmes. On peut mettre sur pied une procédure d'enregistrement des réclamations qui comporterait un système de réponse à toutes les réclamations faites directement auprès de l'entreprise par téléphone ou en personne. En examinant et documentant précisément les conditions de production au moment de la réclamation, on peut repérer plus facilement les sources d'odeurs à maîtriser.

Toute correspondance avec les pouvoirs publics ou la communauté peut être examinée. L'activité publique et les actions prises par les représentants des pouvoirs publics permettent de déterminer la gravité du problème et d'exercer une influence sur le calendrier qui sera probablement proposé pour modifier le procédé ou mettre en place une installation d'abatement.

Pour terminer, on peut déterminer les conditions climatiques locales dominantes, notamment les vents dominants, leurs vitesses, et la fréquence de changement. Ces informations peuvent être utilisées pour savoir si les réclamations sont en grande partie provoquées par certaines conditions météorologiques ou si elles résultent d'opérations spécifiques exécutées dans l'usine.

4.4.1.2 Phase 2 : Inventaire des émissions du site

L'inventaire englobe les émissions d'exploitation normales et anormales. Après avoir caractérisé les différents points d'émissions, on peut ensuite les comparer et les classer entre eux.

Une méthode systématique d'identification des émissions atmosphériques normales consiste à examiner les processus les uns après les autres pour répertorier toutes les émissions potentielles. Concrètement, cette étude peut porter sur les opérations suivantes :

- Livraison des matières premières
- Stockage des matières premières en vrac
- Stockage des matières premières emballées, par exemple dans des fûts ou des sacs
- Production
- Conditionnement
- palettisation / entreposage.

Cette étude peut être réalisée avec différents niveaux de détails. On peut inspecter le site en se servant de schémas de principe de procédé ou de diagramme d'instrumentation afin de relever systématiquement toutes les sources d'émissions.

En fonction de la gravité du problème et des principales opérations à l'origine du problème, il peut être nécessaire d'englober dans l'analyse les situations anormales et même les situations d'urgence. On peut avoir recours à la liste de contrôle, aux schémas de principe des procédés et aux diagrammes d'instrumentation. Les mots-clés à faire figurer dans la liste de contrôle seront probablement très différents d'une opération à l'autre.

4.4.1.2.1 Exemple d'odeur

Les problèmes d'odeur peuvent provenir de rejets permanents de l'installation qui transmettent une odeur distincte à l'environnement. Dans de nombreux cas, le traitement des principales émissions élimine en partie le problème, ce qui réduit ou supprime les plaintes. Dans d'autres cas, l'élimination de la source d'odeur dominante permet à d'autres odeurs du site de s'intensifier. Il se peut que ces odeurs aient des caractéristiques différentes de celles de l'odeur dominante. Cette situation peut donner lieu par la suite à de nouvelles plaintes et demander de nouveaux investissements outre ceux déjà affectés au traitement de l'odeur dominante. Par conséquent, il est important d'analyser d'une manière approfondie l'éventail d'émissions nauséabondes dégagé par le site et d'identifier les émissions individuelles le plus susceptibles de donner lieu à des plaintes. Le Tableau 4.119 illustre une méthode de recueil des informations concernant les odeurs générées pendant l'exploitation normale. Il se peut que les problèmes d'odeur ne surviennent que dans des conditions d'exploitation anormales. Le Tableau 4.120 offre une liste de contrôle-type destinée à des conditions d'exploitation anormales.

Source de l'odeur : _____		Exemples : _____	
Type de dégagement	Forcé / naturel / ventilation		
Opération de procédé réalisée	Chauffage / refroidissement / maintenance / nettoyage		
Permanence des émissions	Continues / intermittentes / périodiques		
Durée de l'opération	Durée par heure / par jour / par cycle de production		
Méthode de dégagement	Cheminée / ouverture de visite / dans un bâtiment / dans l'atmosphère		
Configuration du dégagement	Diamètre de cheminée / hauteur du dégagement		
Description de l'odeur	Douce / aigre / entêtante / fruitée		
Force de l'odeur	Très faible / faible / distincte / forte / très forte		
Débit estimé	Mesure / courbes de ventilation / estimation		
Emplacement sur le site	Coordonnées du dégagement		
Opération	Normale / anormale / urgence		
Classement global	Par ex. -10 à +10 ou 0 à 10		

Tableau 4.119 : Fiche de recueil d'informations sur les émissions nauséabondes

Paramètres	Exemples
Confinement endommagé	Trop-plein / fuites / contrôle des défaillances
Vidage des poubelles	Déchets et matières de procédé
Possibilité que les matières entrent dans le procédé	Destruction du serpentin à vapeur
Réaction de fuite	Impossible de faire entrer une matière ou de contrôler la température
Corrosion / érosion	Fréquence des inspections
Perte de services	Instrumentation sans panne
Contrôle / personnel	Niveau de contrôle et d'encadrement
Ventilation / extraction	Plan d'études correct
Maintenance / inspection	Quelle périodicité ?
Démarrage / arrêt	Implications pour les opérations aval
Modifications du rendement	100 %, 110 % de la production + production faible
Changements de formulation	Ingrédients nauséabonds

Tableau 4.120 : Liste de contrôle destinée à des conditions d'exploitation anormales

On peut classer les émissions nauséabondes selon la gravité de leur impact sur l'environnement immédiat. Pour élaborer la classification, on peut commencer par regrouper les émissions par catégories importantes, intermédiaires et mineures en fonction de leurs caractéristiques olfactives et des plaintes y afférent. La hiérarchie au sein de chaque catégorie est fortement influencée par la force de l'odeur perçue, ainsi que par le flux d'air et la nature de l'opération, par exemple continue ou intermittente. Outre les facteurs détaillés ci-dessus, cette méthode peut exiger une certaine compétence professionnelle.

4.4.1.3 Étape 3 : Mesure des principales émissions

Les émissions atmosphériques sont mesurées dans le but d'établir des méthodes de prévention et de traitement. Ces mesures permettront de classer les émissions selon l'importance de leur impact.

4.4.1.3.1 Exemple d'odeur

La mesure des principales émissions nauséabondes est réalisée à l'aide de la formule suivante :

$$\text{Émission olfactive} = \text{niveau d'émission mesuré (OU/m}^3\text{)} \times \text{flux d'air volumétrique lié (m}^3\text{/sec)}$$

Il est difficile de mesurer les odeurs, et le résultat peut présenter des différences statistiques étendues. Néanmoins, la mesure quantitative des odeurs peut être demandée au final par un maître d'ouvrage qui fournit les appareils d'abattement ou pour apporter une preuve de conformité à la réglementation.

Si on connaît les émissions nauséabondes essentielles, ainsi que leurs débits et leur emplacement physique sur le site, ceci permettra d'élaborer un plan de traitement. Le Tableau 4.121 s'appuie sur une situation réelle mais non identifiée, et simplifiée pour illustrer le principe. Il contient le calcul des émissions olfactives et, à partir de ces chiffres, cette méthode propose un « classement des émissions ». Les résultats permettent de tenter une stratégie de traitement ; cependant, ils n'indiquent pas encore s'il faut prendre en compte les heures d'activité ou l'impact des principales émissions, entre autres leurs caractéristiques telles qu'une odeur forte, douce ou entêtante.

Source	Débit (m ³ /s)	Niveau d'odeur (OU/m ³)	Émission olfactive (OU/s)	Classement des émissions à partir de l'émission olfactive*	Heures d'activité (h/an)	Description de l'odeur
Manutention des matières premières	180 000	1 610	22	5	480	
Chauffage des matières premières	172 800	1 250	16	6	960	
Chauffage du procédé	3 960	11 290	3,4	7	2 100	
Génération de vide	1 440 000	17 180	1 909	2	5 760	
Piège à graisses	5 760	90	0,04	8	6 240	
Ventilation d'air en provenance de l'installation de procédé	6 912 000	350	190	4	48	
Atelier d'emballage	45 720 000	80	275	3	5 760	
Local poubelles	12 600 000	2 690	2 611	1	387	

* Cette colonne ne tient pas compte de l'impact de l'odeur, de la durée d'exposition et autres caractéristiques. Le chiffre 1 a la priorité de traitement la plus élevée car il indique le niveau d'émission le plus haut, le chiffre 8 étant le plus faible.

Tableau 4.121 : Programme-type de mesure des odeurs avec chiffres simplifiés provenant d'un site de production alimentaire non identifié [34, Willey A R and Williams D A, 2001]

La modélisation de la distribution de l'air peut permettre de quantifier entièrement l'impact des émissions mesurées dominantes. Dans ce contexte, l'impact représente la concentration

résultante au niveau du sol des émissions globales générées par le site à diverses distances du périmètre du site par rapport aux conditions climatiques ; cette résultante permet de définir les actions nécessaires à la maîtrise des émissions olfactives. Si plusieurs odeurs ou composants proviennent de la même source, ce qui est généralement le cas, ils peuvent être traités ensemble. En présence de plusieurs sources, il faut analyser chaque source individuellement.

4.4.1.4 Étape 4 : Sélection des méthodes de contrôle des émissions atmosphériques

Un inventaire des émissions, immissions et plaintes, comme cela arrive pour les odeurs, provoquées souvent par l'émission de COV, peut identifier les principales sources d'émissions atmosphériques du site qui doivent faire l'objet d'un plan ou d'une stratégie de traitement. Il permet d'identifier les sources dont les retombées peuvent être éliminées ou du moins réduites. Les méthodes de contrôle englobent les traitement intégrés au procédé et les traitements « end-of-pipe ».

Parmi les traitements intégrés au procédé, il y a les mesures portant sur les substances, comme la sélection de nouveaux produits pour remplacer des substances nocives comme les carcinogènes, les mutagènes ou les tératogènes, l'utilisation de matières à faibles émissions, comme les liquides peu volatiles et les solides produisant peu de poussières fines, et les mesures concernant les procédés, telles que l'utilisation de dispositifs et de procédés de production à faibles émissions. Si, après avoir pris des mesures intégrées au procédé, la baisse des taux d'émissions n'est pas suffisante, il peut être nécessaire d'appliquer des contrôles supplémentaires des gaz, des odeurs / COV et des poussières en ayant recours à des techniques « end-of-pipe ».

4.4.2 Techniques intégrées au procédé

Les procédures intégrées au procédé destinées à réduire les émissions dans l'atmosphère offrent généralement d'autres avantages environnementaux, tels que l'utilisation optimisée des matières premières et la production réduite de déchets. Le présent chapitre reprend ces avantages lorsqu'ils sont associés à des techniques. Certaines techniques décrites comme des techniques de réduction des émissions atmosphériques sont également intégrées dans le procédé et elles permettent de récupérer des matières qui subiront une seconde transformation, comme par exemple la technique des cyclones (voir la section 4.4.3.5.2).

4.4.3 Traitement de l'air « end-of-pipe »

Les sections 4.4.3.1 - 4.4.3.13 présentent quelques techniques de réduction « end-of-pipe » destinées à traiter les émissions atmosphériques dans le secteur FDM. Le chapitre 2 aborde l'opération des unités de traitement dans le secteur FDM mais il ne reprend pas les techniques de traitement « end-of-pipe ».

Les mesures « end-of-pipe » sont conçues pour réduire non seulement les concentrations massiques, mais également les flux massiques des polluants atmosphériques dégagés par l'opération d'une unité ou par un procédé. Leur utilisation est normale pendant l'exploitation de l'installation.

Le Tableau 4.122 répertorie certaines techniques de traitement atmosphérique « end-of-pipe » couramment appliquées.

Procédé de traitement	
Polluants solides et liquides	Polluants gazeux et odeurs / COV

Séparation dynamique	Absorption
Séparation humide	Adsorption du carbone
Précipitation électrostatique	Traitement biologique
Filtration	Traitement thermique
Aérosol / séparation sous forme de gouttelettes *	Traitement de plasma non thermique
	Condensation *
	Séparation par membrane *
* N'est pas décrite comme technique de réduction des émissions atmosphériques dans le présent document	

Tableau 4.122 : Techniques de traitement de l'air « end-of-pipe »
 [34, Willey A R and Williams D A, 2001, 65, Germany, 2002]

Pour séparer des particules / poussières dispersées, on a recours à des forces externes, comme la gravitation primaire, l'inertie ou l'électrostatique. On applique également la dispersion physique en construisant des cheminées, en accroissant le potentiel de dispersion et en augmentant la hauteur de la cheminée de rejet ou la vitesse de rejet.

Les caractéristiques de l'émission déterminent le choix de la technique d'abattement « end-of-pipe » la mieux appropriée. Cette démarche doit rester souple, afin de pouvoir traiter d'autres sources identifiées ultérieurement. Le Tableau 4.123 donne les principaux paramètres sur lesquels s'appuie le choix de la technique.

Paramètre	Unité
Débit	m ³ /h
Température	°C
Humidité relative	%
Ensemble-type des composants présents	–
Taux de poussière	mg/Nm ³
Taux organique	mg/Nm ³
Niveau des odeurs	OU/Nm ³

Tableau 4.123 : Principaux paramètres déterminant le choix de la technique « end-of-pipe »

Dans certains cas, il est facile d'identifier les composants de l'émission. En ce qui concerne l'odeur, l'émission à traiter contient habituellement un mélange complexe, et pas seulement un ou deux composants aisément reconnaissables. L'installation d'abattement est par conséquent souvent conçue de manière empirique en s'inspirant de l'exploitation d'autres installations similaires. L'incertitude provoquée par l'existence d'un nombre considérable de composants aériens peut exiger la mise en place d'installations pilotes. Le débit à traiter est un paramètre crucial dans la procédure de sélection et très souvent, les techniques d'abattement sont données avec leur plage de débit optimal pour l'application donnée.

L'achat d'une installation d'abattement comprend normalement une déclaration de garantie, portant par exemple sur la fiabilité mécanique et électrique pendant au moins une année. Au titre de la procédure de sélection et d'achat, le fournisseur demandera en outre des informations sur la performance du procédé en matière d'abattement. La nature de la garantie du procédé constitue une partie importante du contrat. A titre d'exemple, les déclarations de garantie liées à l'élimination des odeurs peuvent prendre plusieurs aspects. En l'absence de données olfactométriques, la garantie risque de stipuler simplement « qu'aucune odeur ne sera perceptible à l'extérieur du périmètre du procédé ou à l'extérieur du site de l'installation ».

Des critères extrêmement sévères régissant les concentrations de poussières gazeuses peuvent être appliqués avec une modélisation bi-étagée de techniques de séparation hautes performances, par exemple en utilisant deux filtres textile ou bien en combinant ces filtres à des filtres HEPA (procédure décrite dans le « traitement des eaux usées et des effluents gazeux BREF » [217, EC, 2003] ou à des filtres ESP.

Le Tableau 4.124 compare les performances de certaines techniques de séparation.

Technique	Taille des particules μm	% de la capacité de récupération à 1 μm	Température opérationnelle maximale °C	Plage de taux d'émissions possibles mg/Nm^3	Commentaires
Cyclone	10	40 *	1 100	25 – 100	Particules grossières. Utilisée en association avec d'autres méthodes
Séparation humide	1 – 3	> 80 – 99	Entrée 1 000 Sortie 80	< 4 – 50	Bon résultat avec les types de poussières appropriés. Réduction des gaz acides
ESP sec	< 0,1	> 99 selon la conception	450	< 5 – 15 (préréduction > 50)	Quatre ou cinq zones. Destinée normalement à la préréduction
ESP humide	0,01	< 99	80	< 1 – 5 transparent à l'oeil	ESP avec deux zones en séries. Essentiellement des précipitations de fin brouillard.
Filtration (filtre textile)	0,01	> 99,5	220	< 1 – 5	Bon résultat avec le type de poussières approprié
Filtration (filtre en céramique)	0,01	99,5	900	0,1 – 1	Très bon résultat avec les types de poussières appropriés

* Pour des particules plus grandes ou des cyclones hautes performances, des capacités de récupération avoisinant les 99 % peuvent être atteintes.

Tableau 4.124 : Comparaisons de certaines techniques de séparation [65, Germany, 2002, 199, Finland, 2003]

4.4.3.1 Utilisation optimale des équipements d'abattement des émissions atmosphériques

Description

Les critères d'exploitation des équipements d'abattement peuvent varier selon la recette, par exemple dans le cas d'odeurs. Si certains procédés ou recettes n'exigent pas l'opération d'équipement d'abattement 24 heures sur 24, leur utilisation peut assurer qu'ils seront disponibles au moment et dans les conditions d'exploitation requises.

On peut les installer de manière à ce que les opérateurs ne puissent pas intervenir, seulement les responsables lorsque les conditions d'abattement ne sont pas exigées. Concrètement, le responsable peut avoir les clés qui permettent d'accéder aux commandes des équipements et de les activer à nouveau pour qu'ils atteignent leur fonctionnement de service optimal dès que l'exploitation l'exige.

Arguments motivant la mise en application

Réduction des émissions atmosphériques.

Données d'exploitation

Lorsqu'un exemple de conserverie d'aliments pour animaux de compagnie, qui fonctionnait sans émettre de substances nauséabondes, s'est mis à fabriquer un nouveau produit, l'odeur est devenue un problème majeur parce que les mesures de contrôle des odeurs existantes n'étaient pas adaptées à cette nouvelle recette. Les modifications de recette ont également entraîné des problèmes d'odeur variables dans les ateliers d'alimentation animale, où on a ajouté des huiles de poisson ou de la mélasse par charge successive. Ces exemples démontrent les différents besoins d'abattement, même au sein d'une même entreprise.

Pour prévenir avec efficacité les émissions dans l'atmosphère, après s'être assuré que les équipements de réduction sont sous tension, on doit également s'assurer que les conditions

d'exploitation sont correctes. A titre d'exemple, dans les fumoirs de viande ou de poisson, et dans les installations de torréfaction du café qui emploient l'oxydation thermique pour éliminer les odeurs, ces oxydants thermiques ne fonctionnent pas efficacement avant d'atteindre les températures de combustion des polluants. Par conséquent, il faut les mettre en route suffisamment tôt pour que la chambre de combustion puisse atteindre ces températures (voir les sections 4.4.3.11.1 et 4.4.3.11.3).

Domaines d'application

Applicable dans les entreprises qui ont besoin d'équipements d'abattement.

Arguments motivant la mise en application

Prévention des émissions atmosphériques.

Bibliographie de référence

[182, Germany, 2003, 234, UK, 2003, 235, DG Environment, 2003]

4.4.3.2 Collecte des émissions atmosphériques à la source – évacuation locale

Description

Il faut mettre en place une ventilation appropriée sur le lieu de travail ainsi que des opérations de procédé spécifiques afin de garantir des conditions de travail convenables, de fournir de l'oxygène aux dispositifs de combustion à mazout ou à gaz qui font partie du système de contrôle des émissions dans l'atmosphère. La ventilation générale et locale enlève par exemple les produits de combustion rejetés par les dispositifs à mazout ou à gaz, ainsi que les odeurs, les vapeurs et la vapeur d'eau des procédés de cuisson.

L'évacuation locale peut protéger des risques soulevés par certaines fumées de cuisson, comme celles générées par les procédés de chauffage direct des aliments. Si la réalisation de cette ventilation ne permet pas de la conserver propre et exempte de résidus graisseux, elle peut être inefficace et poser des risques d'incendie. Si l'air de remplacement est trop chaud ou trop froid, le personnel voudra éteindre la ventilation. Lorsque l'air entrant est aspiré naturellement, il faut normalement mettre en place des moyens de contrôler l'entrée des insectes. L'air ventilé peut être évacué vers un dispositif d'abattement et, dans certains cas, il peut être recirculé en tenant compte des conditions sanitaires. Dans certaines applications, il est possible de recueillir les matières aériennes pour les réutiliser.

Le confinement des sources d'émissions atmosphériques et l'utilisation de systèmes d'évacuation d'air locaux consomment beaucoup moins d'énergie que d'assainir l'air d'une pièce entière. Les émissions atmosphériques englobent par exemple les odeurs provoquées souvent par les émissions et les poussières, comme le grain et la farine. Pour être efficace, le dispositif d'aspiration doit être suffisamment grand et certaines pièces, telles que les plaques de guidage et les trémies avec battants et couvercle, peuvent contribuer à réduire les émissions de poussière et de gaz.

Les émissions répertoriées qui nécessitent un traitement sont canalisées à la source et si possible regroupées avant de les envoyer vers une unité d'abattement.

L'objectif des équipements est d'empêcher et de contrôler sur les lieux où c'est possible l'échappement de toutes les émissions dans l'atmosphère. Les exemples suivants illustrent des zones sensibles :

- Points de chargement / déchargement des véhicules
- Points d'accès à l'installation de transformation
- Convoyeurs ouverts
- Cuves de stockage
- Procédé de transfert
- Procédé de remplissage
- Procédé de mise en décharge.

Arguments motivant la mise en application

Baisse des émissions atmosphériques et réutilisation potentielle des matières aériennes.

Interactions entre les milieux

Consommation d'énergie.

Données d'exploitation

La majorité des techniques d'abattement sont conçues en fonction du débit volumétrique à traiter. Cette méthode demande de confiner avec efficacité les différentes émissions tout en conservant un débit volumétrique d'air approprié pour empêcher toute entrée d'émissions atmosphériques dans l'environnement de travail.

La liste suivante reprend des exemples où l'air est recyclé :

- Recirculation des gaz de torréfaction du café émis par un procédé de torréfaction continu ou discontinu ;
- L'air d'alimentation chargé de poussières peut être recirculé vers des convoyeurs pneumatiques qui récolteront du même coup les poussières pour les recycler ;
- Les fumées provenant des fumoirs peuvent être partiellement ou intégralement recyclées.

Pour faciliter la maintenance et la mise en œuvre de modifications et de tests comparatifs avec les spécifications originales, il est bon d'enregistrer les critères d'études, les tests de performances, les exigences de maintenance, les tests et les inspections.

Domaines d'application

Applicable à l'ensemble des installations FDM qui génèrent des émissions dans l'atmosphère, par exemple pendant le chargement et le déchargement des véhicules, à proximité des trémies, des points de transfert, des goulottes de jetée et des conduites de chargement.

Données financières

En baissant au maximum le débit volumétrique devant être traité, il est possible de réaliser des économies considérables dans le budget d'investissements consacré à l'installation d'abattement. Il est important de distinguer la ventilation générale de l'installation et l'évacuation locale. La ventilation générale doit brasser beaucoup plus d'air, ce qui consomme plus d'énergie et revient plus cher.

Arguments motivant la mise en application

Santé du travail.

Bibliographie de référence

[34, Willey A R and Williams D A, 2001, 65, Germany, 2002, 233, Health and Safety Executive, 2000]

4.4.3.3 Transport des émissions canalisées vers les équipements de traitement ou d'abattement

Description

Les émissions canalisées sont acheminées vers les dispositifs de traitement « end-of-pipe » ou d'abattement. Trois facteurs doivent être pris en compte lors de la conception des dispositifs de transfert des émissions vers l'installation de traitement : la vitesse, la conception des conduits de ventilation et les flux intermittents.

Arguments motivant la mise en application

Baisse des émissions atmosphériques.

Interactions entre les milieux

Consommation d'énergie.

Données d'exploitation

Le transport d'émissions canalisées vers l'installation de traitement doit être soigneusement étudié afin de réduire au maximum les problèmes d'exploitation. Le dépôt de particules et la

condensation d'eau et d'autres contaminants aériens qui pourraient éventuellement se produire risquent d'encrasser fortement les conduits, obligeant des nettoyages fréquents, et de causer des problèmes sanitaires. L'intégration de points de nettoyage et de soupapes de vidange dans les conduits de ventilation permet de nettoyer ces derniers et d'enlever les matières accumulées.

Le choix d'une vitesse d'acheminement basse réduit les frais de ventilation. Si la présence de poussières pose problème, il faut alors adopter une vitesse de transport égale ou supérieure à 10 m/s, 5 m/s étant la vitesse minimale.

Si la présence de poussières est susceptible de perturber l'exploitation malgré des opérations bénéficiant d'une vitesse de transport élevée, on peut alors installer un collecteur d'air d'aspiration, qui est un conduit élargi dans lequel pénètrent les flux d'air chargés de particules dont où la vitesse globale diminue entre 2,5 et 5,0 m/s. Spécialement conçu pour favoriser le dépôt des particules, le collecteur est muni d'une paroi inclinée et de plusieurs portes de nettoyage sur sa longueur. Le conduit de sortie du collecteur présente un diamètre réduit pour rétablir la vitesse de transport du circuit.

Le réseau d'aspiration est conçu avec une vitesse de transport commune, de sorte que la vitesse de l'air est la même dans toutes les sections de conduit et d'aspiration. L'entrée des sections dans le conduit principal peut être positionnée à 45° maximum. Au point d'entrée de la section dans le conduit principal, le diamètre de ce dernier augmente graduellement à 15°. Pour obtenir le résultat demandé, le réseau de ventilation est souvent conçu par une entreprise spécialisée.

Les flux de rejet intermittents sont tout à fait fréquents lorsque plusieurs points de rejets arrivent dans une installation de traitement centrale. Si certains rejets sont continus et d'autres discontinus. Certains rejets peuvent contaminer d'autres émissions de procédé en mode opératoire dégradé ; par ailleurs, il faut éventuellement prévoir le fonctionnement du ventilateur sous diverses charges.

Le système de contrôle requis par cette configuration peut être complexe. A titre d'exemple, le ventilateur peut offrir une seule vitesse. Il aspire donc toujours le débit indiqué dans les spécifications. Ce système nécessite un second flux d'alimentation pour rectifier les défaillances de débit après l'inactivation d'un procédé. Ce second flux d'alimentation peut être pris sur le poste de travail de l'opérateur ou sur le flux de ventilation supplémentaire du bâtiment. Une autre solution consiste à installer un ventilateur équipé d'un inverseur de fréquences. La vitesse serait alors commandée en mesurant la pression statique à l'entrée du ventilateur et en aval de la dernière entrée ramifiée. Ce système fournirait à l'installation de traitement un débit variable correspondant aux différents procédés en fonctionnement. Le choix entre une vitesse fixe et un système d'inversion dépend en grande partie du type de dispositif d'abattement installé et du fait de savoir si le débit variable nuirait au rendement du traitement.

Domaines d'application

Applicable à l'ensemble des entreprises FDM produisant des émissions dans l'atmosphère.

Bibliographie de référence

[34, Willey A R and Williams D A, 2001]

4.4.3.4 Sélection de techniques de réduction des odeurs / COV « end-of-pipe »

Description

Pour sélectionner des techniques de réduction des odeurs, il faut tout d'abord analyser le débit, la température, l'humidité et les concentrations de particules et de contaminants des émissions nauséabondes. Les odeurs découlent souvent des émissions de COV, auquel cas la technique de réduction doit prendre en compte les risques de toxicité et d'inflammation. Le Tableau 4.125 récapitule les critères généraux utilisés pour sélectionner les techniques de réduction des odeurs/COV. Les paramètres sont mis en correspondance avec quelques types génériques d'équipements d'abattement disponibles. Le Tableau 4.125 sert d'orientation. Il ne contient pas des informations détaillées sur les avantages et les limites des techniques individuelles. Les propriétés des émissions nauséabondes ont été divisées en deux ou trois catégories. Dans cet

exemple, le débit est divisé en deux catégories, soit supérieur et inférieur à 10 000 m³/h. Chaque cellule du tableau a reçu une valeur comprise entre 0 et 3, la valeur 3 représentant la condition opérationnelle optimale.

La catégorie concernée de chaque propriété d'émission nauséabonde est totalisée par technique de réduction. Ceci permet d'obtenir une classification simple dans laquelle les techniques ayant la note la plus élevée sont étudiées de manière plus approfondie. En règle générale, trois à cinq techniques de réduction sont examinées lors de l'étape de sélection suivante.

Traitement	Débit (m ³ /h)		Température (°C)		Humidité relative (%)		Particule (mg/Nm ³)		Concentration de contaminants (mg/Nm ³)			Note
	<10 000	>10 000	<50	>50	<75	>75	0	<20	>20	<500	>500	
Physique	1	2	1	2	2	1	1	1	2	1	0	
Absorption-eau	1	1	2	1	2	1	1	1	3	1	0	
Absorption-substances chimiques	2	2	2	1	2	1	2	1	1	2	1	
Adsorption	3	1	3	0	2	0	3	0	0	2	1	
Biologique	3*	2*	3	0	2	2	3	1	0	3	0	
Oxydation thermique	3	1	1	3	2	1	3	2	1	3	3	
Oxydation catalytique	3	2	1	3	2	1	3	0	0	3	3	
Plasma	2	3	3	1-2	3	2	3	3	1-2	3	2	
Note	Description											
0	Ce traitement ne convient pas ou sera probablement inefficace. Il n'est donc pas pris en compte dans la procédure de sélection.											
1	Vaut la peine d'être étudié bien qu'il ne soit probablement pas le meilleur choix											
2	La technique de réduction est bien adaptée à cette condition											
3	Représente la meilleure condition opérationnelle pour le système de traitement donné											
*	Dépend de la superficie											

Tableau 4.125 : Récapitulatif des critères généralisés utilisés dans la sélection des techniques de réduction des odeurs / COV

On examine ensuite l'efficacité et le rendement demandés. Cette évaluation peut être réalisée à l'aide des conseils professionnels et des informations fournis par les fabricants de dispositifs d'abattement.

L'étape suivante de la procédure de sélection comprend une étude de faisabilité. On analyse les coûts d'investissements et d'exploitation, l'espace requis, et si la technique de réduction a pu être appliquée à un procédé similaire.

La Figure 4.63 illustre l'organigramme qui résume la procédure de sélection des techniques de réduction des odeurs / COV « end-of-pipe ».

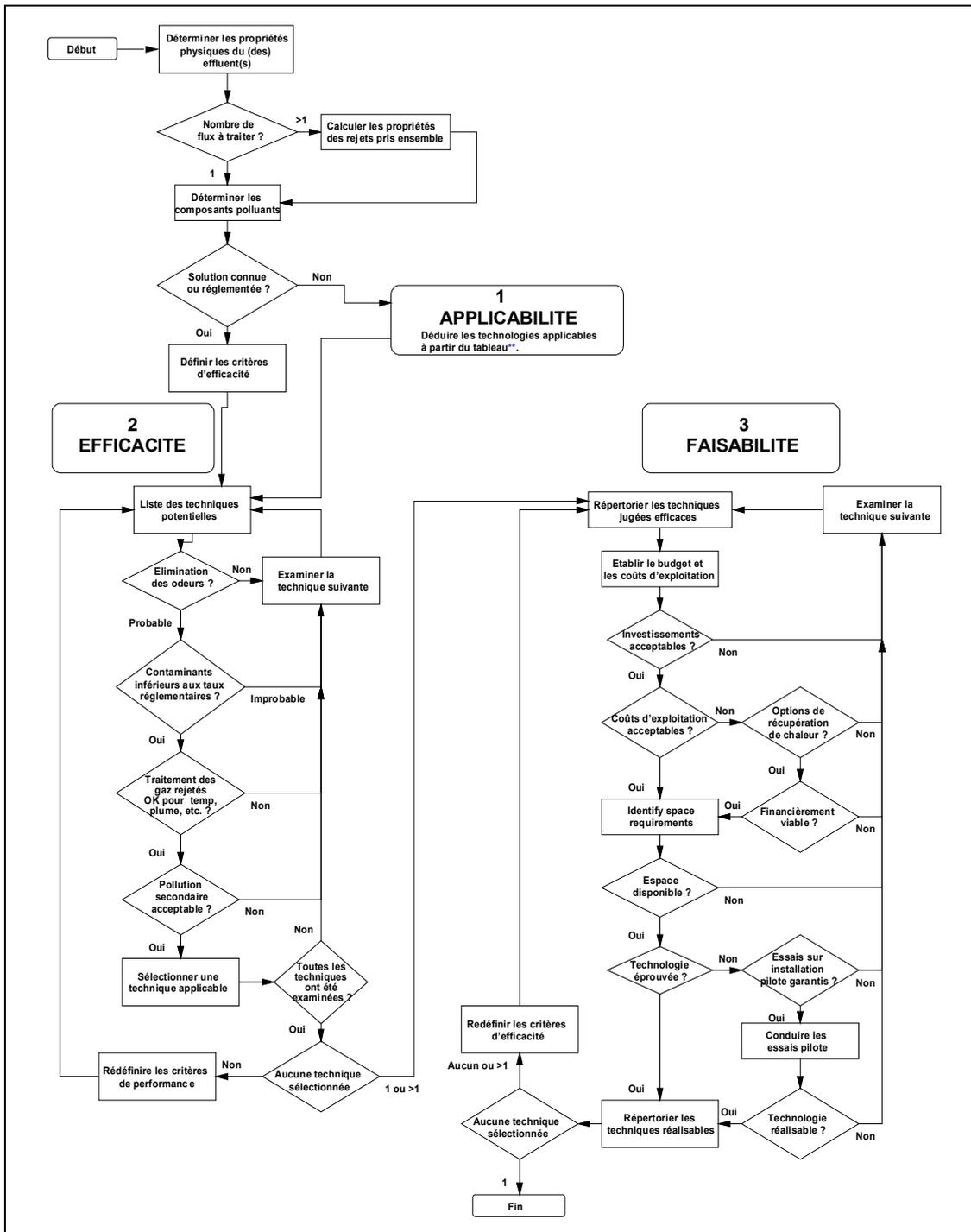


Figure 4.63 : Organigramme de la sélection des équipements de réduction des odeurs (** voir le Tableau 4.125)

Arguments motivant la mise en application

Baisse des émissions nauséabondes.

Domaines d'application

Applicable à l'ensemble des entreprises FDM.

Arguments motivant la mise en application

Baisse des émissions nauséabondes.

Bibliographie de référence

[34, Willey A R and Williams D A, 2001]

4.4.3.5 Techniques de séparation dynamique

La séparation et l'élimination des particules dans les séparateurs dynamiques est réalisée par les forces de champ qui sont proportionnelles à la masse des particules. Par conséquent, les séparateurs à gravité, à inertie, à déflexion et les séparateurs centrifuges comme les cyclones, les multi-cyclones et les dépoussiéreurs à turbine, sont tous des séparateurs dynamiques. Ils sont essentiellement destinés à l'épuration de grosses particules ($> 10 \mu\text{m}$) ou comme stade initial avant l'épuration des poussières fines par d'autres méthodes.

4.4.3.5.1 Séparateurs

Description

Le flux de gaz perdu est acheminé dans une enceinte où les poussières, les aérosols et / ou les gouttelettes sont séparés du gaz sous l'effet de la gravité / de l'inertie massique. Cet effet est renforcé en diminuant la vitesse du gaz par des dispositifs prévus dans les plans, tels que des chicanes, des volets ou de la toile métallique.

La conception du système doit garantir une bonne répartition de la vitesse à l'intérieur de la cuve. Les flux préférentiels ont un effet contraire sur le rendement d'épuration. L'implantation d'obstructions internes dans le séparateur inertiel permet une exploitation à des vitesses plus élevées, ce qui permet de réduire le volume du séparateur par rapport à la chambre de décantation. L'inconvénient est la baisse de pression progressive qui s'en suit. Des informations complémentaires sont fournies dans le « BREF sur les eaux usées et le traitement des effluents gazeux » [217, EC, 2003].

Arguments motivant la mise en application

Baisse des polluants atmosphériques. Réutilisation potentielle des matières aériennes.

Interactions entre les milieux

Consommation d'énergie.

Données d'exploitation

Les séparateurs se distinguent par une conception simple et solide, un faible encombrement et une exploitation extrêmement fiable.

Les séparateurs à déflexion ou inertie éliminent bien les poussières. En raison de leur inertie, les grosses particules ne peuvent pas suivre le flux de gaz dévié à plusieurs reprises, et elles se séparent. Avec une conception adaptée, il est possible d'atteindre des taux d'épuration de 50 % pour des particules supérieures à $100 \mu\text{m}$.

Domaines d'application

Les séparateurs ont leur place dans les conditions suivantes :

- Les gaz non traités contiennent beaucoup de poussières.
- L'élimination des particules fines n'est pas soumise à des exigences sévères.
- Il faut effectuer une séparation et / ou protection préliminaire et analyser le relief des dispositifs situés en aval.
- Les pressions sont élevées, par exemple en cas de dépoussiérage haute pression.
- Les températures sont élevées, par exemple en cas de dépoussiérage haute température.

Données financières

Technique bon marché.

Bibliographie de référence

[65, Germany, 2002]

4.4.3.5.2 Cyclones

Description

Les cyclones font appel à l'inertie pour retirer les particules contenues dans le flux gazeux à l'aide des forces centrifuges, normalement dans une enceinte conique. Ils fonctionnent en créant un double tourbillon dans le corps du cyclone. Le gaz entrant est soumis à un mouvement circulaire en descendant dans le cyclone le long de la paroi interne du tube de cyclone. Au fond, le gaz tourne et remonte en spirale par le centre du tube et sort par le haut du cyclone. Les particules contenues dans le flux gazeux sont plaquées contre la paroi du cyclone sous l'effet de la force centrifuge du gaz en rotation, mais elles se heurtent alors à la force de traction liquide exercée par le gaz pendant qu'il traverse et sort du cyclone. Les grosses particules entrent en contact avec les parois du cyclone et sont recueillies dans une trémie de fond, tandis que les petites particules sortent du cyclone avec le gaz. Des informations complémentaires sont fournies dans le « BREF sur les eaux usées et le traitement des effluents gazeux » [217, EC, 2003].

Arguments motivant la mise en application

Baisse des polluants atmosphériques. Réutilisation potentielle des matières aériennes.

Interactions entre les milieux

Consommation d'énergie.

Données d'exploitation

Les cyclones se distinguent par une conception simple et solide, un faible encombrement et une exploitation extrêmement fiable.

Les cyclones offrent une meilleure séparation que les séparateurs (voir la section 4.4.3.5.1). Le Tableau 4.124 présente les données de rendement d'un cyclone par rapport à d'autres techniques de séparation. La Figure 4.64 illustre le schéma de principe du cyclone.

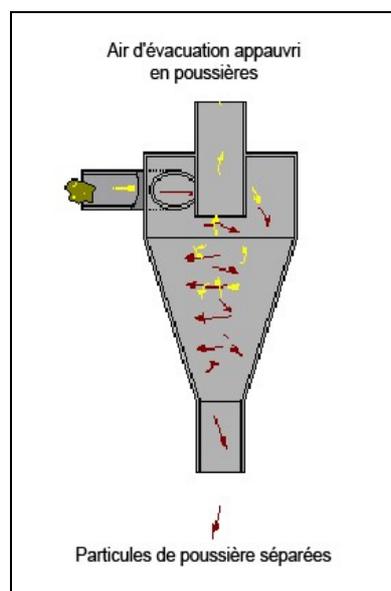


Figure 4.64 : Schéma de principe du cyclone

On note que les cyclones sont utilisés pour éliminer les particules fines présentes dans l'air d'évacuation du séchoir, pendant la production de grains séchés pour distillation. Le rendement des cyclones peut atteindre 99,97 % (voir la section 4.7.9.7.1), selon les conditions de procédé et la taille des particules.

Domaines d'application

Les cyclones sont utilisés pour contrôler les matières particulaires essentiellement supérieures à 10 μm . Toutefois, il existe des cyclones à haut rendement qui peuvent séparer également des particules allant jusqu'à 2,5 μm .

Les cyclones sont utilisés avec d'autres techniques d'abattement ne permettent généralement pas de respecter la réglementation sur la pollution atmosphérique, mais qui servent de prénettoyeurs à des appareils de contrôle final plus onéreux comme les filtres en tissu (voir la section 4.4.3.7) ou les ESP (voir la section 4.4.3.6). Ils sont largement utilisés après les opérations de séchage par pulvérisation, de broyage, de meulage et de calcination. Les unités de combustion de carburants industriels fossiles ont couramment recours à plusieurs cyclones dont le rendement est plus élevé qu'un seul cyclone ; ils peuvent séparer des particules inférieures à 2,5 µm.

Les cyclones servent à éliminer les polluants atmosphériques solides et liquides. Ils sont essentiellement conçus pour séparer des grosses particules uniquement, à savoir supérieures à 10 µm. Ils ont leur place dans les conditions suivantes :

- Les gaz non traités contiennent beaucoup de poussières.
- L'élimination des particules fines n'est pas soumise à des exigences sévères.
- Il faut effectuer une séparation et / ou protection préliminaire et analyser le relief des dispositifs situés en aval.
- Les pressions sont élevées, par exemple en cas de dépolluierage haute pression.
- Les températures sont élevées, par exemple en cas de dépolluierage haute température.

Données financières

Technique bon marché.

Exemples de site

On a recours aux cyclones pour fabriquer de l'alimentation animale, du lait séché, de la soupe séchée, des mélanges prêt-à-emploi pour pâtisserie, de la crème anglaise, des grains séchés pour distillation, de la pulpe de betterave sucrière séchée, de l'amidon, des mélanges prêt-à-emploi pour crèmes glacées, la torréfaction du café, le séchage et le mixage, le mixage du thé, le mixage du malt. De manière générale, les cyclones font partie intégrante du procédé de récupération des poussières de l'air évacué pour être recyclées. Dans la branche des huiles végétales, ils permettent d'éliminer les impuretés comme les résidus végétaux, les poussières, le sable et les émissions de poussières humides provenant des graines oléagineuses brutes (voir la section 4.7.4.10).

Bibliographie de référence

[65, Germany, 2002, 179, Gergely, 2003]

4.4.3.5.3 Séparation humide

Description

Dans les techniques d'épuration dynamique, la puissance des forces massiques réelles, c'est-à-dire les forces gravitationnelle, inertielle et centrifuge, décroissent nettement avec l'augmentation de la taille des particules. Les cyclones humides sont des unités à haut rendement qui pulvérisent de l'eau dans le flux de gaz résiduels pour hausser le poids des matières particulaires tout en éliminant également les matières fines, augmentant ainsi le rendement d'épuration. Bien que, d'une façon générale, ce procédé ne fait qu'enlever les polluants de l'air pour les placer dans l'eau, on peut choisir les séparateurs humides pour des applications particulières, comme celles où les poussières présentent des risques d'explosion.

On distingue différents types de séparateurs humides en les classant selon leurs caractéristiques conceptuelles. En voici quelques exemples :

- Techniques d'absorption comme les tours de dépolluierage, les tours à pulvérisation, les dépolluierageurs à couches poreuses (voir les sections 4.4.3.7.3 - 4.4.3.8 et le Tableau 4.126)
- Dépolluierageurs à injection, comme les dépolluierageurs haute pression / bi-substance
- Dépolluierageurs à jet d'air pulsé
- Dépolluierageurs à turbulence
- Dépolluierageurs à turbine, désintégateurs (rendement élevé)
- Dépolluierageurs venturi (rendement élevé).

Arguments motivant la mise en application

Baisse des émissions atmosphériques, comme les poussières. Réutilisation potentielle des matières aériennes. Cette technique peut présenter un avantage si le site peut réutiliser le fluide collecteur chargé. Récupération de produit, par exemple dans la transformation de l'huile végétale où les poussières récupérées peuvent être ajoutées aux farines. Prévention des risques d'incendie.

Interactions entre les milieux

Consommation d'énergie. Production d'eaux usées.

Données d'exploitation

La séparation humide permet d'obtenir des taux d'épuration de 80 à 99 %. Avec les cyclones, on peut obtenir des concentrations de poussières humides inférieures à $< 50 \text{ mg/Nm}^3$. Le Tableau 4.124 indique les données de rendement actuelles de cette technique par rapport à d'autres techniques d'épuration.

Les particules de poussières présentes dans le gaz non traité sont mises en contact avec les gouttelettes du liquide récupérateur beaucoup plus grosses qui les captent. Elles sont ensuite enlevées avec elles. Les gouttelettes relativement grosses chargées de poussières, d'un diamètre compris entre 50 et 200 μm , sont généralement prélevées dans le flux gazeux par des cyclones ou des séparateurs à volets. Les cyclones sont destinés à des charges solides lourdes et à des flux gazeux bas débit. On obtient un meilleur résultat d'épuration et des pertes de pression plus faibles avec les séparateurs à volets dans les unités d'épuration à rendement élevé. Ces appareils se composent de plaques métalliques ou plastiques disposées verticalement. Ils peuvent séparer des particules supérieures à 10 μm .

Cette technique génère des eaux usées. Le liquide récupérateur chargé de poussières peut être traité et renvoyé vers le procédé, ou bien concentré par évaporation. Les installations de séchage notamment génèrent des vapeurs chargées de vapeur d'eau qui peut non seulement contenir des polluants, mais également des odeurs et des polluants gazeux. Un exemple de conception standard utilisé en Allemagne et conforme aux normes DIN [230, Deutsches Institut für Normung p.v., 2005] est présenté dans le Tableau 4.126.

Domaines d'application

Les séparateurs humides sont destinés à l'enlèvement des polluants atmosphériques solides et liquides dans les situations suivantes :

- Présence de poussières inflammables ou visqueuses ;
- Risque d'explosion ;
- Séparation simultanée ou préliminaire de polluants solides, liquides ou gazeux ;
- Présence de particules de poussière fines ($< 0.1 \mu\text{m}$).

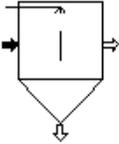
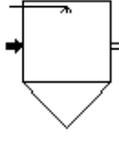
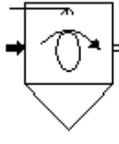
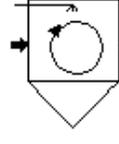
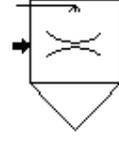
Les dépoussiéreurs sont utilisés dans le secteur FDM, par exemple pour traiter les COV, les AGL et les odeurs provenant du raffinage des huiles végétales.

Données financières

Les dépenses liées au traitement des eaux usées peuvent être considérables, dans certains cas même plus élevées que le budget consacré aux mesures de contrôle des émissions.

Bibliographie de référence

[65, Germany, 2002]

Description	Tour de dépolluissage, dépolluiseur à pulvérisation, absorbeur à couches poreuses	Dépolluiseur à injection (dépolluiseur à injection haute pression ou bi-substance)	Dépolluiseur à jet d'air pulsé	Dépolluiseur à turbulence	Dépolluiseur à turbine, disintegrateur	Dépolluiseur venturi
Symboles conformes aux normes DIN 30600/28004						
Vitesse du gaz dans la zone de contact par rapport à la section libre (m/s)*	1 – 5	20 – 60	5 – 15	8 – 20	25 – 70	40 – 150
Différence de pression dans l'ensemble du séparateur (bar)*	1 – 25	5 – 25	Récupération de pression d'environ 1 – 10	15 – 30	2 – 10 ⁽¹⁾	30 – 200
Consommation électrique (kWh/1000 m ³)	0.2 – 3	0.4 – 2	1.2 – 3	1 – 2	4 – 15 ⁽¹⁾	5 – 15
Ratio de captage liquide /gaz (l/m ³)*	1 – 5	0.5 – 5	5 – 50	Données non disponibles à cause du principe du procédé	1 – 3 per stage	0.5 – 5
Limite de séparation (µm)*	0.7 – 1.4	0.1 – 1	0.8 – 0.9	0.6 – 0.9	0.1 – 0.6	0.05 – 0.5
Taux de séparation (%) ⁽²⁾	50 – 85	90 – 95	90 – 95	90 – 95	92 – 96	96 – 98

* Valeurs approximatives ; variations négatives ou positives possibles.

1) Dans les désintegrateurs, la consommation électrique est souvent beaucoup plus importante et dépend du rendement et des volumes de gaz traités. Il est possible de récupérer une pression maximum de 25 bars..

2) Le taux de séparation indiqué dans le tableau donne seulement une idée de la plage de service possible. Bien que le taux de séparation est facile à mesurer, il ne permet que de tirer des conclusions limitées sur le rendement d'un séparateur. A titre d'exemple, il est directement lié à la répartition de la taille des particules des matières entrantes. Si cette répartition change, le taux de séparation change également, même si les autres paramètres restent constants. Dans une application particulière, il est cependant important de connaître le taux de séparation. Le taux de séparation-fraction représente un paramètre beaucoup plus approprié pour analyser le rendement d'un séparateur.

Tableau 4.126 : Enlèvement des poussières dans l'air – vue d'ensemble des séparateurs humides

4.4.3.6 Précipitateurs électrostatiques

Description

Les précipitateurs électrostatiques (ESP) s'utilisent pour séparer les différentes particules solides ou liquides contenues dans les effluents gazeux. Les particules réparties dans le gaz reçoivent une charge électrostatique de sorte qu'elles adhèrent aux plateaux collecteurs.

Un ESP se compose essentiellement du capotage de filtre, d'électrodes émissives et d'électrodes collectrices, d'une alimentation électrique, de guides ou chicanes pour gaz et d'un dispositif vibratoire destiné à nettoyer les plaques collectrices. Le procédé de séparation se divise en quatre phases :

- Chargement des particules dans le champ ionisé
- Acheminement des particules chargées vers la plaque collectrice
- Capture et formation de la pellicule de poussières sur la plaque collectrice
- Enlèvement de la pellicule de poussières présente sur la plaque collectrice.

On distingue les ESP secs et les ESP humides. Ces derniers peuvent avoir un flux gazeux horizontal ou vertical. La majorité des ESP secs sont fabriqués avec des électrodes collectrices en forme de plaques. Ils sont également désignés par le terme « ESP à plaques ». Dans les ESP humides, les électrodes collectrices sont souvent en forme de tubes et le flux gazeux les traverse généralement verticalement. Ils sont désignés par le terme « ESP à tubes ».

Arguments motivant la mise en application

Baisse des émissions atmosphériques. Faible consommation électrique en comparaison avec d'autres techniques d'assainissement.

Interactions entre les milieux

Production d'eaux usées avec les ESP humides.

Données d'exploitation

Les précipitateurs électrostatiques offrent des taux de séparation maximum de 99,9 % de particules même inférieures à 0,1 μm , et un traitement d'effluents gazeux supérieurs à 1 000 000 m^3/h . Le Tableau 4.124 montre les rendements actuels de cette technique par rapport à d'autres techniques de séparation.

Les précipitateurs électrostatiques présentent des pertes de pression comparativement basses, situées par exemple entre 0,001 et 0,004 bar, une faible consommation électrique (de 0,05 à 2 $\text{kWh}/1\ 000\ \text{m}^3$) et une longue durée de vie. Les ESP humides offrent des taux de séparation meilleurs que ceux des ESP secs. Ils peuvent notamment séparer les poussières fines, les aérosols et dans une certaine mesure, les métaux lourds et les substances gazeuses.

La Figure 4.65 illustre la conception type d'un précipitateur électrostatique.

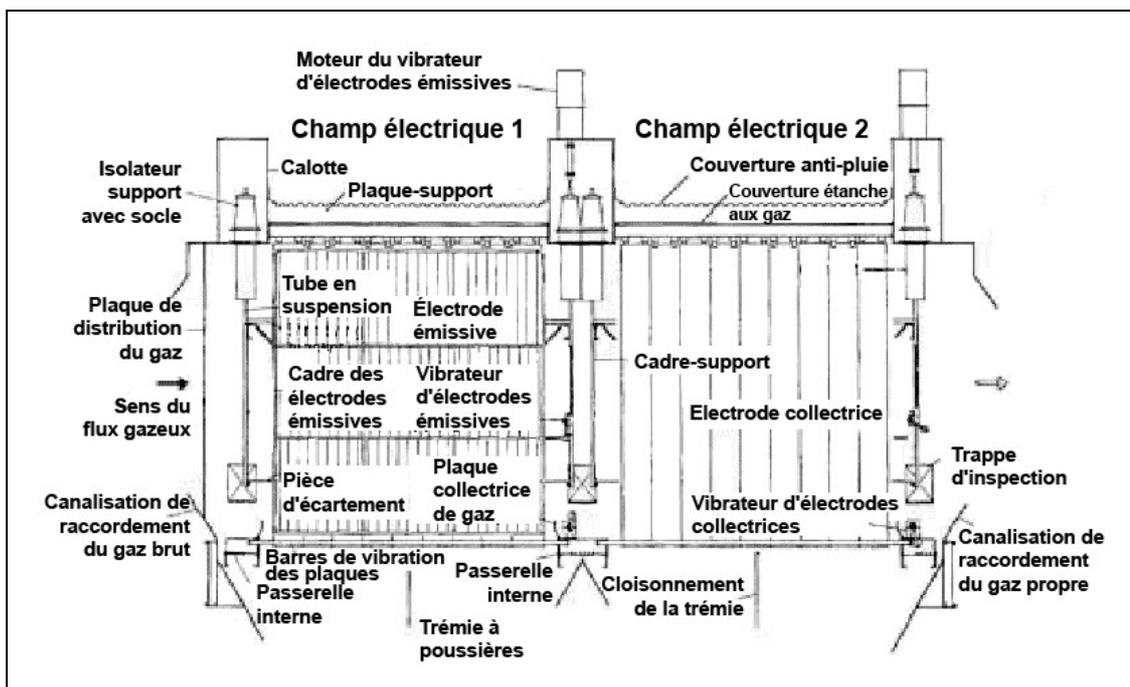


Figure 4.65 : Conception type d'un précipitateur électrostatique (seules deux zones sont illustrées)

Domaines d'application

Destiné à l'élimination des polluants atmosphériques solides et gazeux, notamment les poussières fines. Les ESP sont intégrés dans de vastes systèmes pour nettoyer de gros volumes d'effluents gazeux à des températures élevées. Les ESP humides sont dédiés au nettoyage des gaz saturés en liquide ou des brouillards acides et chargés de goudron, ou aux situations avec risques d'explosion.

Bibliographie de référence

[65, Germany, 2002]

4.4.3.7 Filtres

Les séparateurs à filtre sont normalement utilisés comme séparateurs finaux, après une épuration préliminaire, par exemple dans les situations où les effluents gazeux contiennent des composants qui endommageraient les filtres, tels que les poussières abrasives ou les gaz agressifs. Ce procédé garantit aux filtres une durée de vie adéquate ainsi qu'une fiabilité opérationnelle.

Dans les séparateurs à filtre, le gaz traverse un matériau poreux qui retient les particules solides dispersées au moyen de différents mécanismes. Les séparateurs à filtre se distinguent par le matériau filtrant, le taux de rendement et le dispositif de nettoyage du filtre, comme le résume la Figure 4.66.

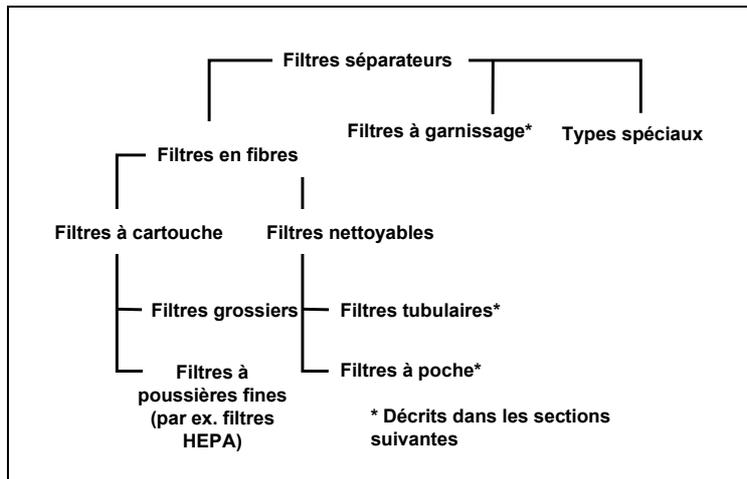


Figure 4.66 : Types et classification des filtres

Avec la méthode du filtre textile, les effluents gazeux traversent un textile en feutre ou tissé très serré. Les poussières se déposent sur le tissu par tamisage ou autres procédés. Les filtres textile peuvent avoir la forme d'une feuille, d'une cartouche ou d'une poche (le type le plus courant). Ils peuvent comporter un certain nombre d'unités filtrantes en tissu montées ensemble. Le gâteau de poussières qui se forment sur le filtre peut accroître de manière notable le rendement d'épuration.

Les filtres nettoyables constituent les types de filtres les plus importants consacrés à l'enlèvement des particules industrielles. L'utilisation traditionnelle de matières tissées a largement fait place aux matières non tissées et aux feutres aiguilletés. Les paramètres les plus importants des filtres nettoyables sont le rapport air filtré / surface filtrante et la perte de pression..

C'est la matière filtrante qui exécute la séparation. Il s'agit du premier composant d'un séparateur à filtre. Les fils des textiles tissés s'entrecroisent à angle droit. Les matières non tissées et les feutres aiguilletés au contraire sont des structures tridimensionnelles plates qui peuvent être stabilisées par l'adhérence des fibres ou en alternant fibres insérées et fibre retirés. Par ailleurs, les matières non tissées et les feutres aiguilletés peuvent également contenir un support interne en textile tissé, par exemple en polyester ou fibres de verre, pour les renforcer. L'utilisation des feutres aiguilletés en fibres synthétiques ne cesse de s'accroître.

Les matières non tissées et les feutres aiguilletés possèdent des propriétés filtrantes tridimensionnelles. Les particules de poussières sont capturées dans la structure du filtre, formant une couche filtrante primaire qui filtre même les microparticules. Cet « filtre épais » se caractérise par une surface filtrante vaste et efficace. Un nettoyage intensif périodique enlève la couche de poussières accumulées et prévient les pertes de pression excessives. Toutefois, des problèmes peuvent survenir si les poussières sont visqueuses, grasses, collantes, abrasives et/ou hygroscopiques.

4.4.3.7.1 Filtres tubulaires

Description

Le matériau filtrant des filtres tubulaires se compose de tubes de 5 mètres de long maximum et d'un diamètre de 12 à 20 cm. Le gaz circule de l'intérieur vers l'extérieur ou *vice versa*, selon la méthode de nettoyage.

Le dispositif comprend un filtre circulaire fait d'un ensemble de tubes verticaux montés dans un cylindre. Le tout ressemble à un cyclone et ne présente qu'un encombrement faible. Le flux d'air traverse le filtre et les particules fines se déposent à la surface des différents filtres tubulaires. Ces derniers sont nettoyés à l'aide d'un système de lavage automatique à contre-courant pulsé qui utilise de l'air comprimé ou un autre gaz comprimé et un dispositif d'injection à plusieurs

étages. Les tubes sont nettoyés séparément, ce qui garantit le nettoyage continu des filtres tubulaires et l'élimination des poussières.

Le produit enlevé des filtres tubulaires tombe sur la base de sortie où un flux d'air l'achemine vers la sortie des poussières en lui faisant traverser un dispositif perforé. Les gaz ainsi nettoyés sont propres et ils quittent le filtre par une chambre à gaz propres.

Le nettoyage individuel des filtres tubulaires réduit la quantité de poussières présentes sur les filtres à un moment quelconque. Le volume d'air empoussiéré potentiellement explosif présent dans la chambre du filtre est plus faible que celui des systèmes filtrants classiques. Les filtres CIP sont utilisés avec succès dans l'industrie alimentaire depuis 1995. Si la branche laitière les utilise, le produit filtré est comparable au produit provenant de la tour de séchage par atomisation. Les filtres tubulaires peuvent s'utiliser sans séparateur cyclone préliminaire.

Le dispositif de nettoyage des filtres circulaires est le même que celui des filtres tubulaires installés dans un système CIP. Pendant le fonctionnement de l'installation mais pas pendant le nettoyage CIP, un flux d'air traverse les buses CIP montées dans la base du filtre tubulaire ainsi que les autres buses à l'intérieur du filtre. Ceci empêche que les poussières provenant de l'air du procédé ne bouche les buses CIP.

L'autre important avantage de ce procédé est que la base du filtre tubulaire située dans la zone où le flux d'air est chargé de poussières reste propre grâce au lavage à l'air. En d'autres termes, même les produits hautement hygroscopiques restent exempts de dépôts. Cette caractéristique représente un avantage substantiel par rapport aux filtres de conception différente car elle rallonge la durée opérationnelle entre les opérations de nettoyage. Les régions occupées par les gaz propres et les gaz sales, les filtres tubulaires, les parois des filtres et les autres composants internes sont soumis à une pulvérisation intense par des groupes de buses disposées avec soin.

La Figure 4.67 illustre un filtre à poussières tubulaire destiné à éliminer les particules fines, en aval d'un séchoir par atomisation dans une grande laiterie.

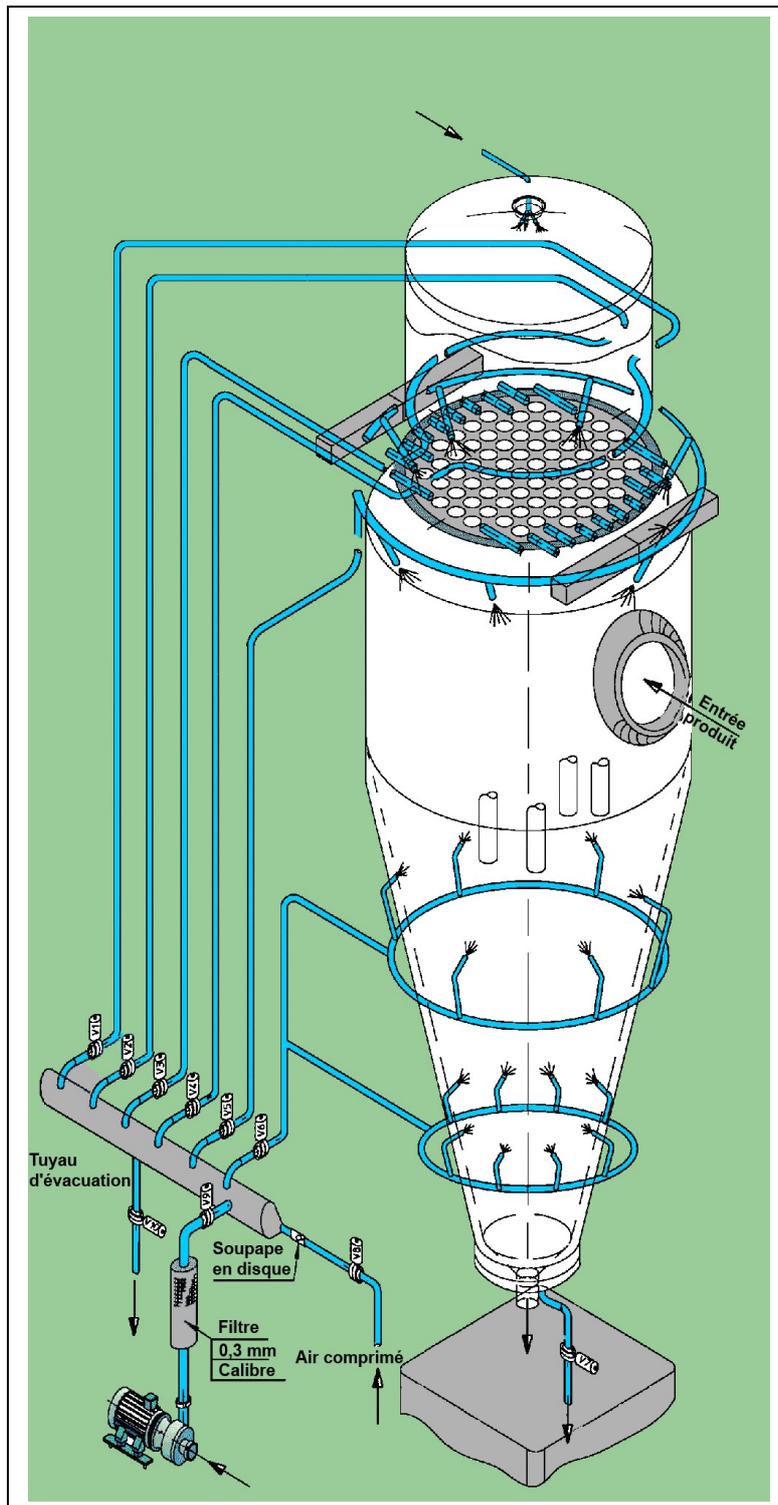


Figure 4.67 : Système de filtres tubulaires d'une grande laiterie

Arguments motivant la mise en application

Baisse des poussières atmosphériques ; on fait également état d'un recul de la consommation électrique (aucune donnée n'est fournie).

Moindre production de déchets ; concrètement, comme l'assainissement est sec, il est en principe possible de réutiliser les matières particulaires distinctes dans le procédé ou comme sous-produit.

Les filtres consomment beaucoup moins d'énergie que les cyclones et ils sont moins bruyants. Si l'entreprise a installé des dispositifs filtrants adaptés au CIP pour l'air sortant, les cyclones

sont inutiles, ce qui permet de faire des économies énergétiques très importantes et de réduire le niveau sonore. Avec le CIP, baisse de la consommation d'eau et de détergents.

Données d'exploitation

Les séparateurs à filtre peuvent donner des taux d'épuration élevés, par exemple supérieurs à 99 %, séparant avec une grande efficacité même les particules très fines.

Dans l'exemple de laiterie décrit dans la section 4.7.5.8, les émissions de poussière provenant du séchage s'élevaient à 534 kg/an après filtration, donnant 28 mg de poussière par tonne de produit séché. On note également pouvoir atteindre un taux d'émission de 10 mg/Nm³. Dans la même laiterie, on a précisé qu'il faut respecter un intervalle de 3 à 4 minutes entre les opérations de nettoyage pour permettre l'évacuation de l'eau des tuyaux. Il est important de vidanger entièrement les tuyaux pour empêcher que les buses gouttent. Une fois le programme de lavage entièrement terminé, les clapets et les vannes concernés dans la conduite retour doivent rester ouverts pour permettre à l'eau de s'évacuer des filtres tubulaires. Le séchage du système doit commencer environ une à deux heures après la fin de la procédure de nettoyage. Les filtres tubulaires doivent être séchés avec de l'air chaud, système nettoyant des filtres éteint, pour éviter des problèmes d'humidité à l'utilisation suivante.

Domaines d'application

Les filtres tubulaires sont couramment utilisés dans le secteur FDM. Ils sont destinés à l'enlèvement des polluants atmosphériques solides et liquides.

Exemples de site

Un fabricant de poudre de lait en Allemagne.

Bibliographie de référence

[9, Verband der Deutschen Milchwirtschaft (German Dairy Association), 1999, 65, Germany, 2002]

4.4.3.7.2 Filtres à poche

Description

Les filtres à poche sont fabriqués dans une matière filtrante de 30 mm d'épaisseur maximum. Ils mesurent au maximum 0,5 m de haut et 1,5 m de long. Les poches sont fixés avec l'extrémité ouverte dans la direction de la conduite de gaz propre. Le flux gazeux non traité se déplace toujours de l'extérieur vers l'intérieur, normalement dans la zone supérieure de la poche. Le Tableau 4.127 compare différents types de filtres à poche et la Figure 4.68 illustre une filtration à poche industrielle.

Paramètre	Filtre à air pulsé	Filtre en fibre de verre à membrane	Filtre en fibre de verre
Rapport air filtré / surface filtrante	22 – 25 m/s	19 – 25 m/s	8 – 10 m/s
Limites de température	200 °C	280 °C	280 °C
Type de poche	Polyester	Membrane / fibre de verre	Fibre de verre
Dimensions de la poche	0,126 x 6,0 m	0,292 x 10 m	0,292 x 10 m
Surface de toile par poche	2,0 m ²	9,0 m ²	9,0 m ²
Cage	Oui	Non	Non
Perte de pression	2,0 kPa	2,0 kPa	2,5 kPa
Durée de vie de la poche	30 mois max.	6 – 10 ans	6 – 10 ans

Tableau 4.127 : Comparaison des différents types de filtres à poche



Figure 4.68 : Illustration d'une filtration à poche industrielle

Arguments motivant la mise en application

Baisse des poussières atmosphériques ; on fait également état d'un recul de la consommation électrique (aucune donnée n'est fournie).

Moindre production de déchets ; concrètement, comme l'assainissement est sec, il est en principe possible de réutiliser les matières particulaires distinctes dans le procédé ou comme sous-produit.

Les filtres consomment beaucoup moins d'énergie que les cyclones et ils sont moins bruyants. Si l'entreprise a installé des dispositifs filtrants adaptés au CIP pour l'air sortant, les cyclones sont inutiles, ce qui permet de faire des économies énergétiques très importantes et de réduire le niveau sonore. Avec le CIP, baisse de la consommation d'eau et de détergents.

Données d'exploitation

Les séparateurs à filtre peuvent donner des taux d'épuration élevés, par exemple supérieurs à 99 %, séparant avec une grande efficacité même les particules très fines. Les filtres à poche peuvent réduire les poussières jusqu'à moins de 5 mg/Nm³.

En règle générale, la distance moyenne entre les fibres est beaucoup plus grande que la taille des particules à collecter. Les taux de séparation résultant de l'effet d'écran sont renforcés par les forces massiques, les effets de colmatage et les forces électrostatiques.

Domaines d'application

Les filtres à poche sont destinés à l'enlèvement des polluants atmosphériques solides et liquides. Ils servent également à assainir les gaz de fumées.

Exemples de site

Les filtres à poche sont utilisés dans presque toutes les branches du secteur FDM.

Bibliographie de référence

[65, Germany, 2002]

4.4.3.7.3 Filtres à garnissage

Description

La matière filtrante des filtres à garnissage poreux est normalement une couche granulaire de gravier, de sable, de calcaire ou de coke, dont les particules atteignent 0,3 à 5 mm. Pendant la filtration, les particules de poussière adhèrent à la couche granulaire. Une couche poussiéreuse se forme à la surface de la couche granulaire et sert de base au procédé d'épuration. Pour éviter que les poussières séparées ne pénètrent dans la couche granulaire, on utilise des particules fines (< 0.5 mm) et des vitesses lentes ($< 0,1$ m/s). Cependant, il risque de se former un pont qui diminuerait les taux d'épuration.

Le garnissage poreux peut faire plusieurs mètres de haut. Son nettoyage consiste en un rinçage à contre-courant, un secouement mécanique accompagné d'un lavage à l'air, ou un lavage par des buses qui se déplacent pendant l'opération de nettoyage. Le recours à un filtre à plusieurs compartiments garantit la continuité du nettoyage.

Arguments motivant la mise en application

Baisse des poussières atmosphériques ; on fait également état d'un recul de la consommation électrique (aucune donnée n'est fournie).

Les filtres consomment beaucoup moins d'énergie que les cyclones et ils sont moins bruyants. Si l'entreprise a installé des dispositifs filtrants adaptés au CIP pour l'air sortant, les cyclones sont inutiles, ce qui permet de faire des économies énergétiques très importantes et de réduire le niveau sonore. Avec le CIP, baisse de la consommation d'eau et de détergents.

Données d'exploitation

Les séparateurs à filtre peuvent donner des taux d'épuration élevés, par exemple supérieurs à 99 %, séparant avec une grande efficacité même les particules très fines. Lors de tests, on a obtenu des gaz propres de l'ordre de 10 mg/Nm^3 pour les poussières en utilisant des filtres à garnissage poreux, avec une teneur moyenne en poussières de 18 g/Nm^3 pour le gaz sale et une taille particulaire moyenne de $0,5 \text{ }\mu\text{m}$.

Le taux d'épuration des filtres à garnissage poreux n'est pas aussi bon que celui des filtres en fibre. Les filtres à garnissage poreux sont donc destinés à la séparation de poussières problématiques ou à l'épuration d'effluents gazeux hautes températures. Les filtres à garnissage poreux sont souvent utilisés avec des séparateurs préliminaires, comme par exemple les cyclones.

En règle générale, la distance moyenne entre les fibres est beaucoup plus grande que la taille des particules à collecter. Les taux de séparation résultant de l'effet d'écran sont renforcés par les forces massiques, les effets de colmatage et les forces électrostatiques.

Domaines d'application

Les filtres à garnissage poreux peuvent séparer simultanément les poussières et les gaz. Ils répondent aux exigences essentielles posées par le dépoussiérage hautes températures ou de gaz brûlants, à savoir l'énergie thermique dégagée par des flux gazeux nettoyés à des températures élevées. Les filtres à garnissage poreux permettent d'enlever les poussières qui sont

- dures et abrasives
- à des températures allant jusqu'à $1\ 000$ °C
- mélangées à des gaz chimiquement agressifs
- combustibles et où existe un risque d'étincelles
- mélangées à des brouillards
- mélangées à certains polluants gazeux, comme le SO_2 , le HCl et le HF, lorsqu'il est possible de réaliser des séparations simultanées au moyen de garnissages adaptés.

Bibliographie de référence

[65, Germany, 2002]

4.4.3.8 Absorption

Les termes « absorbeur » et « dépoussiéreur » sont parfois indifféremment utilisés, ce qui peut causer des confusions. Les absorbeurs sont généralement destinés à épurer les gaz trace et les dépoussiéreurs à réduire la quantité de particules. Cette distinction n'est pas toujours aussi nette, puisque les odeurs et les composants gazeux de l'air peuvent aussi être enlevés avec les poussières par condensation de la vapeur ou le dépoussiérage humide (voir les séparateurs humides à la section 4.4.3.5.3).

Le procédé d'absorption a pour but de fournir la plus grande surface liquide possible et un bon contre-courant de gaz et de liquide. Il repose sur la solubilité préférentielle des composants polluants présents dans le flux d'évacuation dans la matière absorbante. Il existe plusieurs conceptions d'absorbeur et de nombreuses variantes concernant l'efficacité d'assainissement sur le contact gaz - liquide. Trois types d'absorbeurs sont mentionnés : l'absorbeur à garnissage poreux (voir la section 4.4.3.8.1), l'absorbeur à plaques (voir la section 4.4.3.8.2) et le dépoussiéreur à pulvérisation (voir la section 4.4.3.8.3).

Principe opérationnel

Le procédé implique un transfert de masse entre le gaz soluble et le solvant liquide dans un appareil mettant en contact du gaz et du liquide. Le taux de prélèvement de la substance dans le flux d'air dépend de son degré de saturation à la surface du solvant dans l'absorbeur ; ce degré est lui-même fonction de sa solubilité et de son taux d'extraction dans le solvant en circulation par réaction et purge. Le résultat de ces taux détermine l'efficacité d'extraction d'une installation d'absorption d'une taille et d'un débit d'air donné. L'efficacité d'extraction dépend par conséquent de la durée de réaction, du degré de saturation à la surface de la liqueur et de la réactivités des composants gazeux présents dans le solvant absorbant.

Tant que les composants aériens à prélever sont raisonnablement solubles dans l'eau, on peut réaliser un absorbeur offrant le rendement d'extraction désiré. La difficulté vient du fait qu'il faut conserver à la surface de la liqueur absorbante une concentration basse pour maintenir le processus de dissolution actif. Cette condition demande souvent des volumes d'eau excessifs pour un rendement intéressant. Par conséquent, il est généralement impossible dans la pratique d'extraire efficacement divers composants en utilisant uniquement de l'eau. On a donc normalement recours à d'autres absorbants.

Les procédés uniquement à l'eau peuvent toutefois être envisagés comme une première étape précédant d'autres absorbants, mais la majeure partie de leur efficacité résulte de mécanismes autres que l'absorption. A titre d'exemple, l'absorption d'eau d'un flux d'air non saturé refroidira le flux d'air jusqu'à saturation via le procédé de refroidissement adiabatique. Cet effet refroidissant peut faire condenser les composants et les extraire du flux d'air pendant qu'ils refroidissent jusqu'à une température inférieure à leur point d'ébullition.

Description conceptuelle

Une répartition efficace liquide – air est une condition primordiale pour toutes les réalisations d'absorbeur. Une conception optimale conforme aux principes de réalisation chimique standard exige des données sur la concentration, la solubilité et le transfert massique pour que les composants soient extraits du flux gazeux. La majorité des émissions atmosphériques émises par le secteur FDM sont des ensembles hybrides complexes dont toutes les familles chimiques sont difficiles à identifier, leur concentration étant encore plus difficile à établir. La nature et l'énergie cinétique des réactions d'oxydation sont généralement inconnues ; par ailleurs, elles sont très difficiles à déterminer, même pour les composants individuels. On prétend que la conception des équipements d'absorption doit être empirique plutôt que scientifique. Ainsi, le volume du garnissage poreux est choisi en fonction du volume déjà établi pour obtenir une absorption acceptable des composants pouvant être absorbés. Si l'entreprise ne possède qu'une expérience limitée dans les rejets concernés, elle peut mettre en place des installations-pilote.

Par conséquent, des installations-pilote ou une expérience dans ce domaine peuvent servir à déterminer la hauteur du garnissage nécessaire à la performance donnée. Le garnissage est choisi pour permettre le nombre d'unités demandé par l'opération. La dimension et le type de garnissage,

la vitesse linéaire des gaz qui détermine le diamètre de l'absorbeur, la vitesse linéaire du liquide, la perte de pression gazeuse et l'efficacité de l'absorbeur par hauteur d'unité, qui détermine la hauteur du garnissage, sont des paramètres interconnectés. La procédure de réalisation doit s'efforcer d'optimiser la conception en termes d'investissements et de coûts d'exploitation, en considérant le débit volumétrique requis, l'efficacité d'absorption, et les contraintes telles que le colmatage éventuelle du garnissage et la perte de pression maximale admissible.

Les plages-type des paramètres décrits ci-dessus figurent dans le Tableau 4.128.

Paramètre de réalisation	Unité	Valeur
Vitesse du gaz	m/s	0.5 – 2.0
Débit gazeux	kg/m ² /h	2 500 – 5 000
Débit du liquide	kg/m ² /h	25 000 – 50 000
Durée de séjour du gaz	Seconde	1 – 3
Perte de pression	mm/mètre	20 – 50
Taux de purge liquide	% du flux recyclé	0 – 10
Mise en eau	% de mise en eau	40 – 60

Tableau 4.128 : Paramètres indicatifs destinés à la réalisation de l'absorbeur-type

Réactifs absorbants

L'efficacité d'absorption augmente si le liquide absorbant contient un réactif qui réagit avec les composants présents dans le flux d'air. Ce facteur réduit efficacement la concentration des composants aériens à la surface du liquide et maintient la capacité d'absorption sans avoir besoin d'un important volume d'absorbant. Il existe plusieurs réactifs spécifiques adaptés aux systèmes d'absorption pour extraire les composants nauséabonds et autres composants organiques du flux d'air. Ces réactifs sont en général des solutions oxydantes.

Les agents les plus employés sont l'hypochlorite de sodium, le peroxyde d'hydrogène, l'ozone et le permanganate de potassium. On utilise également assez couramment les acides et les alcalis. Le système acide – alcali est souvent associé à un absorbant oxydant. Vu le nombre considérable de composants rejetés dans l'air par les installations de transformation alimentaire, on utilise souvent des absorbeurs multi-étape. Ainsi, un système absorbant peut englober une première étape avec un dépoussiéreur humide, suivi par une étape acide ou alcaline, pour terminer par une étape oxydante.

L'hypochlorite de sodium est un agent oxydant extrêmement utilisé, essentiellement à cause de sa haute réactivité. L'hypochlorite s'est avéré particulièrement utile dans les installations produisant des niveaux importants de composants nauséabonds issus de soufre et d'azote.

L'hypochlorite est généralement utilisé avec un pH alcalin pour empêcher sa décomposition en chlores libres. L'hypochlorite a tendance à réagir avec certains composants par une réaction de chloration plutôt que par une réaction oxydante. Cette caractéristique pose problème lorsqu'un flux d'air contient des matières aromatiques qui pourraient générer des composés aromatiques chlorés dans le flux gazeux traité. Le risque de chloration est plus grand pour les concentrations d'hypochlorite élevées ; ainsi, une unité qui prévoit des concentrations d'hypochlorite plus faibles que celles vraiment nécessaires à une absorption optimale réduit ce risque.

Pour résoudre ce problème, un nouveau procédé a été mis au point. Il s'agit essentiellement d'un absorbeur à base d'hypochlorite classique, mais avec un catalyseur intégré dans le réseau de recyclage du liquide. Ce catalyseur est à base d'oxyde. On prétend que ce système accroît de façon remarquable le taux de réaction de l'hypochlorite et inhibe toute chloration. Le risque de chloration est éliminé parce que le catalyseur favorise la décomposition de l'hypochlorite en oxygène gazeux et en chlorure de sodium, au lieu qu'il crée du chlore libre. Ce phénomène à son tour permet d'utiliser des concentrations d'hypochlorite plus fortes dans l'absorbeur et

d'améliorer son efficacité. Le pH est fixé à environ pH 9 et le potentiel redox est contrôlé par une tension optimisée.

Le peroxyde d'hydrogène est généralement moins efficace que l'hypochlorite, en raison de sa moindre puissance oxydante. Il présente cependant l'avantage de générer de l'eau comme produit de réaction et de pouvoir être utilisé dans des applications avec des substances aromatiques, pour les raisons expliquées ci-dessus. Le peroxyde d'hydrogène est habituellement utilisé dans des conditions acidifiées, essentiellement pour contrôler son taux de décomposition.

L'ozone est également un agent oxydant puissant bien que son pouvoir oxydant soit plus élevé en phase liquide qu'en phase gazeuse. Une application récente intégrant des rayons ultraviolets pour renforcer les performances oxydantes de l'ozone est présentée dans la section 6.1.

Depuis les dernières années, on a utilisé plusieurs solutions absorbantes à base de tensioactifs bien que les informations sur leurs performances restent limitées. On a notamment mis en place avec succès un système de tensioactifs non ionique peu moussant, tel que les matières utilisées dans les produits de rinçage pour lave-vaisselle.

Des agents oxydants solides sont également utilisés, comme par exemple un dépoussiéreur à l'oxyde de calcium, où les particules d'oxyde de calcium, après être entrées en contact avec le flux gazeux nauséabond, produisent un résidu solide de carbonate de calcium. On note une élimination des odeurs limitée et de sérieux problèmes opérationnels dans la manipulation des solides. Pour ces raisons, il est plus courant d'utiliser uniquement des absorbants liquides.

4.4.3.8.1 Absorbant à garnissage poreux

Description

Les systèmes à garnissage poreux constituent les types d'absorbants les plus courants, avec les avantages d'une surface maximisée par volume d'unité et une perte de pression relativement faible. La Figure 4.69 illustre la conception d'un absorbant à garnissage poreux.

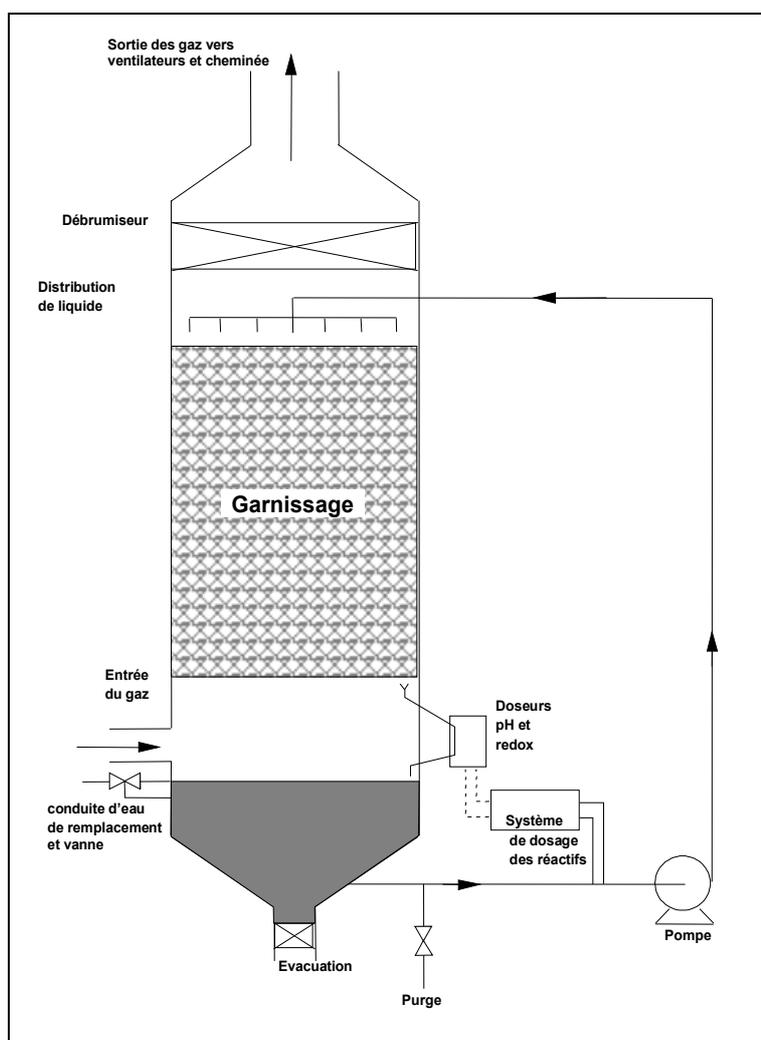


Figure 4.69 : Conception d'un réacteur à garnissage poreux

Le flux d'air à traiter est acheminé à contre-courant vers le flux liquide recirculé. Le garnissage poreux comprend un grand nombre d'éléments de garnissage, normalement en plastique, qui offrent une grande surface de contact gaz – liquide. Le circuit liquide peut se composer aussi bien d'un simple groupe de pompes de recirculation que d'un poste de dosage chimique perfectionné équipé d'un appareillage de dosage / contrôle du pH. Pour obtenir une parfaite répartition du liquide, il faut monter une série de buses en ordre symétrique à la surface de l'unité. Le flux d'air traité traverse un débrumiseur qui élimine les gouttelettes entraînées avant de rejeter l'air.

Arguments motivant la mise en application

Élimination des odeurs, des gaz et des poussières atmosphériques.

Interactions entre les milieux

Production d'eaux usées. Susceptible de générer un panache visible à la sortie des gaz de fumée.

Données d'exploitation

On a constaté que les absorbeurs étaient plus efficaces dans l'extraction de composants spécifiques que dans l'extraction globale, et que leurs performances s'élevaient normalement entre 70 et 80 %.

Pour distribuer le liquide, on abandonne progressivement la buse centrale parce que le résultat est médiocre. Selon la hauteur du garnissage poreux à l'intérieur de l'absorbeur, il peut être nécessaire d'installer des systèmes de redistribution du liquide.

De conception compacte, les absorbeurs présentent un encombrement faible, mais il faut éventuellement réserver un espace au stockage sécurisé aux produits chimiques.

Domaines d'application

De manière générale, les absorbeurs conviennent à un vaste éventail de flux d'air volumétrique présentant des concentrations relativement faibles de gaz et / ou d'odeurs.

Données financières

Techniques relativement bon marché, en comparaison avec d'autres techniques de contrôle des odeurs « end-of-pipe ». Coûts d'investissements et d'exploitation plutôt faibles. Leur rendement baisse si les effluents gazeux à traiter ont un taux d'humidité élevé, car ils absorbent d'abord la vapeur d'eau.

Exemples de site

Largement utilisé pour contrôler les odeurs.

Bibliographie de référence

[34, Willey A R and Williams D A, 2001]

4.4.3.8.2 Absorbent à plaques

Description

Les absorbeurs à plaques comprennent une tour munie de plusieurs plaques horizontales perforées ou de plaques-tamis empilées dans la tour. Des chicaneaux sont placés à une courte distance au-dessus des orifices pratiqués dans les plaques. Le liquide de lavage pénètre par le haut de la tour et coule successivement le long de chaque plaque. Le flux d'air à traiter entre par le fond de la tour et monte en passant par les perforations des plaques. La vitesse du flux d'air est suffisante pour éviter que le liquide ne coule par les perforations. Le flux d'air à traiter traverse les rideaux formés par le liquide débordant des plaques. La conception des plaques et la position des buses pour liquide présentent de nombreuses variations. Le système de l'absorbent à plaques est illustré dans la Figure 4.70.

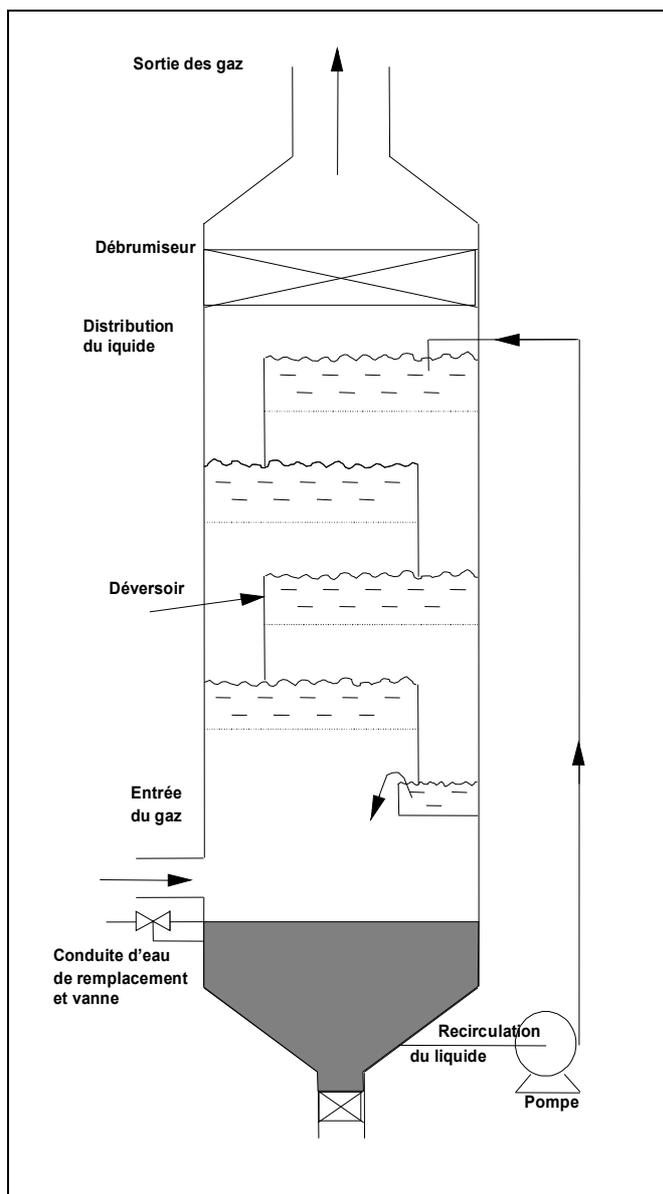


Figure 4.70 : Conception de l'absorbeur à plaques

Arguments motivant la mise en application

Élimination des odeurs, des composant gazeux et des poussières atmosphériques.

Interactions entre les milieux

Production d'eaux usées. Susceptible de générer un panache visible à la sortie des gaz de fumée.

Données d'exploitation

En général, on note que les absorbeurs présente l'avantage d'avoir une perte de pression relativement faible. On a constaté que les absorbeurs étaient plus efficaces dans l'extraction de composants spécifiques que dans l'extraction globale, et que leurs performances s'élevaient normalement entre 70 et 80 %.

De conception compacte, les absorbeurs présentent un encombrement faible, mais il faut éventuellement réserver un espace au stockage sécurisé aux produits chimiques.

Domaines d'application

De manière générale, les absorbeurs conviennent à un vaste éventail de flux d'air volumétrique présentant des concentrations relativement faibles de gaz et / ou d'odeurs.

Données financières

Techniques relativement bon marché, en comparaison avec d'autres techniques de contrôle des odeurs « end-of-pipe ». Coûts d'investissements et d'exploitation plutôt faibles. Leur rendement baisse si les effluents gazeux à traiter ont un taux d'humidité élevé, car ils absorbent d'abord la vapeur d'eau.

Exemples de site

Appliqué au secteur FDM.

Bibliographie de référence

[34, Willey A R and Williams D A, 2001]

4.4.3.8.3 Dépoussiéreur à pulvérisation

Description

Un dépoussiéreur à pulvérisation se compose simplement d'un dispositif pulvérisant un liquide qui entre en contact avec un flux d'air ascendant dans la cuve. Cette dernière ne contient pas de garnissage poreux, de plaque ou d'appareil destiné à améliorer le contact gaz - liquide. La Figure 4.71 illustre la conception-type de la tour de lavage par pulvérisation.

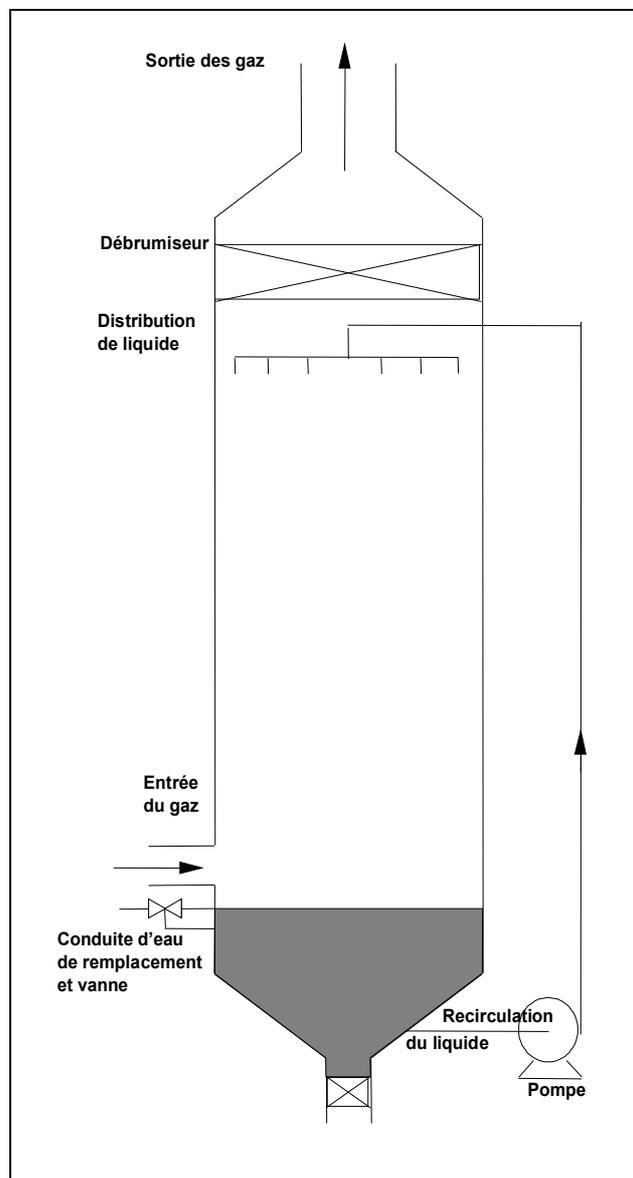


Figure 4.71 : Conception d'une enceinte de pulvérisation

Arguments motivant la mise en application

Élimination des vapeurs condensables et des poussières atmosphériques.

Interactions entre les milieux

Production d'eaux usées. Susceptible de générer un panache visible à la sortie des gaz de fumée.

Données d'exploitation

De conception compacte, les absorbeurs présentent un encombrement faible, mais il faut éventuellement réserver un espace au stockage sécurisé aux produits chimiques.

Si la présence de poussières ou de condensables pose un problème et s'il faut éliminer des polluants gazeux ou nauséabonds dans le même module, ceci peut entraîner des problèmes d'exploitation considérables et des arrêts de production pendant les opérations de nettoyage et de remise en route de l'absorbeur. A cet égard, il peut être bon d'installer un absorbeur à plaques ondulées, où le flux d'air pénétrant dans l'unité traverse une série de plaques ondulées, avec un pulvérisateur de liquide devant chaque groupe de plaques. Le groupe de plaques ondulées peut être conçu pour être retiré *in situ*, nettoyé et remplacé dans l'unité sans arrêter l'installation.

Domaines d'application

Une enceinte de pulvérisation ne permet généralement pas de contrôler les constituants nauséabonds ou gazeux en raison du transfert massique limité. Toutefois, si le flux d'air à traiter contient un taux important de poussières ou de matières condensables, une simple tour de pulvérisation peut permettre de les éliminer avant de traiter l'air par un plus grand contact gaz – liquide dans un absorbeur à plaques ou à garnissage poreux.

Données financières

Coûts d'investissements et d'exploitation relativement bas.

Bibliographie de référence

[34, Willey A R and Williams D A, 2001]

4.4.3.9 Adsorption à carbone

Description

L'adsorption est un procédé d'unité qui consiste à capter des composants aériens sur une surface active faite de particules fines. Plusieurs matières actives comme les zéolithes, les silices, les résines polymériques et le carbone activé sont disponibles pour des applications générales. Actuellement le carbone activé est l'adsorbant le plus couramment rencontré dans le secteur FDM, ce qui explique que l'expression « adsorption à carbone » est très usitée.

L'adsorption à carbone est un procédé dynamique dans lequel des molécules de vapeur se heurtent à la surface du solide et y restent un certain temps avant de se désorber à nouveau en phase vapeur. Un équilibre s'établit entre l'adsorption et la désorption, à savoir que la concentration particulaire d'un composé sur la surface de carbone correspond à une concentration ou à une pression partielle de ce composé en phase gazeuse.

Le procédé d'adsorption peut être soit physique, auquel cas les molécules adsorbées sont maintenues à la surface par les forces de Van der Waals, soit chimique, où des substances chimiques se forment entre les molécules adsorbées et la surface du solide. Ces deux procédés dégagent de la chaleur, le second un peu plus que le premier.

Le carbone activé peut être issu de diverses matières carbonées, comme le bois, le charbon, la tourbe, les coquilles de noix, la lignite, les os et les résidus pétrolifères. Les produits à base de coquille et de charbon sont généralement destinés aux applications avec phase vapeur. Le procédé de fabrication consiste à déshydrater et à carboniser des matières premières, ce qui élimine les constituants volatils et produit une structure poreuse rudimentaire. Ce mécanisme est suivi d'une activation thermique ou chimique.

Le carbone activé consacré à la maîtrise des odeurs présente habituellement les propriétés du Tableau 4.129.

Paramètre	Unité	Propriété
Taille des particules	mm	1,4 – 2,0
Densité apparente	kg/m ³	400 – 500
Surface	m ² /g	750 – 1500
Volume poreux	cm ³ /g	0,8 – 1,2

Tableau 4.129 : Propriétés du carbone activé

Les lits de carbone peuvent être utilisés une fois puis être mis en décharge ou régénérés. Les systèmes régénératifs sont normalement destinés à des installations où le recyclage des matières à capter est financièrement intéressant. Il est plus courant d'utiliser un système adsorbant à lit fixe unique. Les systèmes régénératifs sont généralement conçus avec plusieurs lits de façon à pouvoir réaliser l'adsorption et la désorption simultanément. Il est généralement nécessaire d'augmenter la température du lit adsorbant pour libérer l'adsorbat ; pour cela, on utilise le plus souvent la vapeur. Un système régénératif demande donc un second mécanisme de captage destiné aux matières désorbées pendant le procédé régénératif.

Le système à lit fixe comprend un lit de carbone activé que traverse le flux gazeux à traiter. Le carbone est disposé comme un simple garnissage poreux, ou bien il se présente sous la forme de filtres à charbon. Ces filtres sont essentiellement des cartouches en papier ou en carton contenant de la poudre de carbone activé. En général, la conception en cartouche se rencontre dans la ventilation générale de locaux alors que le système à garnissage poreux est destiné au contrôle des odeurs émises par les rejets de procédé. Après l'expiration du carbone activé, détecté par exemple par une hausse des émissions nauséabondes, il faut remplacer le lit ou les cartouches de carbone. Dans la plupart des cas, la conception du garnissage poreux a l'avantage de pouvoir être rendu au fournisseur qui le régénérera dans ses ateliers, tandis que les filtres à cartouches sont habituellement mis en décharge par l'industriel.

La ventilation d'intérieur au moyen de filtres à cartouches est très différente de celle destinée à la maîtrise des odeurs industrielles mettant en œuvre des garnissages poreux. De manière générale, les filtres à cartouches s'utilisent pour des flux d'aération faibles, intermittents ou peu fréquents, à très faible concentration de sorbents. Inversement, le procédé à garnissage poreux est utilisé lorsque la concentration des constituants du flux d'air à traiter est beaucoup plus élevée que celle d'une pièce ou d'un atelier normal. La différence majeure dans la conception de base des deux systèmes réside dans le temps de séjour. La ventilation de locaux demande uniquement 0,1 à 0,2 secondes et l'assainissement des émissions de procédé d'une à trois secondes. Le choix du temps de séjour résulte essentiellement d'un compromis entre le volume physique du garnissage prévu et l'intervalle de remplacement.

Le Tableau 4.130 indique les principes opératoires des trois grands types d'adsorbants.

Adsorbant	Principe opératoire
Adsorbant à lit fixe en état instable	Les gaz pollués traversent un lit d'adsorbant fixe
Adsorbant à lit fluidifié	Les gaz pollués traversent un adsorbant en suspension
Adsorbant à lit mobile continu	L'adsorbant tombe par gravité à travers le flux gazeux ascendant

Tableau 4.130 : Principe opératoire des principaux types d'adsorbants

Arguments motivant la mise en application

Élimination des odeurs, des gaz et des poussières atmosphériques.

Interactions entre les milieux

Consommation d'énergie. Production de déchets, par exemple lors de la mise en décharge du carbone activé.

Données d'exploitation

Un dispositif d'adsorption par carbone est relativement facile à installer. Il comprend un ventilateur et un bac destiné au lit de carbone. Un tel dispositif peut éliminer les odeurs à hauteur de 80 à 99 %.

La puissance d'adsorption du carbone activé s'exprime en poids - pourcentage de la quantité de matière donnée qui peut être adsorbée par masse d'unité de carbone. Ces chiffres varient considérablement, allant de zéro à 110 %, et ils ne sont pratiquement pas significatifs pour les émissions nauséabondes faites d'une grande variété de constituants. Dans ce sens, on peut se baser sur la valeur cadre de 30 % pour estimer la durée de vie prévue d'un lit de carbone destiné au secteur FDM.

La durée de vie du lit de carbone peut donc être estimée d'après le temps de séjour prévu, la charge organique et le flux d'air à traiter. Ce calcul est illustré dans l'exemple suivant. On calcule tout d'abord la charge organique avec l'équation suivante :

$$\text{Charge} = \text{flux d'air} \times \text{concentration}$$

Soit un flux d'air de 10 000 m³/h, une concentration organique de 50 mg carbone/m³ et un lit de carbone conçu pour un temps de séjour d'une seconde, la charge organique s'élèvera à 0,5 kg/h. Un temps de séjour d'une seconde implique un volume de carbone de 2,78 m³. En se référant à une densité apparente de 500 kg/m³, le carbone pourrait adsorber 30 % des 1 390 kg, ce qui équivaut à 2 780 heures de service. Ainsi, le lit devra être remplacé approximativement trois fois par an.

Domaines d'application

L'adsorption au carbone convient généralement à des débits d'air faibles inférieurs à 10 000 m³/h et qui contiennent une faible concentration de polluants, par exemple moins de 50 mg/Nm³. Dans le domaine de la maîtrise des odeurs, les principales applications de l'adsorption au carbone sont le nettoyage de l'air ventilé et le traitement des émissions de procédé nauséabondes.

La présence de poussières dans le flux gazeux à traiter peut nuire gravement au rendement du lit de carbone, tout en augmentant la perte de pression de service. Pour ces raisons, l'adsorption au carbone n'est pas adaptée aux applications comportant des poussières ou même des matières condensables. Les poussières et matières condensables peuvent être séparées dans un module préfiltrant, bien que ce dispositif rende l'unité encore plus compliquée et coûteuse, tout en créant des problèmes d'exploitation liés aux exigences de nettoyage et à la diffusion des poussières.

En règle générale, plus la température est basse, plus le volume adsorbé est important et donc plus le temps de pénétration ou la durée de vie du lit est longue. A titre indicatif, l'adsorption au carbone ne convient pas à des températures supérieures à 40 °C. En outre, l'efficacité du carbone activé décroît lorsque l'humidité relative dépasse 75 %, sauf pour les composés hydrosolubles tels que les amines bas et le sulfure d'azote. Cette adsorbance sélective de l'eau peut engendrer de la condensation à l'intérieur du lit et rendre le carbone inactif. Il faudra alors sécher le lit avant de poursuivre son utilisation.

Données financières

Cette technique ne demande qu'un faible investissement. Le coût d'exploitation est important ; le coût du carbone peut par exemple avoisiner 2 400 EUROS/t. Normalement, le recyclage n'est pas économique. Il faut donc remplacer entièrement le lit de carbone lorsque son efficacité d'adsorption commence à décliner, ce qui peut déjà se produire au bout d'une courte période, en fonction du taux d'émissions nauséabondes et de la concentration olfactive.

Bibliographie de référence

[34, Willey A R and Williams D A, 2001]

4.4.3.10 Traitement biologique

L'utilisation de micro-organismes pour décomposer les émissions olfactives aériennes est très courante. La réaction du procédé de biodégradation est relativement lente, et l'optimisation des conditions d'exploitation peut avoir un effet crucial.

Il existe deux types de traitement biologiques, les biofiltres (voir la section 4.4.3.10.1) et les biodépoussiéreurs (voir la section 4.4.3.10.2). Le procédé le plus employé est le biofiltre.

Pour garantir une exploitation efficace, il faut tenir compte d'un certain nombre de caractéristiques technique qui sont le temps de séjour, la température, l'humidité, les effets des poussières et des graisses sur le filtre, la charge organique / olfactive, ainsi que la conception et les propriétés du milieu filtrant.

Le Tableau 4.131 présente les avantages et inconvénients des traitements biologiques.

Avantages	Inconvénients
Coûts d'investissements relativement bas	Limité aux températures au thermomètre mouillé <40 °C
Coûts d'exploitation relativement bas	Grande superficie exigée
Élimination importante des odeurs (~ 90 – 99 %)	Risque de formation d'un panache visible
Conception et exploitation simples	Exige le contrôle du pH et du contenu de l'eau
	Adaptation lente aux variations de concentration

Tableau 4.131 : Avantages et inconvénients des traitements biologiques
[34, Willey A R and Williams D A, 2001]

Principe opératoire

Le biofilm désigne la couche aqueuse entourant les particules individuelles du matériau filtrant et dans laquelle sont présents des micro-organismes. En traversant les particules, le flux d'air à traiter provoque un transfert massique continu entre la phase gazeuse et le biofilm. Les composants volatils des effluents gazeux et l'oxygène sont partiellement dissous dans la phase liquide du biofilm. La deuxième étape de la réaction se traduit par la dégradation biologique aérobie des composants de la phase liquide. Ce mécanisme crée un taux de concentration dans le biofilm qui maintient un flux massique continu des composants du gaz vers le biofilm humide.

Le passage d'une phase à l'autre et la diffusion dans le biofilm nourrissent les micro-organismes qui vivent dans le biofilm. Les éléments nutritifs indispensables à la croissance des cellules sont fournis par le milieu filtrant.

4.4.3.10.1 Biofiltre

Description

Dans les biofiltres, les polluants sont captés par le matériau filtrant puis dégradés par les micro-organismes situés sur un support de filtre fixe. Ce matériau se présente sous la forme d'un garnissage qui s'imbibe de gaz résiduels. Si ces derniers contiennent un taux important de poussières, ils doivent d'abord passer par un dépoussiéreur avant d'arriver au biofiltre.

Les biofiltres peuvent fonctionner dans le sens du courant ou à contre-courant. Les avantages relatifs des différents modes opératoires restent incertains et l'efficacité opérationnelle est probablement la même dans les deux cas. La perte de pression du biofiltre est faible, normalement entre 10 et 25 mm/m de la hauteur du garnissage. Cette faible baisse de pression implique que la distribution de l'air dans les installations dans le sens du courant ou à contre-courant constitue un paramètre critique. La conception-type du biofiltre est illustrée dans la Figure 4.72.

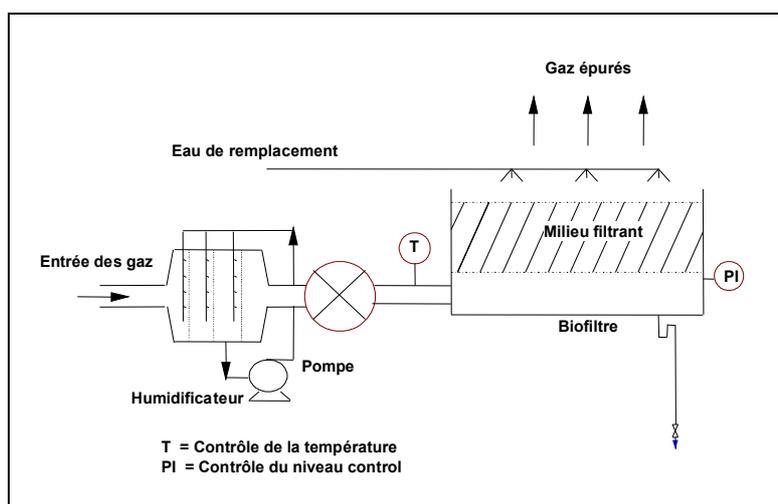


Figure 4.72 : Conception du biofiltre

Les effluents gazeux à traiter sont d'abord acheminés dans un humidificateur où ils sont mis en contact à contre-courant avec l'eau recyclée. L'air qui sort de l'humidificateur est ensuite dirigé vers le biofiltre.

Il n'est pas courant de faire fonctionner l'humidificateur en ajoutant continuellement de l'eau propre car cette pratique obligerait à prendre des mesures concernant les eaux usées.

L'irrigation périodique du haut du lit permet au système de conserver son milieu filtrant au taux d'humidité exigé, soit de 40 à 60 %. L'eau d'irrigation ou l'eau de pluie qui traverse le lit et tombe peut être renvoyée vers l'humidificateur pour éviter de générer des eaux usées.

Une large variété de matériaux filtrants a été utilisée dans les biofiltres. Le matériau filtrant doit avoir essentiellement une superficie étendue, par exemple de 300 à 1 000 m²/m³, une grande retenue aqueuse, un facteur de compression limité et une résistance limitée au flux. On utilise traditionnellement de la tourbe fibreuse mélangée à 50 % de bruyère. L'activité microbienne se développe dans la tourbe tandis que la bruyère sert d'agent raidisseur pour éviter la compression, prolongeant ainsi la durée opérationnelle du lit.

Une alternative au mélange tourbe / bruyère est le compost de champignon mélangé à 50 % de sphères de polystyrène de 3 cm de diamètre. Le bois de racine se compose généralement de racines d'arbre, de branches et de rameaux coupés. Le bois de racine est débité en sections longues en moyenne de 15 cm, en le déchirant plutôt qu'en effectuant des coupes nettes. Cette action permet d'exposer une surface maximale qui ne demande pas de matériau de support. Ces matériaux filtrants ont tous été testés dans des installations grandeur nature. Si d'autres matériaux sont proposés, il faut s'appuyer sur une expérience spécifique.

Les biofiltres peuvent être encore sous-divisés en biofiltres avec terre ou sans terre. Le biofiltre avec terre ou lit de terre se compose d'une couche de terre poreuse constituant un réseau de conduites dans lequel circule le flux d'air à traiter. Il faut une terre structurée pour perdre le moins possible de pression dans le lit.

Arguments motivant la mise en application

Réduction des émissions atmosphériques, par exemple des odeurs / COV.

Interactions entre les milieux

Production de sous-produits acides, issus par exemple de la biodégradation des effluents gazeux. Mise en décharge du matériau filtrant. Dans certains cas, les matériaux utilisés sont compostés pour réduire la pollution organique, puis épandus. L'eau de condensation est recyclée ; il faut sinon la traiter.

Données d'exploitation

Un biofiltre fonctionnant correctement concentre normalement les odeurs rejetées à 150 -200 OU/m³. L'odeur caractéristique associée aux rejets traités rappelle une odeur de moisi et de bois humide qui ne ressemble pas vraiment à l'odeur de départ. L'efficacité d'élimination des odeurs s'élève à 99,5 % maximum, bien que le pourcentage d'épuration dépend énormément de la concentration initiale. Il est très certainement impossible d'atteindre des odeurs en sortie inférieures à 150 OU/m³. Les odeurs en entrée de 5 000 OU/m³ représenteraient un rendement maximal de 97 %.

En règle générale, le temps de contact requis par un biofiltre dépend du taux et du type de polluants présents dans le flux d'air à traiter. Les constituants qui sont aromatiques par nature demande un temps de contact plus long que les produits chimiques organiques plus simples. A titre indicatif, on choisit un temps de contact minimal de 20 secondes, prolongé de 40 secondes pour les polluants avec une biodégradabilité restreinte.

La vitesse de traversée du lit filtrant est normalement comprise entre 0,02 et 0,05 m/s. La charge de la surface, souvent utilisée pour définir une modélisation, se situe généralement entre 100 et 250 m³ gaz/m² de surface filtrante/h.

On attribue souvent à un lit filtrant une durée de vie moyenne comprise entre 3 et 5 ans. Toutefois, pour la majorité des matériaux filtrants, et notamment pour le mélange tourbe / bruyère, le lit devra être complété pendant les 18 premiers mois d'exploitation.

À cause d'une éventuelle compression, la hauteur du matériau filtrant est limitée environ à 1,0 – 1,5 mètre. Lorsque la surface au sol est restreinte, la hauteur doit être plus importante et il faudra installer un support intermédiaire dans la section verticale du lit.

La distribution de l'air forcé à travers le biofiltre est un facteur important, et il est recommandé de prévoir une cavité d'air. À cet égard, la hauteur de cette cavité doit représenter au moins 50 % de la hauteur de la masse filtrante.

Le pH du matériau filtrant est normalement maintenu entre 6,5 et 7,5, la plage préférée par la majorité des bactéries. Dans certains cas, la biodégradation de composants gazeux peut générer des sous-produits acides qui obligent à utiliser de l'alcali.

Les caractéristiques importantes du matériau filtrant sont une faible perte de pression, une puissance de tampon élevée et un large éventail de micro-organismes. Environ 40 à 60 % de l'humidité du lit filtrant est nécessaire pour assurer un bon rendement. La masse filtrante exige une maintenance régulière ; concrètement, pour offrir des performances optimales, elle doit être désherbée, ne doit pas présenter de sédiments et des pénétrations de gaz.

Il faut remplacer complètement le matériau uniquement si la matière organique est si dégradée que le débit d'air requis ne peut plus être atteint. Pour pouvoir remplacer la masse filtrante, l'équipement doit être conçu et réalisé de sorte que la grille soit accessible aux véhicules ou que le filtre puisse être maintenu par un appareil à pinces mobile. Si le biofiltre doit être divisé en plusieurs segments, les opérations de maintenance peuvent être réalisées sans arrêter l'ensemble de la production.

Selon la nature des procédés en amont, on peut installer un orifice de décharge de sécurité connecté à un capteur thermique situé à l'entrée du biofiltre. Il faut régler le mécanisme de commande de sorte que si la température d'entrée du biofiltre dépasse 45 °C pendant une période prédéfinie, par exemple pendant 4 heures, les effluents gazeux sont rejetés directement dans l'atmosphère, sans passer par le biofiltre. Avec ce type de système, les effluents gazeux sont rejetés sans traitement. Il faut donc éviter les conditions qui obligeraient cette déviation. Par ailleurs, l'installation locale de thermomètres et de capteurs de pression du lit est préconisée.

Pour éviter un éventuel colmatage qui provoquerait une perte de pression et une baisse des performances opératoires, les poussières et les graisses doivent être épurées en amont.

Comme les lits de terre sont normalement souterrains, il faut s'assurer que le fondement du filtre en terre se trouve au-dessus de la nappe phréatique. L'inconvénient majeur présenté par le filtre en terre se réfère au temps de séjour excessif exigé par le procédé biologique, qui se situe autour de 5 minutes. Cette caractéristique oblige la mise en place de grandes structures ouvertes qui occupent une grande surface au sol.

Domaines d'application

Utilisé pour éliminer les polluants atmosphériques gazeux biodégradables, notamment les polluants organiques et les odeurs, comme dans l'industrie du poisson, la transformation du café et les SEEU. Parmi les autres domaines d'application, il y a la purification de l'air de locaux et de l'air de procédé dans le séchage de la levure de bière et dans les usines d'huiles, le nettoyage des gaz de torréfaction dans la production du cacao et le nettoyage de l'air de refroidissement dans la fabrication d'aliments pour animaux.

Le procédé de biofiltration est adapté à une grande variété de flux d'air égal et dépassant 100 000 m³/h, à condition que la surface au sol soit suffisante. On note que la concentration maximale des polluants présents dans le flux d'air entrant est généralement inférieure à 5 000 mg/Nm³, bien que le plafond de concentration de 1 000 mg/Nm³ puisse servir de valeur indicative pour établir les performances de la biofiltration.

Comme les gaz rejetés par les industries contiennent généralement divers composants, il est recommandé de conduire des tests sur des installations pilote pour vérifier si le biofiltre est correctement dimensionné.

Les biofiltres conviennent aux systèmes de ventilation où un flux d'air constant est extrait d'une cuve ou d'une salle de procédé. Il faut éviter les flux d'air fortement et périodiquement pollués, à moins que la dilution à partir d'autres sources traitées soit suffisante.

Cette technique n'est pas applicable aux températures atmosphériques supérieures à 40 °C. Si des températures dépassant 40 °C règnent pendant des durées relativement longues, c'est-à-dire supérieures à 4 heures, les micro-organismes présents dans le filtre sont stérilisés et il faut repeupler le lit. En dessous de 10 °C, le taux de dégradation biologique chute d'une manière radicale. Cette technique ne convient pas à des taux d'humidité inférieurs à 95 %.

On a constaté que l'utilisation de biofiltres dans les installations FDM qui fabriquent des plats préparés et des crèmes glacées peut accroître les risques sanitaires à cause des bactéries présentes dans la masse filtrante.

Données financières

Performances d'abattement des odeurs relativement élevées pour un coût relativement bas par rapport à d'autres techniques de traitement. Les coûts d'investissements du système de filtration avec le courant sont plus élevés que celui à contre-courant car il exige un joint supérieur étanche à l'air. Le coût est encore plus élevé si le biofiltre est plus important.

Les coûts d'investissements des biofiltres de conception modulaire dépendent de la taille de l'installation et des normes de construction. Pour les petites installations, à savoir entre 200 et 500 m³/h, le coût s'élève à environ 45 – 50 EUROS/m³ d'air rejeté. Dans les grandes installations, le coût peut descendre jusqu'à 10 – 15 EUROS/m³. Ces chiffres n'incluent pas le captage de l'air et les frais de construction nécessaires.

Les frais d'exploitation sont constitués en grande partie des dépenses énergétiques dédiées au fonctionnement des ventilateurs et des pompes des humidificateurs. Il existe également des frais associés à l'eau destinée à l'humidification, à la maintenance du biofiltre et au remplacement du matériau filtrant en fin de vie. Les dépenses énergétiques s'élèvent à 0,15 – 0,225 EUROS/1 000 m³ d'air rejeté, et les dépenses électriques calculées à 0,15 EUROS/kWh. En incluant les frais supplémentaires répertoriés ci-dessus, le budget exigé par le traitement de 1 000 m³/h d'air rejeté s'élève à 0,225 – 0,30 EUROS.

Les lits de terre offrent des performances d'abattement des odeurs élevées à un coût relativement bas par rapport à d'autres techniques de traitement.

Arguments motivant la mise en application

Pour éviter des réclamations concernant les odeurs et pour respecter la réglementation.

Exemples de site

Largement utilisé dans le secteur FDM (la section 4.7.8.3 donne un exemple d'entreprise de transformation du café).

Bibliographie de référence

[65, Germany, 2002]

4.4.3.10.2 Biolaveur

Description

Les biolaveurs sont des absorbeurs avec un échange de substances intense entre les gaz pollués et l'absorbant. Les micro-organismes sont soit en suspension dans le liquide collecteur, soit fixés aux structures de l'absorbant ou au filtre percolateur sous la forme d'un biofilm. L'absorbant est suivi par un collecteur de brouillard qui sépare les phases gazeuse et liquide. À l'étape de régénération de l'absorbant qui suit, les constituants des effluents gazeux absorbés dans la phase liquide sont séparés de l'absorbant. Lorsque les effluents gazeux contiennent un taux de particule élevé, ils doivent traverser un dépoussiéreur avant d'atteindre le biolaveur.

La technique se compose essentiellement d'un absorbeur à garnissage poreux qui contient des bactéries dans le matériau de garnissage et dans la cavité. Les gaz pollués montent dans la tour alors qu'un flux d'eau contenant des bactéries descend. Ces dernières se fixent au garnissage comme s'il s'agissait d'un filtre percolateur utilisé pour traiter les eaux usées (voir la section 4.5.3.1.5). Les éléments nutritifs nécessaires au développement et à la synthèse bactérienne sont ajoutés dans la cavité de l'absorbant de manière régulière. La Figure 4.73 illustre la conception d'une installation de biolavage.

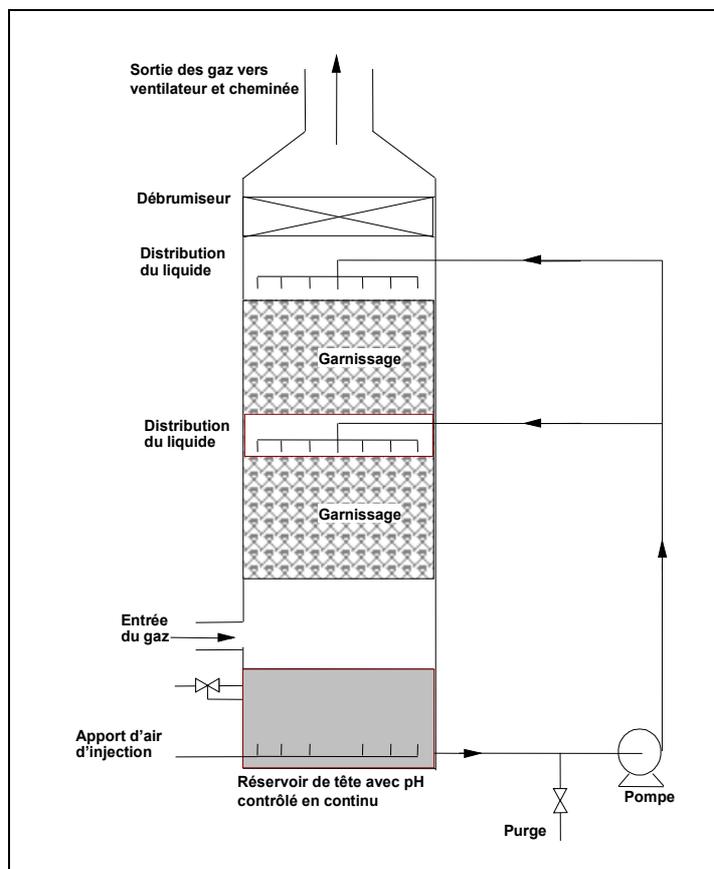


Figure 4.73 : Conception du biolavage

Arguments motivant la mise en application

Réduction des émissions atmosphériques, telles que les odeurs / COV.

Interactions entre les milieux

Le biolaveur consomme plus d'énergie que le biofiltre car il y a recirculation de l'eau en plus du déplacement de l'air. Mise en décharge du matériau filtrant.

Données d'exploitation

La taille du biolaveur n'est pas limitée par le flux d'air à traiter bien que les dimensions d'une seule tour à garnissage puisse nécessiter deux systèmes parallèles. La concentration maximale de polluants du flux d'entrée est généralement décrite comme étant très inférieure à 5 000 mg/Nm³, bien que qu'une concentration limite de 1 000 mg/Nm³ puisse servir de valeur indicative pour l'étude de performances du biolavage.

Comme la biodégradation est relativement lente, les conditions d'exploitation peuvent jouer un rôle crucial. Un biolaveur fonctionne avec un temps de séjour typique de 5 à 15 secondes, selon le flux d'air à traiter. Les biolaveurs demandent une surface au sol beaucoup plus petite que les biofiltres.

Domaines d'application

Destiné à éliminer les polluants gazeux biodégradables dans l'atmosphère, notamment les polluants organiques et les odeurs. Théoriquement, un biolaveur peut s'utiliser toutes les fois que la bio-oxydation est une solution adaptée à un problème d'émissions. Par conséquent, ses applications sont les mêmes que celles des biofiltres, ces derniers étant toutefois plus utilisés. Cette technique ne convient pas aux températures atmosphériques supérieures à 40 °C.

Données financières

Les lits de terre offrent des performances d'abattement des odeurs relativement élevées à un coût relativement bas par rapport à d'autres techniques de traitement.

Bibliographie de référence

[34, Willey A R and Williams D A, 2001, 65, Germany, 2002]

4.4.3.11 Traitement thermique des effluents gazeux

Certains polluants gazeux et odeurs peuvent être oxydés à hautes températures. La vitesse de réaction augmente avec la température de manière exponentielle.

Les polluants oxydables englobent tous les composés organiques, de même que les substances inorganiques telles que le monoxyde de carbone et l'ammoniac. Si la combustion est complète, le carbone et l'hydrogène réagissent avec l'oxygène pour donner du CO₂ et de l'eau. La combustion incomplète peut produire de nouveaux polluants comme le monoxyde de carbone et des composés organiques complètement ou partiellement oxydés. Si les effluents gazeux contiennent des éléments comme du sulfure, de l'azote, des halogènes et du phosphore, la combustion produit des polluants inorganiques comme les oxydes de sulfure, les oxydes d'azote et les halides d'hydrogène, qui doivent ensuite être enlevés par d'autres procédés d'épuration si leurs concentrations sont trop importantes. Le champ d'applications de la combustion des polluants est ainsi restreint.

Il faut respecter plusieurs conditions de sécurité, entre autres :

- L'obligation d'installer une protection contre le retour de flamme entre l'oxydant thermique et le flux gazeux à épurer. On a généralement recours à un pare-flammes ou à un siphon.
- À la mise en route, avant l'allumage du brûleur, l'oxydant thermique doit être purgé avec un volume d'air équivalent à cinq fois le volume de l'installation. Tout réallumage des brûleurs pendant le service doit être précédé d'une période de purge.
- Lorsque l'air est riche en solvants, il faut produire une analyse des risques.

4.4.3.11.1 Oxydation thermique des effluents gazeux

Description

Pour que l'oxydation complète dégrade les composés dans le flux d'air, ces derniers doivent être en contact avec suffisamment d'oxygène, pendant une durée adéquate et à une température donnée. L'oxydation des composés organiques aura rapidement lieu si la température régnant dans l'incinérateur thermique est maintenue de 200 à 400 °C supérieure à celle de l'auto-allumage des familles de substances chimiques présentes. Dans l'oxydation thermique, la conversion des polluants se produit à des températures élevées, par exemple supérieures à 600 °C.

Outre l'étude des domaines d'application de l'oxydation thermique des composants à éliminer, il est important d'étudier la récupération de la chaleur dégagée par le procédé d'oxydation thermique afin de réduire les dépenses en combustible. Comme les émissions atmosphériques du secteur FDM ont rarement des concentrations organiques dans les niveaux explosifs bas, on utilise surtout l'incinérateur thermique traditionnel où le flux d'air à épurer a un contact direct avec les flammes. Si la concentration organique se situe au-dessus du plafond d'explosion concerné, un dispositif sans flamme peut s'avérer obligatoire. Ces systèmes chauffent le flux d'air à l'aide d'un matériau de chauffage, évitant ainsi le contact direct de l'air avec les flammes.

Les incinérateurs thermiques à contact direct avec les flammes fonctionnent normalement à des températures comprises entre 700 et 900 °C. La température de réaction dépend de la nature du polluant. Elle peut être basse, mais pour des substances qui s'oxydent moins facilement, telles que les composés organohalogénés, elle peut dépasser 1 000 °C. La température généralement adoptée pour les composés nauséabonds se situe entre 750 et 800 °C. Les conditions des divers modules requis par un incinérateur thermique sont indiquées dans le Tableau 4.132. La Figure 4.74 illustre la conception d'un oxydateur thermique typique.

Modules opératoires	Conditions
Incineration	Le combustible est brûlé avec de l'air propre ou contenant une certaine proportion d'air pollué pour produire une flamme normalement à 1 350 – 1 500 °C
Mélange	Pour produire une turbulence appropriée et donc un bon mélange des gaz de procédé afin de les amener à une température uniforme
Combustion	Les gaz sont maintenus à la température de combustion jusqu'à la fin de l'oxydation, normalement pendant une durée de 0,5 à 1 secondes
Récupération de chaleur	Pour faire diminuer les coûts d'exploitation et la consommation de combustible

Tableau 4.132 : Conditions des différentes séquences de l'oxydation thermique

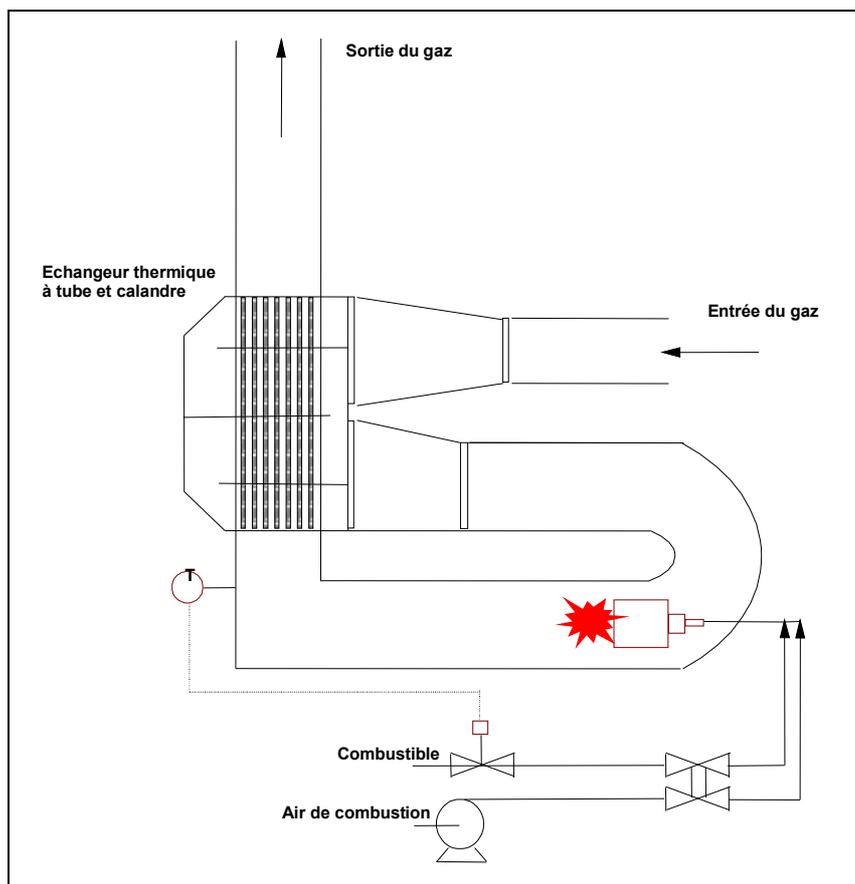


Figure 4.74 : Conception d'un incinérateur thermique

Les **brûleurs** se divisent en deux types : les brûleurs à flamme unique et les brûleurs dans lesquels le combustible est réparti parmi un grand nombre de buses. En ce qui concerne la forme, on peut trouver des brûleurs à flux laminaire, à buse et à turbulence. Dans des cas spéciaux, on peut remplacer le brûleur par un système de chauffage électrique. L'oxygène requise par la combustion peut être prélevé dans l'atmosphère, dans le flux d'air à épurer ou dans les deux. Parmi les autres combustibles possibles, on peut citer l'huile de chauffage fluide, le gaz naturel et le GPL. Il faut veiller à ce que la vapeur d'eau présente dans le flux d'air n'étouffe pas la flamme, ce qui nuirait à la combustion.

Le brûleur peut également être du type avec prémélange, pour lequel le combustible est mélangé à l'air de combustion avant de traverser les buses, ou bien du type par diffusion où le combustible est mélangé à l'air de combustion en aval des buses. La majorité des brûleurs appartiennent au type par diffusion.

Le **mélange** du flux gazeux peut s'obtenir de différentes façons : par diffusion naturelle, par des mécanismes d'injection ou par l'installation de chicanes modifiant le flux. Les fournisseurs qui proposent des dispositifs avec un faible taux de NO_x intègre souvent diverses sections de mélange en sens contraire, dans l'intention de réduire les hausses thermiques nettement au-dessus de la température du mélange.

La chambre de **combustion** où se déroule la réaction d'oxydation doit être conçue pour supporter des contraintes thermiques élevées. Certaines chambres de combustion sont en métal résistant à la chaleur, et les chambres sont équipées d'une enceinte métallique et d'une doublure réfractaire. Les chambres de combustion sont assez grandes pour atteindre le temps de séjour souhaité et pour accommoder la hauteur physique de la flamme sans l'étouffer.

Il est presque toujours certain que tout dispositif de **récupération de chaleur** fera baisser les coûts d'exploitation et la consommation de combustible. La récupération de chaleur s'opère traditionnellement dans un échangeur thermique tubulaire qui transfère la chaleur en continu

pour préchauffer le flux gazeux entrant. Ce type de système s'appelle un système récupératif ; la récupération de chaleur avoisine généralement les 70 – 80 %.

On peut également récupérer de la chaleur avec le système régénératif qui utilise deux groupes d'échangeurs thermiques à lits céramiques. Un lit est chauffé par contact direct avec les gaz rejetés tandis que l'autre lit sert à préchauffer les gaz entrants. Le système fonctionne par cycles alternatifs chauffage - refroidissement. La récupération de chaleur potentielle avec ce système est plus élevée que celle offerte par le système récupératif, avec une récupération thermique comprise en moyenne entre 80 et 90 %. Le recours à des fluides thermiques auxiliaires est une solution alternative à ce type de système.

On peut également récupérer de l'énergie au moyen d'une chaudière récupératrice de chaleur résiduelle où les gaz rejetés épurés servent à produire de la vapeur destinée à d'autres utilisateurs dans l'installation ou sur le site industriel. L'exploitation de l'incinérateur thermique peut ne pas toujours coïncider avec la demande en vapeur, ce qui complique l'intégration des procédés.

Il est par ailleurs possible de récupérer de la chaleur auxiliaire en utilisant les gaz épurés provenant du premier stade de la récupération pour chauffer de l'eau ou des locaux.

On constate que la chaleur générée par la combustion peut être récupérée dans un échangeur de chaleur croisée et servir au procédé de cuisson au lieu de la production de vapeur. On note que la combustion des gaz de fumées issus des fours de cuisson / fumage détruira tous les problèmes d'odeur dans l'environnement immédiat.

Des informations complémentaires sur cette technique, ses performances réelles et son rapprochement avec d'autres techniques d'abattement atmosphérique sont présentées dans le « BREF sur le traitement des eaux usées et des effluents gazeux » [217, EC, 2003].

Arguments motivant la mise en application

Réduction des émissions gazeuses et des odeurs.

Interactions entre les milieux

Le procédé d'oxydation peut générer des sous-produits de combustion indésirables, comme des niveaux élevés de NO_x et CO₂. De manière générale, plus la température de réaction est élevée, plus le risque de générer des taux élevés de NO_x est important. Il est habituellement avantageux d'opter pour un brûleur à basse production de NO_x.

Tout composé contenant du sulfure dans le flux gazeux nauséabond générera des émissions de SO₂. Il faut voir s'il existe des possibilités de réduire cette pollution. Il faudra éventuellement étudier la présence de chlorures dans le flux d'air nauséabond à cause de la formation potentielle de gaz acides comme le HCl. Outre la production de polluants, il pourrait poser des problèmes de corrosion aux équipements. En présence de VOC halogénés, il peut être nécessaire de prendre des mesures spéciales pour supprimer la formation de dioxines, bien que cette formation soit normalement négligeable pendant la combustion des effluents gazeux [217, EC, 2003].

Consommation énergétique, par exemple la consommation de combustible pour faire fonctionner l'incinérateur.

Données d'exploitation

Les incinérateurs thermiques ne sont pas performants tant qu'ils n'atteignent pas les températures de combustion des polluants qu'ils doivent éliminer. Il faut donc les mettre en route avant d'en avoir besoin.

Un incinérateur thermique correctement conçu et exploité peut atteindre un rendement de destruction des odeurs approchant les 100 %. Les performances de cette technique sont indépendantes de l'intensité des émissions d'odeur.

Les flux d'air nauséabonds qui contiennent une quantité importante de matière particulaire doivent généralement être prétraités avant d'être soumis au procédé d'oxydation thermique.

Cette caractéristique est encore plus importante avec un système récupératif en raison des risques de contamination de l'échangeur thermique.

Tandis que la présence d'un taux élevé de vapeur d'eau dans un flux d'air n'est pas considérés comme étant un problème de procédé, les exigences concernant le combustible sont plus strictes que celles du chauffage de l'air sec. Dans la pratique, on ne prélève habituellement pas la vapeur d'eau dans le flux d'air, et des spécifications supplémentaires concernant le combustible sont normalement prises en compte dans le budget global de la technique d'oxydation thermique.

L'oxydation thermique des effluents gazeux peut donner des taux de VOC inférieurs à $<1 - 20 \text{ mg/m}^3$ [217, EC, 2003].

Dans une enquête norvégienne sur le fumage des saucisses, en examinant une armoire de cuisson / fumage, les émissions suivantes ont été constatées après l'oxydation thermique des gaz de fumée : 7 mg TOC/m^3 ou $0,2 \text{ mg TOC/t}$ de saucisses. Le gaz ne contenait pas de CO.

Dans un exemple de fumoir produisant quelques 3 000 tonnes d'aliments fumés, les effluents gazeux dégagés par le fumage sont incinérés avec un incinérateur à flamme directe. Les effluents gazeux issus des phases de procédé « sans fumée » et qui ne demandent pas d'abattement des émissions, ne sont pas assainis. Le système est jugé être une unité de traitement des effluents gazeux qui nécessite peu de maintenance.

L'incinérateur est amené à sa température de service avant de se servir des générateurs de fumées. Pendant le fumage, le ventilateur d'aspiration des gaz force les effluents gazeux chargés de fumées à travers un clapet de dérivation vers un préchauffage. Le gaz sale y est chauffé à $300 - 350 \text{ }^\circ\text{C}$ avant de pénétrer dans la chambre de combustion où il est mélangé aux gaz brûlants provenant du brûleur à gaz. Après le traitement, le gaz propre est utilisé pour préchauffer le gaz sale au moyen d'un échangeur thermique. Le gaz est ensuite refroidi à $400 - 450 \text{ }^\circ\text{C}$ avant d'être rejeté dans l'atmosphère par une cheminée.

Le Tableau 4.133 répertorie les spécifications techniques de l'oxydation thermique à flammes directes dans l'exemple de fumoir. La Figure 4.75 montre le schéma de principe de l'origine et de la gestion de procédé des gaz de fumée produits par ce fumoir.

Dimensions	
Longueur totale, brûleur inclus	4 250 mm
Longueur totale, brûleur exclu	3 750 mm
Diamètre	1 150 mm
Raccord du gaz sale	200 x 200 mm ou 200 mm de diamètre
Raccord du gaz propre	300 mm
Poids	1 250 kg environ
Connexions nominales	
Combustible	Mazout
Branchement électrique	220 V/50 Hz (1 kW environ)
Ventilateur d'aspiration des gaz	380 V/50 Hz (4 kW environ)

Tableau 4.133 : Spécifications techniques d'un incinérateur à flammes directes installé dans un fumoir

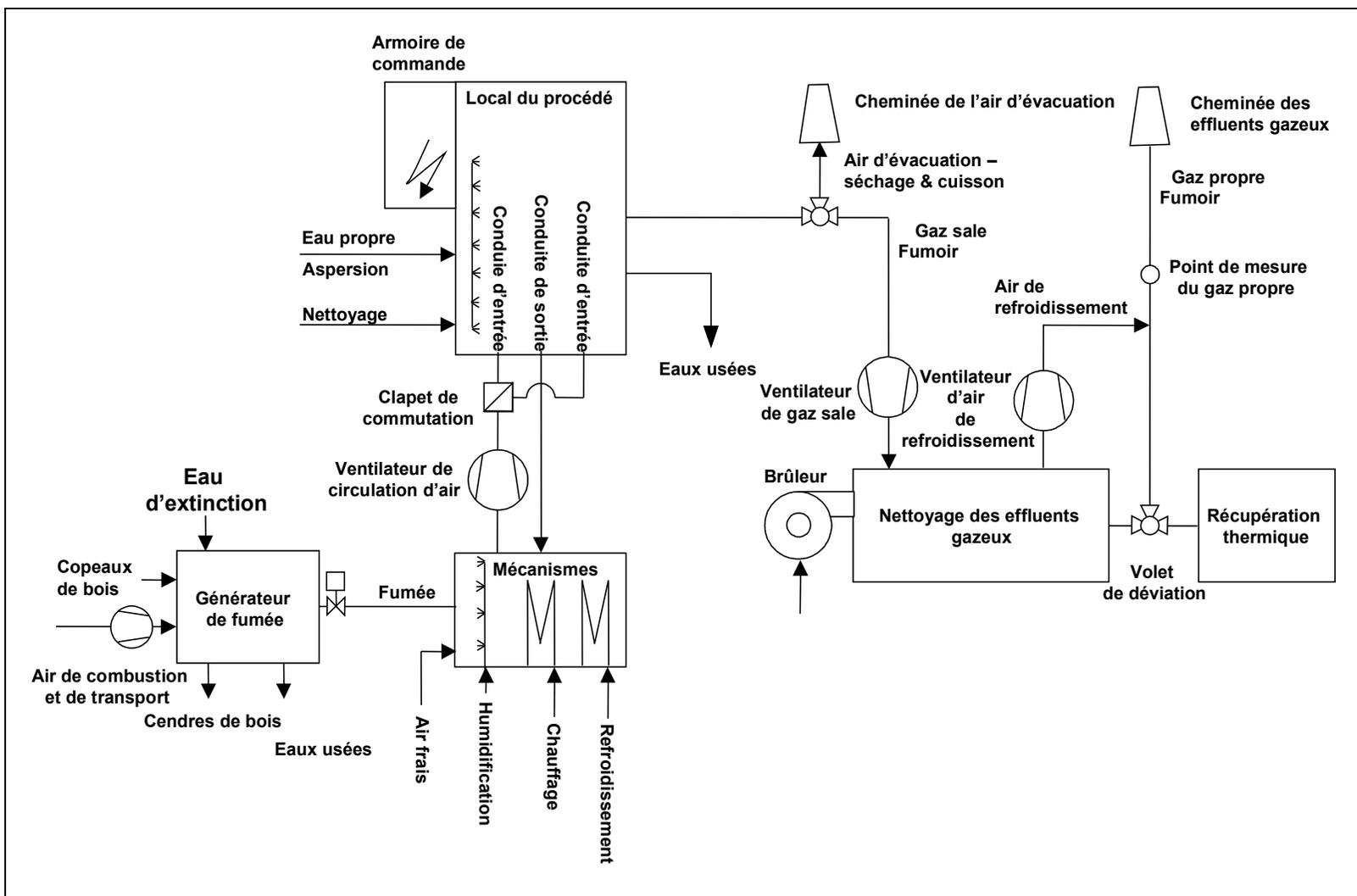


Figure 4.75 : Schéma de principe illustrant l'origine et la gestion de procédé des gaz de fumée produits par le laveur d'effluents gazeux installé dans un fumoir

Dans l'exemple de fumoir, toutes les unités de fumage, indépendamment de leur taille, sont équipées d'un générateur de fumées. L'intensité de fumage est déterminée par la durée du fumage comprise environ entre 60 et 120 minutes / charge. Le débit d'un générateur de fumées s'élève à 200 Nm³/h, soit un débit total d'environ 2 300 Nm³/h pour 11 chambres de fumage. En appliquant un facteur opératoire parallèle réaliste de 75 %, le débit réel équivaut à 1 650 Nm³/h. Le Tableau 4.134 répertorie les spécifications techniques de l'incinérateur à flammes directes.

Paramètre	Valeur	Commentaires
Débit des effluents gazeux	2 300 m ³ /h	État normal (0 °C, 1 013 mbars, sec)
Puissance du brûleur	600 kW	La puissance est adaptée en continu
Concentration des substances dans les effluents gazeux	Niveau atteint non précisé (<50 mg/Nm ³ TOC ≤0.115 kg/h)	2 300 Nm ³ /h x 50 mg/Nm ³ = 0,115 kg/h

Tableau 4.134 : Spécifications techniques d'un incinérateur à flammes directes installé dans un fumoir

On constate qu'entre 620 et 660 °C, les odeurs sont entièrement détruites et en règle générale, du COT est produit à un taux non précisé, mais inférieur à 50 mg/Nm³. L'oxydation thermique à flammes directes peut fonctionner jusqu'à une température limite de 1 000 °C. L'efficacité de la technique dépend de plusieurs paramètres tels que la température de service, le temps de séjour et les conditions de mélange dans la chambre de combustion. On obtient aisément des niveaux de COT inférieurs à 10 mg/Nm³.

La Figure 4.76 illustre sous la forme d'un schéma entrée / sortie l'équilibre des matières dans une unité de traitement des effluents gazeux.

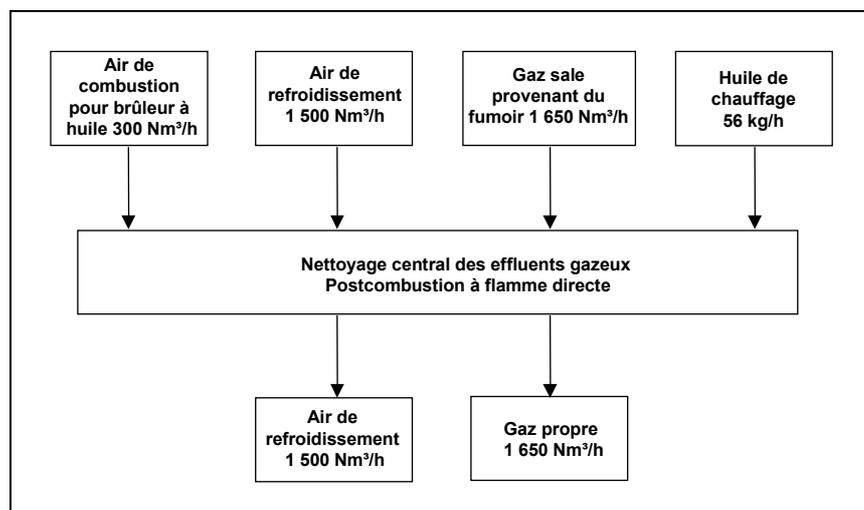


Figure 4.76 : Équilibre massique d'une unité de traitement des effluents gazeux par oxydation thermique à flammes directes

Domaines d'application

Destiné à l'élimination des VOC / odeurs. L'oxydation thermique présente l'avantage d'être pratiquement universellement applicable comme méthode de maîtrise des odeurs parce que la majorité des composants nauséabonds peuvent s'oxyder à haute température et se transformer en produits à l'odeur acceptable, alors que d'autres méthodes sont plus contraignantes.

L'oxydation thermique est généralement dédiée au traitement de faibles volumes inférieurs à 10 000 Nm³/h, l'argument de poids étant l'augmentation du coût lorsqu'il faut chauffer des flux d'air volumétriques importants. Elle convient aux flux nauséabonds avec des concentrations de contaminants variables, et elle peut traiter une production volumétrique variable.

Si, dans les installations de séchage des légumes, des métaux alcalins se trouvent dans la terre, ces derniers peuvent endommager prématurément le matériau céramique présent dans les systèmes régénératifs.

Données financières

Cette technique demande des investissements importants; mais l'élément majeur à considérer pour envisager la mise en place d'une unité d'oxydation thermique concerne les coûts d'exploitation liés au combustible. Le recours à un incinérateur récupératif ou régénératif peut améliorer les performances de la technique et réduire les frais de fonctionnement. Une modernisation est possible pour tous les types de fours à fumer, avec des budgets variables. Les fours à fumer sont disponibles avec des équipements d'oxydation thermique intégrés.

Exemples de site

Utilisé au moins dans un fumoir en Allemagne et dans plusieurs dans les Pays Nordiques.

Bibliographie de référence

[34, Willey A R and Williams D A, 2001, 41, Nordic Council of Ministers, 2001, 65, Germany, 2002]

4.4.3.11.2 Oxydation des effluents gazeux dans une chaudière existante

Description

Il est possible d'envoyer les gaz nauséabonds dans une chaudière existante sur le site. Cette conception a l'avantage d'utiliser un dispositif existant et de consacrer de l'argent à autre solution de traitement. Le principe opératoire est essentiellement le même que celui de l'oxydation thermique réalisée dans une installation dédiée à cet effet.

Le flux d'effluents nauséabonds est canalisé vers le ventilateur de l'air de combustion de la chaudière, ou de la chaufferie puis vers la chaudière. Il fournit de l'oxygène au procédé de combustion et les composants nauséabonds sont détruits.

La faisabilité globale de l'utilisation d'une chaudière existante dépend largement du rapport entre le volume d'air nauséabond à assainir et les exigences en air de combustion de la chaudière dans des charges extrêmes. Si le volume d'air nauséabond est nettement inférieur au volume d'air de combustion requis, le système fonctionnera sans difficulté. Le volume global d'air nauséabond pourrait simplement être canalisé pour traverser le ventilateur d'air de combustion. Toutefois, la grande majorité des conditions d'exploitation oblige la chaudière à fonctionner en mode cyclique commandé par un signal donné par la pression de la vapeur.

Il faut étudier de manière approfondie les éventuelles implications sur l'exploitation de la chaudière. Les mesures de sécurité associées à l'acheminement de rejets nauséabonds vers une chaudière sont essentiellement fournies par l'exploitation existante de la chaudière. Il peut être nécessaire d'installer des pare-flammes et des siphons pour empêcher un retour de flammes entre la chaudière et le flux gazeux à assainir.

Arguments motivant la mise en application

On a noté un haut rendement et, dans des conditions d'exploitation correcte, des performances de destruction des odeurs, y compris les odeurs fortes, aussi bonnes que celles offertes par les autres méthodes d'incinération.

Interactions entre les milieux

Consommation d'énergie. éventuelle consommation de combustible pour alimenter la chaudière alors qu'elle n'en aurait sinon pas eu besoin.

Données d'exploitation

L'exploitation normale d'une chaudière consiste à produire de la vapeur pour répondre aux besoins de l'installation. Cette demande en vapeur est commandée en continu par le signal de pression de vapeur montés à la sortie de la chaudière. Lorsque la pression de vapeur augmente et atteint son point de consigne, la chaudière réagit en réduisant le débit de combustible

alimentant le brûleur. Le débit de l'air de combustion électriquement ou mécaniquement lié au débit d'alimentation du combustible diminuera à son tour pour maintenir des conditions de combustion optimale. Si, dans cet état de combustion basse, le débit de l'air de combustion est inférieur au volume d'air nauséabond à traiter, il faudra changer le principe de commande de la chaudière. Par ailleurs, connaître la teneur en oxygène de l'air nauséabond, si on suppose qu'elle est inférieure à 21 %, facilitera l'étude de faisabilité initiale.

Au lieu de reposer sur la pression de la vapeur, le principe de commande pourrait être lié au débit de l'air de combustion. Ce débit serait alors réglé sur un minima, en d'autres termes il serait égal au volume d'air nauséabond à traiter, qui déterminerait à son tour un débit de combustible et un niveau d'allumage minimum. Lorsque la chaudière atteindrait le point de consigne de pression, elle fonctionnerait à nouveau au débit d'air de combustion minimum, et la chaleur inutile serait rejetée par la cheminée de la chaudière. Un aspect primordial de l'évaluation est de connaître le pourcentage de temps pendant lequel la chaudière fonctionnerait avec un débit d'air de combustion inférieur à celui des effluves nauséabonds, ce qui permettrait de calculer le budget supplémentaire destiné au combustible.

Il est important de commencer par vérifier si la chaudière sera en service pendant la production des gaz nauséabonds. Ce sera probablement le cas pour la majorité des opérations.

Domaines d'application

Utilisé pour éliminer les polluants gazeux et les odeurs. Adapté à de faibles volumes d'odeurs fortement concentrées.

Données financières

L'utilisation d'une chaufferie existante présente des avantages financiers, aussi bien en coûts d'investissements qu'en coûts d'exploitation.

Arguments motivant la mise en application

Conformité à la réglementation.

Bibliographie de référence

[34, Willey A R and Williams D A, 2001]

4.4.3.11.3 Oxydation catalytique des effluents gazeux

Description

L'oxydation catalytique est un procédé semblable à l'oxydation thermique, avec la différence fondamentale que la réaction oxydante se produit en présence d'un catalyseur à la place de l'air libre. Le principal avantage offert par l'oxydation catalytique concerne les températures de service qui sont nettement plus basses (250 à 500 °C).

Comme avec l'adsorption, les réactifs destinés à la réaction de gaz hétérogènes doivent d'abord s'approcher des surfaces internes des catalyseurs généralement poreux. Comme les informations adéquates, telles que la constante de la vitesse de réaction et le coefficient de diffusion, sur les substances sont généralement insuffisantes, les réacteurs sont habituellement conçus d'après des données empiriques.

Les principaux composants d'un système de combustion catalytique comprennent les dispositifs d'allumage auxiliaire, un échangeur de chaleur et un réacteur avec catalyseur. La Figure 4.77 présente un modèle classique d'incinérateur catalytique.

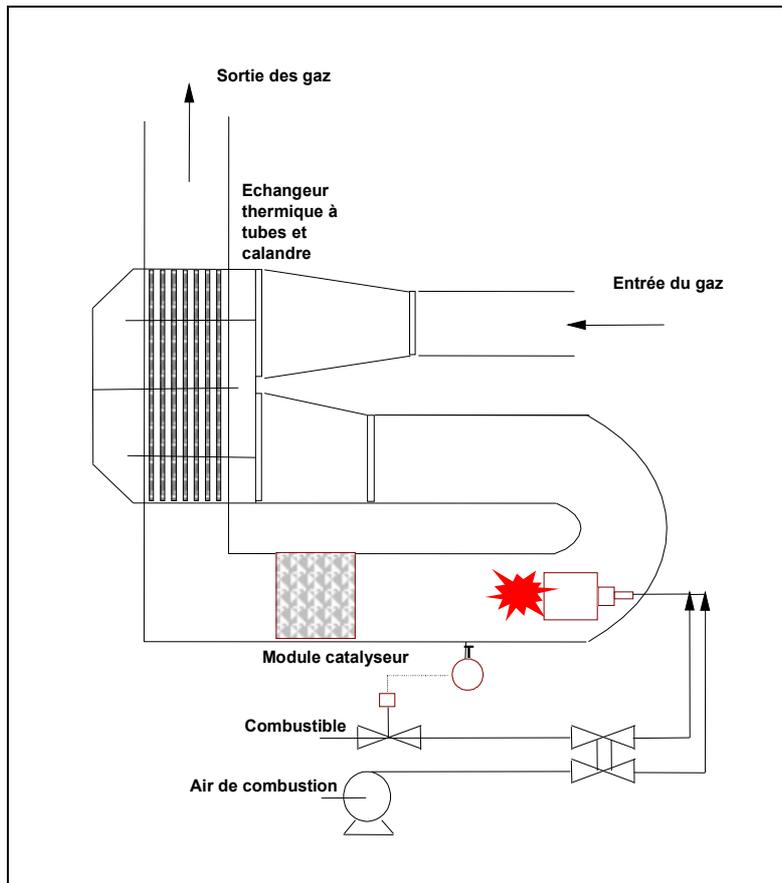


Figure 4.77 : Modèle d'incinération catalytique

Après être entré dans l'unité, le flux d'air est préchauffé dans un échangeur de chaleur tubulaire classique. Le flux d'entrée préchauffé est ensuite chauffé à nouveau par un brûleur à la température d'oxydation désirée avant de passer sur le catalyseur. Les contaminants et l'oxygène du flux d'air nauséabond se répartissent sur la surface du catalyseur. L'oxydation a lieu et les produits résultants sont désorbés à nouveau dans le flux gazeux. Ces processus de transfert prennent un temps précis à l'intérieur du catalyseur, la vitesse de réaction étant fortement influencée par la température de service. Le flux gazeux épuré traverse ensuite l'échangeur de chaleur qui chauffe le flux nauséabond entrant.

L'aspect le plus important d'un lit catalyseur est le rapport surface – volume, à savoir la superficie disponible pour la réaction.

Les constituants actifs communément utilisés comprennent les métaux du groupe platine et les oxydes des métaux Co, Cr, Cu, Fe, Mo, Ni, Ti, V et W. Les matériaux-soutiens métalliques sont généralement en forme de plaques, de textiles tissés ou de filets, d'oxydes métalliques, comme l' Al_2O_3 , le SiO_2 et le MgO , et des minéraux, comme la pierre ponce et la zéolithe sous forme moulée.

Dans le cadre de l'étude, il faut prendre en compte les indicateurs suivants pour analyser le potentiel de l'incinération catalytique comme possible solution d'abattement : la vitesse spatiale, la perte de pression et la température.

La **vitesse spatiale** fait référence à la réciproque du temps de séjour des gaz dans le bloc catalyseur, le débit volumétrique étant exprimé à 0 °C. La plage de vitesse spatiale utilisée habituellement dans les applications industrielles se situe entre 20 000 et 45 000 m/h, ce qui correspond à une plage de temps de séjour de 0,03 à 0,1 secondes aux températures de service normales. Il faut faire un compromis entre la quantité de catalyseur prévue par l'étude et la température de service. Plus il y a de catalyseur, résultant en une vitesse spatiale de 20 000 m/h, plus la température de service requise pour atteindre un rendement donné est basse. Si le flux

d'air à traiter est important, il est alors rationnel d'intégrer un second catalyseur pour réduire les frais de combustible par une température de service plus basse. Toutefois, une charge catalytique accrue augmentera la perte de pression et, du même coup, un surplus de consommation électrique du ventilateur d'aspiration.

Le catalyseur démontre un rapport linéaire entre le débit et la **perte de pression** à cause du flux laminaire à l'intérieur du catalyseur. Une conception courante autoriserait une perte de pression d'environ 500 mm pour l'ensemble du système. La configuration du bloc catalyseur joue un rôle important dans la réduction de la perte de pression et donc des coûts d'exploitation.

L'oxydation catalytique est une réaction exotherme. Dans certaines installations, la température augmente suffisamment pour permettre à l'incinérateur catalytique de fonctionner en mode auto-suffisant, sans ajouter de combustible une fois les conditions d'exploitation atteintes.

Habituellement intégrée dès la conception, la fonction de récupération de chaleur constitue un élément essentiel du procédé, en utilisant les gaz traités pour préchauffer les gaz entrants. Les échangeurs thermiques sont communément conçus avec une récupération de chaleur de 80 °C, de qui crée une température de rejet finale comprise entre 150 et 200 °C pour des températures d'oxydation normales.

Les incinérateurs catalytiques sont moins encombrants que les incinérateurs d'effluents gazeux.

Arguments motivant la mise en application

Réduction des émissions gazeuses et des odeurs.

Interactions entre les milieux

Le procédé d'oxydation peut générer des sous-produits de combustion indésirables, comme des niveaux élevés de NO_x et CO₂. De manière générale, plus la température de réaction est élevée, plus le risque de générer des taux élevés de NO_x est important. Il est habituellement avantageux d'opter pour un brûleur à basse production de NO_x. La formation de NO_x est relativement basse et on peut obtenir des températures de service et des niveaux de 15 mg/Nm³.

Tout composé contenant du sulfure dans le flux gazeux nauséabond générera des émissions de SO₂. Il faut voir s'il existe des possibilités de réduire cette pollution. Il faudra éventuellement étudier la présence de chlorures dans le flux d'air nauséabond à cause de la formation potentielle de gaz acides comme le HCl. Outre la production de polluants, il pourrait poser des problèmes de corrosion à l'intérieur de l'incinérateur. En présence de COV halogénés, il peut être nécessaire de prendre des mesures spéciales pour supprimer la formation de dioxines, bien que cette formation soit normalement négligeable pendant la combustion des effluents gazeux [217, EC, 2003].

Consommation énergétique, par exemple la consommation de combustible pour faire fonctionner l'incinérateur.

Données d'exploitation

Les incinérateurs thermiques ne sont performants qu'une fois qu'ils ont atteint les températures de combustion des polluants qu'ils doivent éliminer. Il faut donc les mettre en route avant d'en avoir besoin.

L'incinération catalytique des effluents gazeux peut atteindre des niveaux de COV inférieures à 1 – 20 mg/Nm³ [217, EC, 2003]. Des taux de monoxyde de carbone inférieurs à 100 mg/Nm³ ont été relevés. Au contraire, les taux de NO_x peuvent atteindre des valeurs extrêmement élevées, par exemple des taux de 1 000 mg/Nm³ ont été constatés pendant l'incinération catalytique.

La réglementation allemande est essentiellement respectée avec l'incinération catalytique et intégralement respectée avec l'incinération simple.

En comparaison avec l'incinération simple, l'incinération catalytique demande une température de service basse et n'a pas besoin de matériaux de construction spéciaux. L'élimination prévue

des odeurs réalisée par un incinérateur catalytique dépasse les 95 %, valeur inférieure aux 100 % obtenue par l'incinération simple.

Des composés tels que le sulfure, les halogènes, le zinc et les solides organiques tendent à recouvrir la surface du catalyseur. Ce procédé est heureusement réversible avec l'activité catalytique qu'on retrouve en appliquant une température élevée. Les matières particulaires inertes feront également diminuer l'activité catalytique, bien que l'application d'une température élevée (500 °C environ) relance l'activité catalyse.

Les poussières présentes dans le flux gazeux ont tendance à s'accumuler sur la face avant du catalyseur, provoquant une perte de pression progressive. Alors que la documentation spécialisée suggère que des concentrations de poussières de 115 mg/Nm³ sont possibles, la pratique préconise à titre indicatif une concentration maximale de 50 mg/Nm³.

La structure en nid d'abeille est plus performante que les autres structures dans le cadre des problèmes d'attrition, de stabilité mécanique, de perte de pression excessive et de stabilité chimique dans des atmosphères oxydants.

La durée de vie réelle du catalyseur dépend surtout de la nature du flux d'air à épurer. Les durées de vie constatées présentent des variations considérables, entre deux et dix ans, bien qu'elles se situent en général entre trois et cinq ans.

Les effluents gazeux des fumoirs sont souvent traités par l'oxydation catalytique, à des températures comprises entre 350 et 450 °C. Comme catalyseurs, on utilise des métaux précieux (platine, palladium) ou certains oxydes métalliques (cuivre, chromium) déposés sur des surfaces en céramique. Ils sont sensibles aux poussières, aux aérosols gras et aux poisons pour catalyseur, comme le plomb et divers autres métaux. Leur performance est paraît-il élevée et la chaleur récupérable.

Domaines d'application

Utilisé pour réduire les polluants gazeux et les odeurs à faibles concentrations de poussières Ils peuvent fonctionner avec des flux d'air à des températures et charges odorantes variables.

Données financières

Faible coût de combustible par rapport à l'incinération simple. Le coût du remplacement du catalyseur, soit environ 50 000 GBP/m³ (2001), est un paramètre important dans le calcul des coûts d'exploitation.

Arguments motivant la mise en application

Respect de la réglementation sur la maîtrise des odeurs.

Exemples de site

Utilisé dans la filière du café en Allemagne (voir la section 4.7.8.4.3) et pour épurer les effluents gazeux des fumoirs des Pays Nordiques.

Bibliographie de référence

[34, Willey A R and Williams D A, 2001, 41, Nordic Council of Ministers, 2001, 65, Germany, 2002]

4.4.3.12 Traitement au plasma non thermique

Description

Le traitement au plasma non thermique est une technique d'abattement des odeurs qui consistent à créer une zone très réactive dans les effluents gazeux, dans laquelle les molécules nauséabondes sont désintégréées. Ce milieu réactif peut être créé selon différentes méthodes.

Le plasma est un état gazeux dans lequel les molécules composant le gaz sont divisées en ions, en électrons, en molécules non chargées et en d'autres espèces moléculaires à divers degrés d'excitation. En fonction de la quantité d'énergie ajoutée, le plasma créé est caractérisé par le terme thermique ou non-thermique.

Dans le plasma thermique, les constituants sont en équilibre thermique. Les ions et les électrons sont en moyenne à la même température, ce qui correspond approximativement à 1 – 2 eV (soit 1 eV une température de 11 327 °C). L'arc électrique créé dans un four à arc est un exemple de plasma thermique.

Dans un plasma non thermique, les niveaux d'énergie des électrons, ou énergie cinétique, sont considérablement plus élevés que ceux des molécules gazeuses en vrac. Comme seuls les électrons gagnent de l'énergie, cette quantité d'énergie peut atteindre 1 – 10 eV, tandis que celle du gaz résiduel reste équivalente à la température ambiante. Les électrons hautement énergétiques génèrent un plasma peuplé d'électrons libres, d'ions et de radicaux.

Le plasma non thermique peut servir à traiter les effluents gazeux nauséabonds à la pression et température ambiante. Les radicaux présents dans le plasma réagissent avec les polluants qui, après avoir été fragmentés et oxydés, produisent des composants moins nauséabonds. Les radicaux les plus actifs de ce procédé sont composés d'azote, d'oxygène et d'hydroxyle. Ces espèces proviennent de l'azote, de l'oxygène et de l'eau des effluents gazeux.

Les systèmes de traitement industriel sont basés sur la décharge électrique, où le plasma à l'intérieur des effluents gazeux est créé par des tensions élevées (jusqu'à 40 kV).

La Figure 4.78 illustre une réalisation sur mesure d'un système de traitement au plasma non thermique.

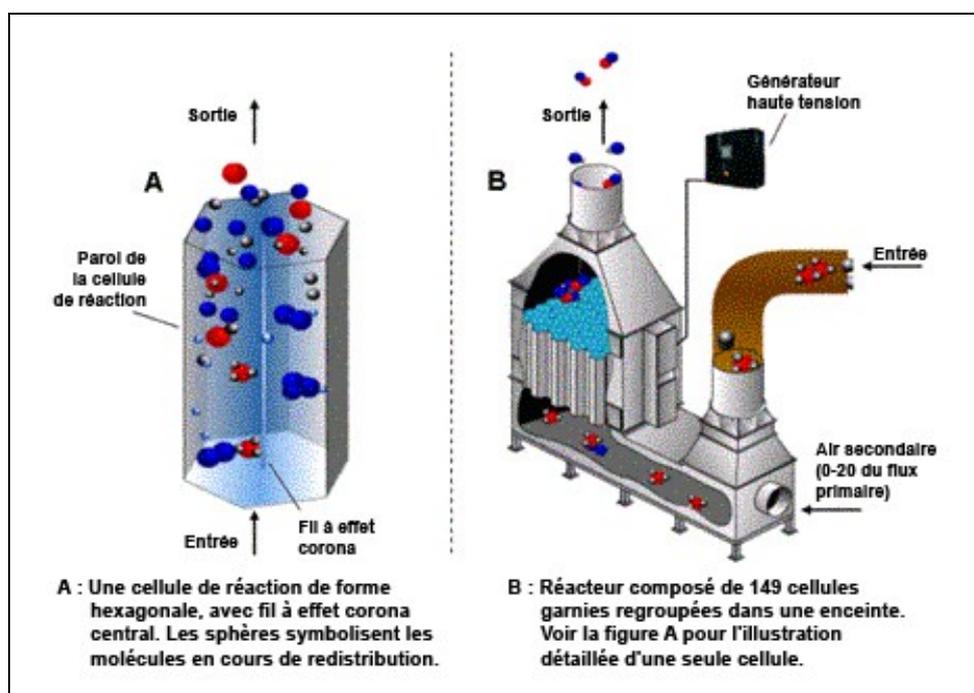


Figure 4.78 : Équipements de traitement industriel au plasma non thermique

Les équipements dédiés au traitement au plasma non thermique des odeurs sont de conception modulaire, de construction légère et compacte. Un module traite des volumes d'air de 20 000 – 25 000 Nm³/h. Lorsque d'importants volumes doivent être traités, on peut installer plusieurs modules en parallèle. La technique ne nécessite pas d'additifs de procédé ou de consommables d'exploitation, hormis l'électricité. Le module présente une faible perte de pression, dans la plage de 30 – 180 Pa. On peut l'installer côté aspiration ou côté refoulement du principal ventilateur d'aspiration d'air.

Arguments motivant la mise en application

Réduction des odeurs.

Interactions entre les milieux

Il faut de l'énergie pour créer le plasma et pour acheminer de l'air dans le mélange gazeux, pour le procédé, le refroidissement et la condensation de l'eau. La technique produit de l'ozone et des eaux usées polluées, par exemple par des poussières.

Données d'exploitation

La technique a prouvé qu'elle réduisait les émissions d'odeur de 75 – 96 %, selon la conception, les conditions de procédé et les caractéristiques des odeurs. Le Tableau 4.135 répertorie des données concernant des exemples d'installation de farines de poisson.

Industrie	Nb d'échantillons	Odeurs en entrée (moyenne) (OU/m ³)	Odeurs en sortie (moyenne) (OU/m ³)	Réduction moyenne (plage) (%)
Farines de poisson	3	15 833	3 233	80 (± 4)
Farines de poisson	3	16 350	1 600	90 (± 1)

Tableau 4.135 : Réduction des odeurs avec un traitement au plasma non thermique

On a noté que la consommation électrique s'élevait à 6 – 12 kW (1,67 – 3,33 J/h) pour un volume traité de 20 000 – 25 000 Nm³/h (un module). Ces chiffres comprennent l'électricité consommée par le générateur haute tension, mais ils excluent celle consommée par le ventilateur principal destiné à compenser la perte de pression (30 – 180 Pa) de l'unité, ainsi que l'énergie requise par une alimentation d'air supplémentaire. L'installation peut avoir besoin d'air supplémentaire pour maintenir un niveau suffisant de radicaux dans le mélange gazeux et éventuellement pour refroidir les gaz à la température la plus performante pour la technique, c'est-à-dire entre 15 et 80 °C, ou bien pour condenser le flux d'eau montant de l'unité de traitement. Le besoin en air supplémentaire peut atteindre 20 % du volume traité, et il est normalement fourni par un ventilateur dédié à cet effet.

L'ozone est généré dans le réacteur de plasma et rejeté dans l'atmosphère. Dans les applications industrielles, les niveaux d'ozone restent bien en dessous d'un ppm par volume, bien que ces valeurs ne soient pas suivies après la mise en service. Il n'y a pas d'émissions de NO_x et de SO_x en quantités détectables car les composés inorganiques comme le NH₃ et le H₂S ne sont pas efficacement détruits.

Le Tableau 4.136 répertorie quelques données communiquées par diverses industries du secteur FDM.

Pays appliqué	Industrie	Source traitée	Volume traité (Nm ³ /h)	Installé (année)
Danemark	Farines de poisson	Extrudeurs, séchoirs, refroidisseurs	22 000	2000
Danemark	Pois secs et produits à base de pois	Extrudeurs, séchoirs, refroidisseurs, concasseurs à marteau	25 000	2001
Danemark	Protéines	Séchoirs	25 000	2002
Danemark	Extraction de l'huile	Séchoirs	25 000	2002
Danemark	Alimentation animale	Séchoirs, refroidisseurs	50 000	2002
Allemagne	Stérilisation d'aliments poisson		6 000	2003
Grèce	Farines de poisson	Extrudeurs, séchoirs, refroidisseurs	44 000	2000
Grèce	Aliments poisson	Séchoirs et refroidisseurs	22 000	2004

Norvège	Farines de poisson	Extrudeurs, séchoirs, refroidisseurs	1 750 000	1998
Norvège	Farines de poisson	Extrudeurs, séchoirs, refroidisseurs	115 000	1998
Norvège	Farines de poisson	Extrudeurs, séchoirs, refroidisseurs, concasseurs à marteau	40 000	2000
Japon	Farines de poisson	Séchoirs et refroidisseurs	20000	2004
États-Unis	Farines de poisson et aliments pour animaux de compagnie	Extrudeurs, séchoirs, refroidisseurs	25000	2002

Tableau 4.136 : Volumes traités dans des installations qui appliquent le plasma non thermique pour diminuer les odeurs

Comme beaucoup de techniques « end-of-pipe », celle-ci est également plus performante pour traiter un flux fortement concentré que pour une faible concentration de polluants.

Des tests de terrain réalisés sur des compositions olfactives spécifiques déterminent la conception de l'installation et les garanties offertes. L'installation grandeur nature doit traiter des molécules olfactives très différents, par exemple à cause des changements de matières premières ou des concentrations de composants. Ces facteurs peuvent influencer les performances. Pour résoudre ce problème, on adapte le système en mettant en place différents réglages en fonction des produits / recettes, automatiquement contrôlés à partir de la centrale de commande de l'installation.

On note que la technique fonctionne bien avec une humidité maximale de 100 %. Une entreprise relate que, lorsque les effluents gazeux étaient saturés d'eau (> 100 % d'humidité), cette condition a fait « pleuvoir » dans le réacteur. Les gouttelettes d'eau dans la chambre de réaction ont entraîné de fréquentes projections d'étincelles dans la zone de réaction, provoquant une alimentation énergétique réduite dans le flux d'air, ce qui a réduit les performances de nettoyage. Dans ce genre de situations, on peut réduire la puissance du système pour limiter la quantité de projections d'étincelles à un niveau acceptable, par exemple ≤ 20 étincelles/mn. Dans le cas décrit, le rendement de nettoyage obtenu était encore suffisamment bon pour satisfaire aux exigences des pouvoirs publics pour les émissions d'odeur totales permises. Ainsi, le client a accepté les performances sans modifier le système. Ce type de problème se résout normalement en ajoutant et mélangeant 20 % d'air froid maximum pour stimuler la condensation et en installant un filtre à brouillard en amont de l'unité de traitement à plasma. Cette modification a été réalisée dans plusieurs installations.

Au-dessus de 80 °C, les performances de la technique recule de manière notoire à cause des caractéristiques électrochimiques des effluents gazeux. On limite donc la température d'entrée à 70 °C. Les flux d'air plus chauds peuvent être refroidis en ajoutant de l'air à température ambiante.

Les équipements sont conçus sous la forme de modules, pour traiter un certain volume d'air, normalement 20 000 m³/h/module. Pour des volumes plus importants, on peut monter plusieurs modules en parallèle. Toutefois, si le flux réel s'écarte beaucoup des paramètres d'étude, ceci peut nuire aux performances.

Outre la destruction des odeurs, le réacteur au plasma agit également comme précipitateur électrostatique. Si le flux d'air est chargé de poussières, il se formera à la longue une accumulation de poussières dans la chambre de réaction et sur la résistance à effet de couronne. Cette vitesse de formation sera liée à la charge poussiéreuse et aux propriétés des poussières. On sait par expérience que la technique du plasma est efficace à des charges poussiéreuses inférieures à 25 mg/Nm³. Dans ces conditions, le réacteur peut fonctionner en continu pendant plusieurs mois, période au bout de laquelle un nettoyage est normalement obligatoire. Pour cette

raison, de nombreuses applications industrielles sont équipées d'un dispositif de nettoyage humide en fonctionnement (semi) automatique pendant les arrêts de production. Il envoie les poussières collectées vers une SEEU. Une charge de poussières très importantes risque de colmater les équipements, qu'il faut alors nettoyer plus souvent. De plus, une concentration de poussières élevée dans les effluents gazeux augmentera les productions d'étincelles, ce qui risque de nuire au nettoyage des odeurs. Normalement, ces fortes concentrations apparaissent uniquement en cas de panne du dispositif d'abattement des poussières monté en amont.

Domaines d'application

Le traitement au plasma non thermique peut servir de solution de traitement « end-of-pipe » des effluents gazeux nauséabonds dans l'industrie FDM, entre autres les émissions produites par les extrudeurs, les séchoirs, les refroidisseurs et les concasseurs à marteaux. La technique est appliquée à différents types d'effluents gazeux, y compris ceux contenant des poussières, bien qu'il faille également installer en amont un dispositif d'abattement des poussières. Les effluents gazeux les plus nauséabonds contiennent un mélange de composés organiques et inorganiques. Le procédé au plasma donne de bons résultats pour les composés organiques, mais il est moins performant dans l'élimination de certains composés inorganiques, comme le NH_3 et le H_2S . Ceci est dû au fait que les densités énergétiques actuelles ne sont pas suffisamment puissantes pour fragmenter ces composés. Le procédé oblige à protéger les équipements contre une condensation d'eau importante.

En raison des changements concernant la conductivité des effluents gazeux, la technique du plasma non thermique est moins efficace à des températures gazeuses supérieures à 80 °C.

Il subsiste des points d'interrogation sur la fiabilité et les performances de cette technique, ainsi que d'éventuels problèmes de sécurité lorsqu'elle est appliquée à des flux d'air à risques d'explosion. À l'heure de la rédaction de ce texte, son application et ses performances dans le secteur FDM sont toujours en cours d'analyse.

Données financières

Selon les fabricants des dispositifs techniques, un module (traitant entre 2000 et 25 000 Nm^3/h) coûte environ 1 million de NOK, soit 117 000 EUROS (mars 2004). Ce prix englobe les équipements, le service électromécanique et la mise en service par le fournisseur, mais il exclut l'installation mécanique. La maintenance annuelle représente entre 3 à 5 % des coûts d'investissements. Les consommables comprennent l'électricité et de faibles volumes d'eau de rinçage.

Exemples de site

Dans l'industrie FDM, on note que la technique a été appliquée à l'échelle industrielle dans plusieurs usines de farines de poisson et dans la production de produits à base de pois, d'aliments pour animaux de compagnie, de protéines, d'aliments pour bétail et d'extraction de l'huile. Elle a également été utilisée dans au moins une déchetterie au Danemark, une usine de fabrication de fumier et un laboratoire pharmaceutique en Norvège. Elle a été choisie pour son nettoyage électrostatique dans au moins une installation de carbure de silicium en Norvège.

Bibliographie de référence

[146, Leendertse. A., 2003, 193, Leendertse A. and Haaland A.T, 2003]

4.4.3.13 Dispersion physique des odeurs / émissions de COV

On utilise parfois la technique de dispersion via les installations du site, par exemple en ayant recours à une cheminée de rejets de chaudière haute. Si les émissions nauséabondes ne sont pas nocives, la réglementation considère l'impact et non le contrôle à la source. En d'autres termes, l'obligation de traiter une émission nauséabonde est fonction de l'impact qu'elle a sur l'environnement avoisinant après sa dispersion dans l'atmosphère. Les contrôles de la dispersion des émissions dans l'atmosphère prennent normalement en compte la prévention des réclamations et les exigences concernant les émissions olfactives et leur composition, par exemple leur éventuelle teneur en COV.

À titre d'exemple, on peut obtenir des concentrations basses au niveau du sol sans devoir réduire l'intensité des émissions olfactives, mais simplement en améliorant leur dispersion dans l'atmosphère. L'ajout d'un composant parfumé, par exemple un agent masquant, est une autre option de traitement physique des odeurs, mais elle n'est pas recommandée.

La dispersion d'un rejet dans l'atmosphère, et donc sa concentration olfactive au niveau du sol, est fonction de divers facteurs :

- Les conditions climatiques dominantes
- La hauteur des rejets
- La situation des bâtiments ou infrastructures avoisinantes
- La température de la cheminée (force ascensionnelle thermique)
- Le débit nominal de la cheminée
- La conception de la cheminée de rejets.

À l'exception des conditions climatiques dominantes, les facteurs susmentionnés peuvent être modifiés dans l'intention d'améliorer la dispersion des rejets. L'influence de ces facteurs peut être examinée par une modélisation informatique qui calcule les concentrations olfactives au niveau du sol. La modélisation permet de connaître l'impact de la hauteur de la cheminée ou d'évaluer quantitativement l'augmentation de la vitesse du rejet par rapport aux concentrations au niveau du sol.

Cette section et ses sous-sections font référence à l'utilisation de modélisations informatiques pour connaître les conditions de rejet optimales dans le but de réduire au maximum les concentrations olfactives au niveau du sol. Les modèles ne sont pas présentés dans ce document. Il existe par ailleurs des équations pour calculer les caractéristiques optimales d'une cheminée, qui peuvent alors être déterminées sans avoir recours à un logiciel de modélisation onéreux. Pouvant être utilisées à titre indicatif, ces procédures peuvent donc servir de moyen de contrôle initial pour voir si on peut augmenter la hauteur ou le débit nominal de la cheminée. On peut également évaluer si ces modifications pourront être facilement mises en pratique.

4.4.3.13.1 Prolongation de la cheminée de rejets

Description

Les bâtiments ou les infrastructures se trouvant à proximité de la cheminée peuvent souvent nuire à la dispersion des rejets et, dans certains cas, donner lieu au phénomène désigné par le terme « encrage du panache », où les rejets sont aspirés vers le bas sous l'influence des structures avoisinantes. Les modèles de dispersion dans l'air peuvent tenir compte de l'influence potentielle de ces ouvrages.

Arguments motivant la mise en application

Réduction des problèmes olfactifs dans le voisinage de la source olfactive.

Interactions entre les milieux

Atteinte à l'esthétique par la présence de cheminée (s). La production et l'émission de substance(s) nauséabonde(s) n'a pas été supprimée ou réduite.

Données d'exploitation

Ce procédé tient normalement compte de la hauteur, de la largeur et de la longueur du bâtiment. Concrètement, dans la « modélisation informatique de la brise » validée par l'Agence de la protection de l'environnement américaine, la hauteur et la largeur projetée maximale des bâtiments voisins sont corrélées. La largeur projetée maximale correspond à la longueur de la diagonale (L) entre les coins les plus éloignés du bâtiment, à sa hauteur maximale. La procédure consiste à dessiner un rayon de $5 \times L$ à partir du bâtiment / de l'ouvrage. Si les rejets de cheminée tombent à l'intérieur de $5 \times L$ du bâtiment / de l'ouvrage voisin, la présence de ce bâtiment est susceptible de nuire à la dispersion des rejets de la cheminée proche. En revanche, si les rejets de cheminée se situent hors du rayon $5 \times L$, le bâtiment / l'ouvrage n'aura aucun effet sur la dispersion.

La procédure permet ensuite à l'exploitant de déterminer la hauteur de cheminée requise pour que son action ne soit pas entravée par le bâtiment / l'ouvrage. La procédure consiste à comparer la longueur de la diagonale (L) à la hauteur du bâtiment / de l'ouvrage puis d'utiliser la plus petite de ces deux mesures dans l'équation suivante pour déterminer la hauteur de cheminée nécessaire pour ne pas subir l'influence du bâtiment / de l'ouvrage.

$$h_c = h_b = 1.5 \times L$$

Soit

h_c = Hauteur de cheminée requise

h_b = Hauteur du bâtiment / de l'ouvrage

L = Longueur de la diagonale

On peut se servir de cette procédure pour simplement vérifier si des rejets de cheminée existants sont influencés par un bâtiment / ouvrage voisin. L'analyse indique si un prolongement de la cheminée serait une option viable. Dans cette éventualité, il faudra tenir compte des hauteurs limite imposées par la réglementation urbanistique, outre l'obligation de renforcer les structures de soutènement.

Domaines d'application

Applicable à toutes les installations FDM émettant des odeurs nauséabondes qui ne sont pas polluantes mais qui présentent des nuisances olfactives.

Données financières

Technique bon marché.

Bibliographie de référence

[34, Willey A R and Williams D A, 2001]

4.4.3.13.2 Augmentation du débit nominal de la cheminée

Description

L'importance du débit des émissions finales dans l'atmosphère peut avoir un effet majeur sur l'impact au niveau du sol d'un flux nauséabond. Une augmentation de débit produira une vitesse ou une force ascensionnelle accrue des émissions. En atteignant de nouvelles hauteurs, les rejets pourront ainsi mieux se disperser dans l'atmosphère et réduire la concentration au sol.

Arguments motivant la mise en application

Réduction des odeurs.

Interactions entre les milieux

Consommation d'énergie.

Données d'exploitation

Normalement, la vitesse des rejets finaux d'une cheminée est prévue entre 10 et 20 m/s, la norme industrielle étant de 15 m/s. Des vitesses inférieures à 10 m/s sont susceptibles d'offrir une mauvaise dispersion, tandis que des vitesses supérieures à 20 m/s peuvent revenir chers en raison du ventilateur d'aspiration et des coûts d'exploitation. En outre, les vitesses supérieures à 20 m/s risquent de produire d'importantes nuisance sonores car les rejets créent un sifflement.

Par ailleurs, certaines installations peuvent faire l'objet de restrictions de vitesse. Dans les documents d'orientation, il est courant que des rejets d'une unité de séparation humide, telle qu'un dépoussiéreur à l'eau, soient limités à 9 m/s. Cette contrainte est conçue pour empêcher le transfert d'une quantité non négligeable de gouttelettes d'eau, ce qui créerait un effet de fontaine.

Le débit nominal de la cheminée peut diminuer de manière notable si la voie des rejets est physiquement limitée. Les restrictions font baisser la vitesse du panache pendant le rejet. Beaucoup de cheminées de rejets comportent un cône fixé sur l'orifice pour empêcher la pluie de pénétrer dans le procédé par la cheminée. L'air de procédé rejeté est ainsi forcé vers l'extérieur à un angle de 90° au lieu de sortir à la verticale, ce qui fait perdre au flux une force

considérable. Si on omet les protecteurs contre la pluie, la conception de la cheminée doit alors tenir compte des eaux de pluie et de leur collecte.

Domaines d'application

Applicable à toutes les installations FDM .

Données financières

Technique bon marché.

Bibliographie de référence

[34, Willey A R and Williams D A, 2001]

4.5 Traitement « end-of-pipe » des eaux usées

Le traitement des eaux usées est un traitement « end-of-pipe » nécessaire parce que les eaux usées proviennent de différentes sources, comme l'eau de véhicules, l'eau de nettoyage des équipements et installations et l'eau de lavage des matières premières. Les eaux usées proviennent également par exemple de l'évaporation ou du séchage d'aliments. Les SEEU consomment de l'énergie et génèrent des résidus qui doivent habituellement être mis en décharge.

Le traitement des eaux usées s'applique après que les opérations « intégrées au procédé » ont réduit à la fois la consommation et la pollution de l'eau.

Le chapitre 2 aborde les opérations des unités de transformation utilisées dans le secteur FDM, mais ne comprend pas les processus fondés sur les techniques de traitement « end-of-pipe ». Les sections suivantes traitent de questions générales concernant les eaux usées FDM et de leurs traitements. Les traitements les plus courants sont décrits individuellement ; suivent ensuite des informations sur l'épuration des eaux usées dans certaines filières FDM.

Les techniques largement applicables au secteur FDM apportent des bénéfices à l'environnement, tels que la réduction des déchets, et elles peuvent présenter certains ou l'ensemble des avantages suivants :

- Réduction du volume
- Réduction de la force
- Élimination ou réduction de la concentration de certaines substances
- Meilleur recyclage ou réutilisation.

Ces techniques sont traitées dans l'ensemble du présent document. Certaines sont applicables à l'ensemble du secteur FDM, d'autres concernent uniquement certaines opérations ou branches.

Le chapitre 2 aborde les opérations des unités de transformation utilisées dans le secteur FDM mais ne comprennent pas les opérations d'unité intervenant dans les techniques de traitement « end-of-pipe ». Par conséquent, cette section couvre les techniques d'abattement destinées au traitement d'effluents liquides dans le secteur FDM. Ces techniques comprennent les techniques jugées MTD ou non MTD. Les sous-sections 4.5.2 à 4.5.6.1.5 comprise traitent des techniques généralement utilisées dans les plupart des branches. Les sections 4.5.7 à 4.5.7.9 comprise abordent leur application dans quelques branches individuelles.

Plusieurs facteurs interviennent dans le choix de traitement des eaux usées, les plus importants étant :

- Le volume et la composition des eaux usées rejetées
- La situation locale, à savoir qui collecte les rejets, par exemple une SEEUM, une rivière, un estuaire, un lac, une mer, ainsi que toutes les contraintes afférentes au rejet
- Les données financières
- Le prélèvement des polluants, entre autres les substances dangereuses telles que définies dans la Directive du Conseil 76/464/EEC [206, EC, 1976] et les substances dangereuses prioritaires telles que définies dans la Directive 2000/60/EC [207, EC, 2000].

4.5.1 Rejet des eaux usées provenant des installations

Lors du choix de la solution de rejet, de nombreux facteurs doivent être pris en compte, entre autres :

- Les eaux usées sont propres ou contaminées
- L'espace disponible au traitement sur le site
- La proximité et la capacité du (des) SEEU hors site
- La proximité et les caractéristiques des eaux réceptrices potentielles
- La disponibilité hors site d'autres installations de traitement ou de mise en décharge
- Les frais de traitement sur site comparés aux coûts de traitement / mis en décharge externes
- Les performances relatives des traitements sur le site et hors site, par exemple dans la réduction de la charge
- L'analyse des risques environnementaux associés à chaque solution
- La mise en décharge de déchets auxiliaires provenant du traitement sur le site
- La possibilité d'exploiter et d'entretenir une installation de traitement sur le site
- Les négociations avec les autorités délivrant les permis et / ou l'exploitation des SEEU, ainsi que les conditions d'autorisation envisagées
- Tendances prévisionnelles du volume et de la composition des eaux usées
- Proximité des riverains.

Les principales solutions de rejet des eaux usées d'une entreprise sont les suivantes :

- À l'extérieur du site sans traitement, par exemple dans une SEEUM
- À l'extérieur du site après un traitement partiel, par exemple dans une SEEUM
- Dans un cours d'eau après traitement complet SEEU sur le site
- Réutilisation hors site de certains flux d'eaux usées, par exemple comme flux d'alimentation d'autres industries, ou pour l'irrigation
- Utilisation sur le sol, hors site (voir la section [4.1.6](#)).

[13, Environment Agency of England and Wales, 2000]

Lorsque l'installation doit être proche de la source de matières premières, par exemple si elle doit se situer dans un endroit retiré, il se peut qu'il n'y ait pas d'autres solutions que de réaliser le traitement complet et de rejeter les eaux usées dans un cours d'eau local. Dans la majorité des cas, au moins deux solutions méritent toutefois un examen approfondi. La décharge des eaux usées peut représenter un facteur majeur dans le choix du site d'une nouvelle installation.

Le traitement individuel des flux d'eaux usées sur le site présente les avantages suivants :

- Plus de flexibilité en cas de hausses de production, ou pour réagir à des conditions changées
- Les dispositifs de traitement à la source sont habituellement réalisés sur mesure et sont donc performants
- Les opérateurs des unités de production adoptent un comportement plus responsable envers le traitement des eaux usées lorsqu'ils sont responsables de la qualité de leurs propres rejets.

On note les avantages suivants apportés par le traitement d'eaux usées combinées / mélangées dans une unité sur le site ou hors site :

- Mise à profit des effets apportés par le mélange, comme la température ou le pH
- Moindre coûts d'investissements grâce aux économies d'échelle
- Utilisation plus rentable des produits chimiques et des équipements, ce qui fait baisser les coûts d'exploitation relatifs
- Dilution de certains contaminants qui pourraient être difficiles à traiter individuellement, comme les graisses émulsifiées et les sulfates.

Le traitement des eaux usées dans une SEEU hors site présente les avantages mentionnés ci-dessus, à condition que :

- le traitement dans le SEEU hors site soit aussi performant que le traitement sur le site, notamment en termes de charge, mais pas en concentration, de chaque substance vers l'eau de réceptrice ;
- la probabilité que l'installation de traitement soit contournée soit raisonnablement faible (via des trop-plein de surface / d'urgence, ou dans des stations de pompage intermédiaires)
- un programme adéquat ait été mis en place pour surveiller le rejet des effluents dans une SEEU hors site, en tenant compte de l'inhibition potentielle de tout procédé biologique en aval.

[13, Environment Agency of England and Wales, 2000]

De plus, les eaux usées FDM peuvent être bénéfiques à la SEEU hors site en raison de leur biodégradabilité.

4.5.1.1 Application des techniques de traitement des eaux usées

Dans les sections suivantes, les descriptions des différentes techniques de traitement des eaux usées montrent les séquences normalement suivies par les techniques pour obtenir progressivement des eaux usées de meilleure qualité. En raison de la nature des matières premières utilisées et des produits fabriqués, les eaux usées générées par le secteur FDM sont essentiellement et naturellement biodégradables. Toutefois, les agents nettoyants et désinfectants peuvent poser des problèmes s'ils sont difficilement dégradables. Le Tableau 4.137 répertorie les techniques de traitement des eaux usées décrites et le Tableau 4.138 reprend leur application type dans le secteur FDM.

DCOe	Technique	Section
Traitements primaires		
T1	Criblage	Voir section 4.5.2.1
T2	Piège à graisses pour retirer les FOG et hydrocarbures légers	Voir section 4.5.2.2
T3	Égalisation flux et charges	Voir section 4.5.2.3
T4	Neutralisation	Voir section 4.5.2.4
T5	Décantation	Voir section 4.5.2.5
T6	Flottation par air dissous	Voir section 4.5.2.6
T7	Bassin de détournement (urgence)	Voir section 4.5.2.7
T8	Centrifugation	Voir section 4.5.2.8
T9	Précipitation	Voir section 4.5.2.9
Traitements secondaires		
T10	Boues activées	Voir section 4.5.3.1.1
T11	Systèmes d'oxygène pur	Voir section 4.5.3.1.2
T12	RBS	Voir section 4.5.3.1.3
T13	Lagunes aérobie	Voir section 4.5.3.1.4
T14	Filtres percolateurs	Voir section 4.5.3.1.5
T15	Biotours	Voir section 4.5.3.1.6
T16	RBC	Voir section 4.5.3.1.7
T17	BAFF – SBAF	Voir section 4.5.3.1.8
T18	Filtres haut débit	Voir section 4.5.3.1.9
T19	Lagunes anaérobie	Voir section 4.5.3.2.1
T20	Procédés par contact anaérobie	Voir section 4.5.3.2.2
T21	Filtres anaérobie	Voir section 4.5.3.2.3
T22	UASB	Voir section 4.5.3.2.4
T23	Réacteurs IC	Voir section 4.5.3.2.5
T24	UASB hybride	Voir section 4.5.3.2.6
T25	Réacteurs à lit fluidifié et expansé	Voir section 4.5.3.2.7
T26	EGSB	Voir section 4.5.3.2.8
T27	MBR	Voir section 4.5.3.3.1

T28	Systèmes multi-séquences	Voir section 4.5.3.3.2
Traitements tertiaires		
T29	Nitrification / dénitrification biologique	Voir section 4.5.4.1
T30	Extraction d'ammoniac	Voir section 4.5.4.2
T31	Élimination du phosphore par des méthodes biologiques	Voir section 4.5.4.3
T32	Élimination de substances dangereuses et à risques prioritaires	Voir section 4.5.4.4
T33	Filtration	Voir section 4.5.4.5
T34	Filtration à membrane	Voir section 4.5.4.6
T35	Filtres nitrifiant biologiques	Voir section 4.5.4.7
T36	Désinfection et stérilisation	Voir section 4.5.4.8
Traitements naturels		
T37	Zones humides artificielles intégrées	Voir section 4.5.5.1
Traitements des boues		
T38	Transformation des boues	Voir section 4.5.6.1.1
T39	Stabilisation des boues	Voir section 4.5.6.1.2
T40	Épaississement des boues	Voir section 4.5.6.1.3
T41	Déshumidification des boues	Voir section 4.5.6.1.4
T42	Séchage des boues	Voir section 4.5.6.1.5

Tableau 4.137 : Quelques techniques de traitement des eaux usées

Type d'émission	Technique
Matière organique soluble (DBO/DCO)	T10, T11, T12, T13, T14, T15, T16, T17, T18, T20, T21, T22, T23, T24, T25, T26, T27, T32, T37
Total MES	T1, T5, T8, T9, T33, T34, T37
Acides / alcalis	T3, T4
FOG (libre)	T1, T2, T5, T6 ¹ , T8 ¹ , T9
FOG (émulsifié)	T10, T12, T13, T14, T19, T20, T21, T28
Azote ²	T10, T11, T12, T13, T14, T15, T16, T29, T30, T35, T37
Phosphore	T9, T10, T12, T14, T15, T16, T31, T37
Substances dangereuses et à risques prioritaires	T5, T9, T10, T14, T32
¹ Améliorée en utilisant des produits chimiques	
² Comprend l'élimination de l'ammoniaque	

Tableau 4.138 : Application type de quelques techniques de traitement des eaux usées dans le secteur FDM [1, CIAA, 2002]

Les eaux usées générées par le secteur FDM comportent les caractéristiques type suivantes :

- Solides (gros et fins, dispersés / en suspension)
- pH bas et élevé
- Graisses / huiles comestibles libres
- Matières émulsifiées, comme les graisses / huiles comestibles
- Matières organiques biodégradables solubles, comme les DBO
- Substances volatiles, comme l'ammoniac et les matières organiques
- Aliments pour plantes, comme le phosphore et / ou l'azote
- Pathogènes, comme les eaux vannes
- Métaux lourds
- Matières organiques non biodégradables dissoutes.

Après le traitement, les eaux usées atteignent la qualité donnée dans le Tableau 4.139. Certaines industries peuvent connaître des niveaux de rejets plus faibles. Les sections 4.5.7 à 4.5.7.9

offrent des informations sur certains secteurs. Il se peut que des niveaux d'émissions plus strictes soient demandés par certaines conditions locales.

Paramètre	Concentration (mg/l)
DBO ₅	<25
DCO	<125
TSS	<50
pH	6 – 9
Huiles et graisses	<10
Azote total	<10
Phosphore total	<5
Bactéries coliformes	400 MPN/100 ml*
MPN = most probable number (nombre le plus probable) * Branches de la viande et du lait On peut obtenir de meilleurs niveaux de DBO ₅ et de DCO. Selon les conditions locales, il n'est pas toujours possible ou rentable d'obtenir les niveaux d'azote et de phosphore globaux indiqués	

Tableau 4.139 : Qualité normale des eaux usées FDM après le traitement
 [140, World Bank (IBRD), et al., 1998]

Les eaux usées produites par les différentes branches peuvent varier considérablement dans leur composition et leur niveau de pollution, et les industriels peuvent mettre en oeuvre différents procédés de traitement. Le Tableau 4.140 présente un récapitulatif de certaines méthodes utilisées dans différentes branches. Les eaux usées fortement polluées sont souvent traitées par un groupe de procédés.

	Viande	Pommes de terre	Fruits et légumes	Huiles végétales	Produit laitier	Amidon	Confiserie	Sucre	Brassage	Maltage	Boissons alcoolisées et non alcoolisées	Distilleries et spiritueux	Vins et vins cham-pagnisés
Traitements primaires													
Criblage	Oui	Oui	Oui		Oui	Oui	Oui		Oui	Oui	Oui	Oui	Oui
Décantation		Oui	Oui		Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	
DAF	Oui	Oui		Oui	Oui	Oui	Oui				Oui		
Piège à graisses	Oui	Oui		Oui	Oui	Oui	Oui				Oui		
Centrifugation				Oui		Oui							
Égalisation flux charge	Oui		Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui		Oui
Précipitation				Oui	Oui	Oui	Oui			Oui	Oui		
Neutralisation			Oui	Oui	Oui	Oui	Oui		Oui		Oui	Oui	Oui
Traitements secondaires													
Traitement aérobie	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui		Oui
Traitement anaérobie	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui
Boues activées	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui		Oui
Boues activées multi-séquences	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui		Oui		Oui	Oui	Oui	
RBS	Oui*		Oui*	Oui	Oui	Oui**		Oui	Oui	Oui	Oui		Oui
Filtres percolateurs	Oui	Oui	Oui			Oui***		Oui	Oui	Oui	Oui		Oui
Lagunes aérobies		Oui	Oui		Oui	Oui***		Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	
Oui = Traitement appliqué dans cette branche * Utilisé aux Pays-Bas ** Réacteurs de charge anaérobies *** Associé à un traitement anaérobie													

Tableau 4.140 : Récapitulatif des procédés de traitement des eaux usées mis en œuvre dans différentes branches [65, Germany, 2002]

4.5.2 Traitements primaires

Dans le présent document, le terme **traitement primaire** désigne ce qui est appelé parfois traitement primaire, traitement préliminaire ou prétraitement.

4.5.2.1 Criblage (T1)

Description

Une fois que les solides sont éliminés avec les techniques intégrés au procédé et ne peuvent pas pénétrer dans les eaux usées, en utilisant par exemple des collecteur de déchets recouvrant les points d'évacuation à l'intérieur de l'installation (voir les sections 4.1.7.6, 4.3.1 et 4.3.1.1), d'autres solides peuvent encore être éliminés dans les eaux usées par criblage. Il est possible d'enlever de grandes quantités de FOG non émulsifiées si le criblage est accompagné de mesures techniques et opératoires pour éviter le colmatage.

Un écran de criblage est un dispositif muni d'orifices généralement uniformes et destiné à retenir les solides grossiers présents dans les eaux usées. L'élément de criblage comprend des barres, des barreaux ou des fils métalliques parallèles, du grillage, du treillis métallique ou une plaque perforée. Les orifices peuvent avoir n'importe quelle forme, mais ils se présentent généralement sous la forme de cercles ou de fentes rectangulaires. Pour retenir les matières très grossières avant le criblage plus fin, les barreaux peuvent être espacés de 60 à 20 mm. Pour retirer des particules plus petites, comme les morceaux de légume, par exemple des pois et des fèves dans une conserverie, l'espacement des barreaux ne dépasse normalement pas 5 mm. Les orifices des écrans de criblage automatiques sont compris entre 0,5 mm et 5 mm, la taille la plus courante étant 1 – 3 mm. On a constaté que les orifices plus petits (1 – 1,5 mm) entraînent moins de colmatage que les plus grands (2 – 3 mm).

Les principaux types de crible utilisés sont les cribles statiques (grossier ou fin), vibrants et rotatifs.

Les écrans statiques, brossé ou baissés, peuvent comporter des barreaux verticaux ou une plaque perforée. Ce type d'écran statique doit être nettoyé manuellement ou automatiquement.

Les écrans vibrants doivent faire des mouvements rapides pour être efficaces. Ils sont normalement destinés à des traitements primaires associés au recyclage des sous-produits, notamment des solides dont la teneur en humidité est faible, et de préférence lorsque les eaux usées ne contiennent pas de graisses. Les écrans vibrants fonctionnent entre 900 et 1 800 t/mn ; Le mouvement peut être circulaire, rectangulaire ou carré, avec une course totale de 0,8 – 12,8 mm. La vitesse et le mouvement peuvent être sélectionnés en fonction de l'application. Pour sélectionner l'écran vibrant adapté, il est de première importance de choisir le bon rapport entre la résistance des fils et le pourcentage de vide. Les performances des écrans vibrants découlent du pourcentage de vide du matériau d'écran.

Les écrans rotatifs ou écrans tambours reçoivent les eaux usées à une extrémité et rejettent les solides à l'autre. Le liquide traverse l'écran et sort pour arriver dans une boîte collectrice pour être acheminé vers l'avant. L'écran est habituellement nettoyé par un jet continu produit par des buses de pulvérisation externes inclinées vers l'extrémité de rejet des solides. Ce type d'écran est performant avec les flux qui contiennent un volume de corps solides relativement important. Des micro-écrans séparent mécaniquement les particules solides des eaux usées à l'aide de textile aux points microscopiques. Le paramètre opératoire le plus important est la perte de pression, c'est-à-dire la perte de pression de service. On a constaté que la meilleure séparation avait lieu entre 5 et 10 mbars.

Arguments motivant la mise en application

Réduction des niveaux de solides en suspension, de FOG et de DBO/DCO. Récupération de produits, comme la pulpe des fruits dans la branche des fruits et légumes. Moindre risque d'émissions olfactives en aval dans la SEEU.

Interactions entre les milieux

Il peut se produire des émissions olfactives, selon le type et la taille des solides captés.

Données d'exploitation

Le Tableau 4.141 indique la réduction de pollution estimée dans la branche du poisson lorsqu'on utilise des écrans rotatifs à fils métalliques.

Source de pollution	Réduction (%)
Eaux usées de poisson blanc	10 – 20
Eaux usées de poisson gras	30 – 40

Tableau 4.141 : Réduction de la pollution estimée dans la branche du poisson lorsqu'on utilise un écran rotatif à fils métalliques

Dans la branche du poisson; on note que les petites particules solides sont enlevées avec une ceinture de filtration et un écran vibrant comportant un treillis de filtrage de 0,1 mm maximum.

Le colmatage des écrans est un problème courant qui nécessite des nettoyages fréquents. Un **tamis incurvé** peut résoudre ce problème. Cet écran comprend un appareil d'alimentation et une surface concave. Il est **auto-nettoyant** en service. Des baguettes profilées à 90°C sont disposées perpendiculairement au sens d'écoulement de l'eau. Un trop-plein relativement constant permet à l'écran d'exécuter les auto-nettoyages. Les divers segments d'écran sont tous interchangeables. L'espace typique est de 0,02 – 2 mm pour une surface de criblage de 0,1 – 3,0 m² (débit maximal de 300 m³/m²/h). Les écrans incurvés sont souvent utilisés dans les usines de fruits et légumes. On peut également installer des **écrans rotatifs** avec auto-nettoyage. Lorsque le colmatage est dû à des dépôts graisseux présents, comme par exemple dans le secteur de la viande, des produits laitiers et du poisson, on peut avoir régulièrement recours à des nettoyages chimiques et / ou à l'eau chaude.

Domaines d'application

Applicable à toutes les installations FDM.

Données financières

Le criblage évite la mise en oeuvre de traitements supplémentaires, permettant également de faire des économies. Il réduit la quantité de boues produites, qui serait sinon un facteur de coûts supplémentaire générés par leur décharge.

Arguments motivant la mise en application

Diminution des besoins d'assainissement des eaux usées.

Exemples de site

Utilisé dans le secteur de la viande, des fruits et légumes, du poisson, des boissons et des huiles végétales.

Bibliographie de référence

[28, Nordic Council of Ministers, 1997, 65, Germany, 2002, 134, AWARENET, 2002]

4.5.2.2 Piège à graisses destiné à capter les FOG et les hydrocarbures légers (T2)

Description

Si les FOG ne sont pas éliminés avant le traitement biologique aérobie, ils risquent d'entraver le fonctionnement de la SEEU car ils sont difficilement dégradés par les bactéries. Les FOG libres peuvent être séparés de l'eau au moyen d'un piège à graisses (intercepteur de graisses). On utilise un dispositif similaire pour séparer les hydrocarbures légers.

Un développement plus poussé du piège à graisses est le séparateur à plaques parallèles. L'enceinte de séparation contient des plaques inclinées à 45°. Les normes UE des séparateurs destinés aux huiles, graisses et hydrocarbures légers sont en cours d'élaboration (prEN 1825 et prEN 858, Parties 1 et 2).

Arguments motivant la mise en application

Élimination des FOG libres dans les eaux usées. Normalement, le système ne nécessite pas l'ajout d'agents chimiques, ce qui permet de recycler les graisses.

Interactions entre les milieux

Selon le type de pièges à graisses, par exemple sans élimination des graisses en continu, il peut se dégager des odeurs, particulièrement pendant le vidage du piège.

La mise en place de pièges dans les zones de procédés risque de poser des problèmes de sécurité alimentaire. L'eau ne doit pas être trop chaude car elle emporterait les graisses et ferait fondre les graisses déjà recueillies. Il faut prendre en compte les matériaux-chicane et la facilité du nettoyage.

Le dimensionnement des enceintes est critique pour garantir une bonne séparation et pour éviter le risque d'emportement pendant les flux abondants ou anormaux. Il peut être nécessaire de dévier le flux si les flux d'entrée présentent de grandes fluctuations. La facilité de vidage et une maintenance régulière sont des éléments essentiels pour prévenir les problèmes d'odeur.

Données d'exploitation

L'efficacité de la séparation dépend de la température de l'eau. Elle augmente avec une température basse. La présence d'émulsifiants peut également diminuer les performances. On note qu'une efficacité de 95 % en matière de teneur huiles / graisses libres peut être atteinte.

Dans les branches des huiles végétales et des graisses, on note que les séparateurs à plaques parallèles se colmatent très facilement.

Domaines d'application

Applicable aux installations FDM dont les eaux usées contiennent des FOG animales et végétales.

Données financières

On a constaté que les investissements nécessaires étaient compensés par les économies de traitement des eaux usées et de maintenance de l'installation.

Arguments motivant la mise en application

Réduction des problèmes causés par les graisses dans les conduites d'eaux usées et dans les SEEU. Baisse des charges de traitement.

Exemples de site

Utilisé dans les branches de la viande, des huiles végétales et des graisses.

Bibliographie de référence

[65, Germany, 2002, 182, Germany, 2003, 185, CIAA-FEDIOL, 2004, 210, Brechtelsbauer P.,]

4.5.2.3 Égalisation flux – charge (T3)

Description

Les bassins d'égalisation ou de stockage intermédiaire sont normalement destinés à gérer les variations générales des flux et de la composition des eaux usées, ainsi qu'à fournir un traitement correctif, comme le contrôle du pH ou la transformation chimique. Il faut étudier le besoin d'égaliser les effluents liquides pour s'assurer que le flux et la composition des eaux usées sont conformes aux paramètres de la SEEU.

Arguments motivant la mise en application

Permet aux techniques de traitement en aval d'opérer au rendement maximal. Utilise des effets de brassage pour compenser les différences de température ou de pH extrêmes.

Interactions entre les milieux

Une rétention excessive d'eaux usées dans le bassin d'égalisation peut créer de l'acidité et des odeurs.

Données d'exploitation

Il faut pourvoir un brassage et une aération adéquats pour réduire au maximum la formation de boues surnageantes à la surface du bassin d'égalisation et pour maintenir un taux d'oxygène dissous suffisant pour s'assurer que le contenu ne devient pas anaérobie, provoquant des problèmes d'acidité et d'odeurs. Toutefois, lorsque la situation l'exige, on peut installer des dispositifs d'élimination des boues surnageantes. Les bassins d'égalisation ont normalement une durée de rétention comprise entre 6 et 12 heures.

Domaines d'application

Largement applicable dans le secteur FDM.

Données financières

Les coûts de construction et d'exploitation d'un bassin d'égalisation doivent être rapprochés des économies faites si les unités de traitement en aval fonctionnent sans incident.

Arguments motivant la mise en application

Fournir aux procédés de la SEEU située en aval un flux pratiquement homogène.

Exemples de site

Les bassins d'égalisation sont utilisés dans les branches de la viande, des fruits et légumes, de l'amidon, des boissons alcoolisées et non alcoolisées, des huiles végétales, et des graisses.

Bibliographie de référence

[1, CIAA, 2002, 13, Environment Agency of England and Wales, 2000]

4.5.2.4 Neutralisation (T4) et auto-neutralisation

Description

La neutralisation a pour but d'éviter le rejet d'effluents fortement acides ou alcalins. Par ailleurs, elle peut protéger les procédés de traitement des eaux usées situés en aval.

On utilise normalement les substances suivantes pour neutraliser les eaux usées avec un pH bas :

- Calcaire, boues de calcaire ou lait de chaux (chaux hydratée $\text{Ca}(\text{OH})_2$)
- Soude caustique (NaOH) ou carbonate de sodium (Na_2CO_3)
- Échangeurs d'ions (cationique).

On utilise normalement les substances suivantes pour neutraliser les eaux usées avec un pH élevé :

- Introduction de CO_2 , par exemple des gaz de fumées et des gaz issus des procédés de fermentation
- Acide sulfurique (H_2SO_4) ou acide hydrochlorique (HCl)
- Échangeurs d'ions (anionique).

On utilise le terme auto-neutralisation lorsque, dans certains cas, il n'est pas nécessaire d'ajouter des produits chimiques, à cause des dimensions du bassin de neutralisation et en faisant varier de manière adaptées le pH des flux d'eaux usées. Cette situation peut se produire lorsque par exemple certaines laiteries utilisent des solutions de nettoyage acides et alcalines et les envoient dans le bassin de neutralisation.

Arguments motivant la mise en application

La neutralisation évite les effets produits par des eaux usées extrêmement acides ou alcalines, comme la corrosion, la baisse d'efficacité des traitements biologiques et / ou la réduction des propriétés auto-purifiantes des lacs et rivières ; par ailleurs, elle élimine les éventuels problèmes d'exploitation posés aux autres usagers de l'eau.

Interactions entre les milieux

En raison de l'ajout de produits chimiques dans les eaux usées, la teneur en solides / sels dissous peut augmenter de manière notable dans l'eau traitée, et il peut être difficile de mettre en décharge les déchets solides générés.

Données d'exploitation

On note que dans l'industrie brassière, la neutralisation peut se dérouler dans des zones de production ou dans des bassins de neutralisation centraux à base acide ou basique. La neutralisation des eaux usées de procédé demande un bassin présentant une durée de rétention hydraulique d'environ 20 minutes. La puissance de brassage doit pouvoir mélanger l'ensemble du contenu du bassin. Comme les brasseries consomment à la fois des agents de nettoyage basiques et acides, elle peuvent faire baisser la consommation d'agents neutralisants en augmentant la durée de rétention du bassin de neutralisation. Les bassins de neutralisation sont également souvent utilisés comme bassins d'égalisation (voir la section 4.5.2.3) avec une durée de rétention comprise entre 3 et 6 heures.

En outre, une neutralisation partielle au moyen d'une **conversion biologique** intervient normalement dans les eaux usées de procédé des brasseries. On a observé que le pH des bassins de neutralisation peut baisser sans ajouter d'acide suite à l'hydrolyse des matières organiques. L'effet est difficile à maîtriser mais il réduit les doses d'acide dans les eaux de procédé basiques. Pour obtenir une acidification biologique, la durée de rétention doit être comprise entre 3 et 4 heures.

Domaines d'application

Applicable dans les installations produisant des eaux usées extrêmement acides ou alcalines.

Exemples de site

La neutralisation est mise en oeuvre dans les branches des fruits et légumes, des produits laitiers, de la brasserie et des boissons.

Bibliographie de référence

[9, Verband der Deutschen Milchwirtschaft (German Dairy Association), 1999, 65, Germany, 2002]

4.5.2.5 Décantation (T5)

Description

La décantation est la séparation par gravité de particules suspendues qui sont plus lourdes que l'eau. Les solides déposés sont récoltés sur le fond du bassin sous forme de boues, ou bien ils sont enlevés après l'évacuation périodique des eaux.

Les équipements dédiés à la décantation peuvent être :

- Des bassins rectangulaires ou circulaires équipés d'appareillages de râclage appropriés (un racleur de surface pour enlever les FOG et un racleur de fond pour les solides) ; leur capacité doit permettre un temps de séjour adéquat au procédé de séparation ;
- Des séparateurs tubulaires ou laminaires où les plaques sont destinées à accroître la surface de séparation.

Arguments motivant la mise en application

Réduction des taux de solides en suspension et de FOG. Moindre production de déchets, par exemple dans l'industrie de l'amidon, les boues peuvent être récupérables comme sous-produits pour aliments pour le bétail. Réduction des niveaux de substances dangereuses et à risque prioritaires décantables et flottables.

Données d'exploitation

On note que dans la branche du poisson, on peut retirer jusqu'à 35 % des solides par décantation.

Le Tableau 4.142 donne les résultats type de l'industrie brassière après décantation.

Charge initiale (m ³ /m ² /h)	Solides en suspension finaux (mg/l)
0,5 – 1,0	20 – 30
La charge acceptable dépendra des caractéristiques de décantation des boues	

Tableau 4.142 : Performances type de l'industrie brassière après décantation

Le Tableau 4.143 répertorie les avantages et inconvénients de la décantation.

Avantages	Inconvénients
Simplicité d'installation, fiabilité assurée	Les bassins rectangulaires ou circulaires peuvent occuper une grande superficie au sol
	Inadapté aux matières finement dispersées
	Les séparateurs laminaires peuvent être obstrués par les graisses

Tableau 4.143 : Avantages et inconvénients de la décantation

Dans la branche du sucre, l'eau des canalisations de transport et du transport contient de la boue, des pierres et des déchets de végétaux, ainsi qu'une forte DCO générée par les betteraves à sucre abîmées. Les poussières lourdes doivent être séparées par décantation. On a noté l'utilisation de grands bassins de décantation. Les boues récoltées dans les bassins de décantation peuvent être encore égouttées et les jus récupérés du procédé d'égouttage peuvent être renvoyés à l'usine, soit par les diffuseurs, soit dans l'eau de canalisation de transport.

Domaines d'application

Applicable dans les installations FDM qui génèrent des eaux usées contenant des solides en suspension. L'application de cette technique peut être limitée par manque de place.

Données financières

À cause du coût de traitement des eaux usées, il est généralement rentable pour la plupart des installations couvertes par le PRIP de mettre en place une quelconque méthode de séparation des solides en suspension. En comparaison avec la technique DAF, la décantation demande un investissement plus élevé mais des coûts d'exploitation plus bas.

Exemples de site

Utilisé dans les branches du poisson, des fruits et légumes, de l'amidon, des boissons alcoolisées et non alcoolisées, des huiles végétales, et des graisses.

Bibliographie de référence

[13, Environment Agency of England and Wales, 2000, 65, Germany, 2002, 136, CBMC - The Brewers of Europe, 2002]

4.5.2.6 Flottation par air dissous (DAF) (T6)

Description

La séparation des matières plus légères que l'eau, comme les huiles / graisses comestibles, peut être améliorée en utilisant la flottation. Dans le secteur FDM, la DAF est très employée. Cette technique raccourcit la durée de rétention mais ne permet pas la séparation des FOG émulsifiées de l'eau. Elle est par conséquent mise en œuvre dans le secteur FDM pour éliminer les FOG libres.

La technique de base de la DAF consiste à introduire de petites bulles d'air dans les eaux usées contenant les solides en suspension qui devront flotter. Les minuscules bulles d'air adhèrent aux particules chimiquement traitées et, en montant à la surface, elles entraînent les solides avec elles.

L'air est dissous à la pression de 300 – 600 kPa (3 – 6 bars). Il est normalement introduit dans un flux de recyclage des eaux usées traitées qui a déjà traversé une unité DAF. Ce mélange air – eaux usées sursaturé s'écoule vers un grand bassin de flottation où est relâchée la pression, ce qui produit un grand nombre de bulles d'air. Elles sont rassemblées, épaissies et enlevées par un écrémage mécanique ou par aspiration. Les substances chimiques tels que les polymères, le sulfate d'aluminium ou le chlorure ferrique peut favoriser la floculation et donc l'adhérence des bulles. Les équipements DAF sont les mêmes que ceux destinés à la décantation (voir la section 4.5.2.5).

Arguments motivant la mise en application

Diminution des niveaux de FOG libres, DBO / BCO, solides en suspension, azote et phosphore. Baisse de la production de déchets, par exemple les boues peuvent être récupérables comme sous-produit ; à titre d'exemple, elles servent d'alimentation animale dans les secteurs de la viande et des produits laitiers. Le procédé restant aérobie, le risque d'odeur est faible.

Données d'exploitation

Le Tableau 4.144 indique les performances d'assainissement de la technique DAF dans une installation de filetage de harengs.

Paramètre	Réduction (%)
DCO	70 – 75
DBO	80*
Azote total	45*
Phosphore total	70 – 85
Huiles	85*
Graisses	98*
* Chiffre approximatif On utilise la DAF lorsque la teneur en FOG libre est élevée.	

Tableau 4.144 : Performances d'assainissement de la technique DAF dans une installation de filetage de harengs

Pendant la DAF, le système de mise sous pression peut présenter des problèmes de colmatage.

Normalement, les boues récupérées d'une cellule DAF contiendraient de 3 à 4 % de solides secs. Pour pouvoir récupérer les boues, il faut soit éviter les coagulants et les floculants, soit choisir des substances adéquates.

Domaines d'application

Largement applicable dans le secteur FDM.

Données financières

À cause du coût de traitement des eaux usées, il est généralement rentable pour la plupart des installations couvertes par le PRIP de mettre en place une quelconque méthode de séparation des solides en suspension. En comparaison avec la technique DAF, la décantation demande un investissement plus bas mais des coûts d'exploitation plus élevés

Arguments motivant la mise en application

Comparé à la décantation, la DAF occupe une surface au sol moins importante, offre une meilleure séparation et absorbe les charges soudaines.

Exemples de site

Utilisé dans le secteur de la viande, du poisson, des fruits et légumes, des produits laitiers, des boissons alcoolisées et non alcoolisées, et des huiles végétales et des graisses.

Bibliographie de référence

[13, Environment Agency of England and Wales, 2000, 28, Nordic Council of Ministers, 1997, 65, Germany, 2002]

4.5.2.7 Bassin de détournement (d'urgence) (T7)

Description

Des mesures d'urgence peuvent être prises pour éviter les rejets accidentels des procédés qui pourraient endommager la SEEU et / ou l'exploitation de la SEEUM en recevant soudainement une charge élevée. On peut réaliser un bassin de détournement capable de recevoir en moyenne 2 à 3 heures de flux maximum. Les flux d'eaux usées sont surveillés en amont de la SEEU de manière à être automatiquement détournés vers le bassin de détournement, si nécessaire. Ce bassin est relié au bassin d'égalisation (voir la section 4.5.2.3) ou à la première étape du traitement primaire pour pouvoir réacheminer graduellement les liquides hors normes vers le flux d'eaux usées. L'autre solution consiste à rejeter le contenu du bassin de détournement hors du site. Les bassins de détournement sont également utilisés lorsqu'il n'existe pas de système d'évacuation séparé pour les eaux de surface, si ces dernières peuvent pénétrer dans la SEEU du site.

Arguments motivant la mise en application

Évite les rejets non maîtrisés et non traités des eaux usées.

Domaines d'application

Largement applicable dans le secteur FDM.

Exemples de site

Utilisé dans le secteur de la viande, des produits laitiers et des boissons alcoolisées et non alcoolisées.

4.5.2.8 Centrifugation (T8)

Description

Quatre types de centrifugeuses sont disponibles. Les **centrifugeuses à bol et à panier** égouttent selon un procédé par charge successive. La configuration à bol utilise le liquide surnageant pour qu'il soit râclé en surface ou un dispositif de réservoir situé en haut de la centrifugeuse. Le dispositif avec panier est en grillage perforé de sorte que la phase liquide traverse le matériau filtrant pendant la centrifugation. La **centrifugeuse disque – buse** s'adresse essentiellement au liquide / à la séparation de liquides. Pour terminer, la **centrifugeuse décanteur** est une technologie standard largement utilisée pour séparer les boues activées. Grâce à une force gravitationnelle plus accrue, les centrifugeuses peuvent servir à séparer les particules qui sont trop petites pour sédimenter.

Arguments motivant la mise en application

Baisse des niveaux de solides en suspension, FOG et DBO / DCO. Moindre production de déchets, par exemple en récupérant l'amidon dans la transformation des pommes de terre.

Interactions entre les milieux

Consommation énergétique élevée.

Données d'exploitation

Le Tableau 4.145 indique les performances d'élimination de la centrifugation dans l'industrie du hareng.

Paramètre	Réduction (%)
DCO – dans des eaux usées très polluées	45
DCO – dans des eaux usées moins polluées	16 – 25
MES	80

Tableau 4.145 : Performances d'élimination de la centrifugation dans l'industrie du hareng

Domaines d'application

Largement applicable dans le secteur FDM, par exemple pour épaissir et égoutter les boues de rejet activées. L'emploi de centrifugeuses comme technique de traitement primaire est plutôt limité.

Données financières

Les coûts de maintenance et d'énergie peuvent être substantiels. Pour cette raison, elle n'est pas rationnelle pour des installations ayant des écoulements relativement faibles.

Exemples de site

Utilisé dans le secteur du poisson, des fruits et légumes, et des boissons alcoolisées et non alcoolisées.

Bibliographie de référence

[1, CIAA, 2002, 3, CIAA, 2001, 28, Nordic Council of Ministers, 1997, 145, Metcalf & Eddy, 1991, 159, CIAA-CEFS, 2003]

4.5.2.9 Précipitation (T9)Description

On peut avoir recours à la technique de la précipitation lorsque des particules solides ne peuvent pas être séparées par des méthodes gravitationnelles simples, par exemple lorsqu'elles sont trop petites, leur densité est trop proche de celle de l'eau ou lorsqu'elles forment des colloïdes / émulsions. Cette technique convertit par réaction chimique les substances dissoutes dans l'eau en particules insolubles. La précipitation peut également servir à extraire le phosphore.

Ce procédé comprend trois étapes majeures. La première est la **coagulation** destinée à déstabiliser le système colloïdal / émulsion en réduisant le potentiel responsable de la stabilité du système. Cette opération est réalisée en ajoutant des substances chimiques inorganiques comme le sulfate d'aluminium, le chlorure ferrique ou la chaux. L'étape suivante est la **floculation** de petites particules en plus grandes qui peuvent aisément sédimenter ou flotter. Il faut éventuellement ajouter des polyelectrolytes pour former des ponts et créer de gros floes. Hormis la coagulation-floculation, des précipitations d'hydroxides de métal apparaissent, et ces hydroxides **adsorbent** les particules de graisse. Suite à la précipitation, les boues sont enlevées soit par décantation (voir la section 4.5.2.5) ou par DAF (voir la section 4.5.2.6).

Arguments motivant la mise en application

Baisse des niveaux de MES, FOG et phosphore. Si des substances dangereuses et à risques prioritaires sont utilisées dans les procédés de production, leur niveau diminue dans les eaux usées.

Interactions entre les milieux

Comme on ajoute des produits chimiques aux eaux usées, la teneur de solides / sels dissous risque de progresser de manière significative et il peut être difficile de réutiliser ou de mettre en décharge les déchets solides générés.

Données d'exploitation

Avec la précipitation, on note une efficacité d'extraction du phosphore de 70 – 90 %. Dans le secteur laitier, une production de boues plus élevée a été constatée en précipitant le phosphate pour éliminer le phosphore. On rapporte que la précipitation est plus facile à gérer que l'élimination biologique du phosphore.

L'élimination du phosphore dans les eaux usées des raffineries d'huiles comestibles peut poser problème. Dans les eaux usées non traitées, le phosphore est présent sous forme organique et inorganique. Le composé de phosphore organique ne réagit pas avec les flocculants inorganiques pour être précipités. La précipitation de sels d'aluminium par exemple peut, après dégradation biologique des constituants organiques, donner des résultats d'élimination inférieurs à 4,5 g/t d'huile non raffinée.

Les dispositifs de traitement chimique sont difficiles à exploiter car leurs performances sont sujettes aux caractéristiques variables des eaux usées ; ils sont ainsi difficiles à automatiser et ils demandent une main-d'œuvre importante.

Le choix des substances chimiques destinées à la coagulation et à la floculation est fonction de l'itinéraire de mise en décharge prévu pour les boues.

Si la précipitation est associée à un traitement des eaux usées avec boues activées, on note qu'elle favorise le dépôt des boues activées. Dans certains cas, l'ajout de phosphore leur donnerait de la valeur pour le secteur agricole, mais dans d'autres cas, une telle utilisation compliquerait les problèmes d'eutrophisation. Les performances d'élimination du phosphore enregistrées par des SEEU de cinq entreprises d'amidon de pomme de terre utilisant simultanément les boues activées et la précipitation figurent dans le Tableau 4.146.

Niveau total-P influents (mg/l)	30 – 90
Niveau total-P effluents (mg/l)	1 – 2
Charge de boues activées 0,1 – 0,3 kg DBO/m ³ d	

Tableau 4.146 : Performances d'élimination du phosphore de SEEU utilisant simultanément les boues activées et la précipitation dans le secteur de l'amidon de pomme de terre

Domaines d'application

Applicable dans toutes les installations FDM, par exemple pour éliminer les solides en suspension, les FOG et le phosphore. Le secteur du poisson a recours à cette technique lorsque la teneur en huile des eaux usées est basse. Le secteur des fruits et légumes l'utilise pour éliminer le phosphore avec de l'alumina ou des sels ferriques.

Par ailleurs, cette technique peut intervenir simultanément au traitement secondaire, par exemple dans le procédé de boues activées, ou comme traitement tertiaire.

Données financières

Cette technique produit des déchets solides dont la mise en décharge est onéreuse.

Exemples de site

Utilisé dans le secteur du poisson, des fruits et légumes, des boissons alcoolisées et non alcoolisées, et des huiles végétales et des graisses

Bibliographie de référence

[65, Germany, 2002, 199, Finland, 2003]

4.5.3 Traitements secondaires

Le traitement secondaire a pour objectif principal d'extraire les organiques biodégradables et les solides en suspension à l'aide de méthodes biologiques. L'adsorption de polluants vers des boues organiques obtiendra également les matières non biodégradables, par exemple les métaux lourds. L'azote organique et le phosphore peuvent aussi être partiellement retirés des eaux usées. Les options de traitement secondaire se mettent en œuvre séparément ou en groupe, selon les caractéristiques des eaux usées et la réglementation avant la mise en décharge. Lorsqu'elles sont utilisées en série, cette configuration s'appelle un **système multi-séquences** (voir la section 4.5.3.3.2).

Il existe essentiellement trois types de procédés métaboliques : les procédés aérobie utilisant de l'oxygène dissous, les procédés anaérobie sans apport d'oxygène et les procédés anoxie qui font appel à la réduction biologique des donneurs d'oxygène [1, CIAA, 2002, 13, Environment Agency of England and Wales, 2000, 65, Germany, 2002]. La présente section aborde les techniques qui utilisent principalement des procédés métaboliques aérobie et anaérobie.

Les principaux avantages et inconvénients des procédés de traitement des eaux usées anaérobie comparés aux procédés aérobie figurent dans le Tableau 4.147.

Avantages	Inconvénients
Faible production de boues excédentaires ; les taux de croissance plus bas impliquent des exigences macro/micro nutritives moins sévères.	Les bactéries mésophiles qui prolifèrent à 20 – 45 °C peuvent avoir besoin d'une source externe de chaleur.
Faible consommation énergétique due à l'absence de ventilation forcée.	Le taux de croissance lent demande une bonne rétention de la biomasse.
En règle générale, coûts d'investissements et d'exploitation plus bas par kg de DCO extrait. Ils sont liés à une baisse de la production de boues et des frais de brassage.	La mise en service / phase d'acclimatation initiale peut être longue (par pour les réacteurs avec des boues granulaires, comme le réacteur EGSB,ensemencé avec les boues des installations d'exploitation).
Génère des biogaz qui peuvent servir à produire de l'électricité ou de la chaleur.	Les systèmes anaérobie sont plus sensibles que les systèmes aérobie aux variations de température, au pH, à la concentration et aux charges polluantes.
Faible encombrement	Certains constituants des eaux usées traitées peuvent être toxiques /corrosifs, comme le H ₂ S.
Peut être facilement mis hors service pour des durées prolongées et rester à l'état dormant (utile pour des procédés de fabrication saisonniers, comme la betterave sucrière)	
Un avantage particulier de ce procédé est la formation de boulettes. Ceci permet non seulement une réactivation rapide après une interruption opérationnelle de plusieurs mois, mais également la vente des boues excédentaires, par exemple pour inoculer de nouveaux systèmes.	
Certaines substances qui ne peuvent pas être dégradées par des méthodes aérobie peuvent l'être de manière anaérobie, comme la pectine et la bétaine.	
Réduction des odeurs si des techniques d'abattement adaptées sont mises en place.	
Pas de formation d'aérosols ; peut assimiler les FOG (pas pour l'UASB).	

Tableau 4.147 : Avantages et inconvénients du traitement des eaux usées anaérobie comparé au traitement aérobie
[1, CIAA, 2002, 13, Environment Agency of England and Wales, 2000, 65, Germany, 2002]

4.5.3.1 Procédés aérobie

Les procédé aérobie ne sont applicables et rentables que si les eaux usées sont facilement biodégradables. Les micro-organismes présents dans le liquide mixte reçoivent un apport d'oxygène de la surface ou de diffuseurs immergés dans les eaux usées. On injecte de l'oxygène en surface à l'aide d'aérateurs de surface ou de cages d'oxygénation.

Les avantages et inconvénients des procédés de traitement aérobie des eaux usées figurent dans le Tableau 4.148.

Avantages	Inconvénients
Dégradation en composés inoffensifs	Large production de boues
	Produits d'extraction dans des rejets fugitifs qui peuvent créer des odeurs / aérosols
	L'activité bactérienne diminue à basses températures. Néanmoins, l'aération de surface et l'injection d'oxygène pure peuvent renforcer le procédé.
	Si les FOG ne sont pas extraits avant le traitement biologique aérobie, ils risquent d'entraver l'exploitation de la SEEU car ils ne sont pas facilement dégradables par les bactéries.

Tableau 4.148 : Avantages et inconvénients des procédés de traitement aérobie
[1, CIAA, 2002, 13, Environment Agency of England and Wales, 2000, 65, Germany, 2002]

4.5.3.1.1 Boues activées (T10)

Description

La technique des boues activées produit une masse active de micro-organismes capables de stabiliser des déchets par aérobie. Cette biomasse est aérée et conservée en suspension dans une cuve de réaction. Les installations utilisent de l'air, de l'oxygène ou un mélange des deux. Lorsqu'elles utilisent de l'oxygène, elles sont désignées par le terme système à oxygène pur (voir la section 4.5.3.1.2).

Arguments motivant la mise en application

Baisse des taux de DBO / DCO, phosphore et azote. Si des substances dangereuses ou à risques prioritaires sont utilisées par le procédé de production, leur quantité diminue dans les eaux usées.

Interactions entre les milieux

Consommation énergétique élevée.

Données d'exploitation

Au bout d'un temps de séjour donné, qui peut varier entre plusieurs heures et plus de 10 jours, en fonction d'un taux de charge organique ou ratio F/M d'environ 0,1 – 0,15 kg DBO/kg de MLSS par jour, la suspension mixte de micro-organismes est transportée vers un bassin de décantation (voir la section 4.5.2.5). La durée de rétention hydraulique, ou l'âge des boues, et le ratio F/M peuvent varier en fonction des caractéristiques des eaux usées brutes, comme la composition, la disponibilité et la dégradabilité des substances organiques, et la qualité finale demandées pour les eaux usées. Concrètement, la nitrification intervient avec des ratios F/M bas (< 0,1 kg DBO/kg de MLSS par jour). Dans le bassin de décantation, les floccs microbiens se déposent et les eaux usées claires se jettent dans le cours d'eau en passant par-dessus un déversoir. Les boues s'agglomèrent et la plus grande partie retourne vers le bassin d'aération. Toutefois, une certaine proportion, c'est-à-dire les boues excédentaires, est mise en décharge pour maintenir les MLSS à un niveau raisonnable, par exemple 3 000 mg/l.

Les données de performances d'une SEEU à boues activées dans l'industrie brassière figurent dans le Tableau 4.149.

Charge initiale (kg DCO/m3 par jour)	1,2 – 1,8
Niveau de DBO final (mg/l)	15 – 25
Boues générées par kg de DBO extrait (SS/kg)	0,45 – 0,55
Ces chiffres sont valides sur une plage de températures de 25 – 35 °C ; ils ne s'appliquent pas en hiver.	

Tableau 4.149 : Données de performances d'une SEEU à boues activées communiquées par l'industrie brassière

On a constaté une efficacité d'élimination du phosphore de 10 – 25 % avec la technique des boues activées.

Dans le secteur du sucre, on note que les températures hivernales froides de l'air et de l'eau portent atteinte aux performances du traitement car l'activité bactérienne est ralentie. Cependant, de la chaleur générée par des déchets de mauvaise qualité du procédé du sucre peut normalement être utilisée pour hausser les températures dans le dispositif et renforcer l'activité bactérienne.

Le problème le plus courant lié aux boues activées est le phénomène de gonflement. Ce terme désigne les boues biologiques offrant des qualités de sédimentation médiocres. Il provient généralement de la présence de bactéries filamenteuses et / ou d'un excès d'eau emprisonné dans un floc biologique. Ce qui est important et fondamental de souligner concernant le gonflement des boues, c'est que prévenir vaut mieux que guérir. On note que le remède classique consiste à utiliser des produits chimiques, comme le chlore, d'autres substances oxydatives ou des précipitations pour tuer tous les organismes filamenteux qui ne sont pas protégés par des floes de boues activées. Ces thérapeutiques ne seraient pas très sélectives et elles pourraient détruire l'ensemble de l'activité biologique.

On peut éviter le gonflement par exemple en équilibrant au mieux les éléments nutritifs ajoutés, en réduisant la perte d'éléments nutritifs et la surproduction de bactéries filamenteuses. L'une des procédures de traitement du gonflement lorsqu'il survient consiste à réduire la charge. La présence d'ammoniac généré par la fragmentation témoigne de l'importance du phénomène et montre s'il faut mettre en œuvre la dénitrification. Le temps de séjour hydraulique, l'âge des boues et la température de service sont les paramètres les plus importants à étudier. Ils doivent être justifiés par rapport à la fragmentation des substances organiques les plus résistantes.

Par ailleurs, l'utilisation d'un compartiment ou d'un sélecteur séparé a prouvé être un bon outil de prévention et de maîtrise de la croissance filamenteuse. Il fait office de région de contact initial où sont mélangées les eaux usées primaires et les boues de retour. Le sélecteur crée une croissance sélective d'organismes formant des floes en procurant des ratios F/M élevés à un taux d'oxygène dissout maîtrisé. Le temps de contact est court, généralement de 10 à 30 minutes. Le sélecteur anoxique, qui a besoin de nitrates dans l'eau, est souvent choisi pour les systèmes à boues activées qui nitrifient. Outre le fait de contrôler efficacement les bactéries filamenteuses, les sélecteurs anoxiques présentent l'avantage de réduire les besoins du procédé en oxygène, puisque on utilise de l'azote – du nitrate comme accepteur d'électron final dans l'oxydation de matières organiques biodégradables influentes et qu'il réduit la consommation d'alcali pendant la nitrification, puisque l'alcali est récupérée dans la zone anoxique. Les sélecteurs anoxiques peuvent également contrôler efficacement la croissance filamenteuse parce qu'ils font appel à des mécanismes de sélection cinétiques et métaboliques.

Dans le secteur des produits laitiers, on a constaté un gonflement des boues dans des systèmes de boues activées avec des charges fluctuantes et des ratios F/M bas, par exemple une DBO insuffisante. Si un sélecteur n'est pas utilisé, la décantation finale doit être conçue d'après les caractéristiques de sédimentation des boues inférieures.

Domaines d'application

Largement utilisé dans le secteur FDM. Cette technique peut servir à traiter des eaux usées à DBO haute ou basse, mais son action sur les eaux à DBO basse sera très efficace et rentable. L'application de cette technique peut être limitée pour des raisons d'encombrement au sol.

Données financières

La technique des boues activées offre un traitement rentable destiné aux matières organiques solubles. Toutefois, il est bon que les eaux usées rejetées par l'industrie de l'amidon, contenant un taux de DCO supérieur à 10 000 mg/l, ne soient pas soumises uniquement à un traitement aérobie.

Dans les secteurs des boissons alcoolisées et non alcoolisées, en raison des variations saisonnières des eaux usées, la mise en oeuvre de la technique est d'ordinaire surdimensionnée, ainsi que les coûts d'investissements et d'exploitation y afférents.

Exemples de site

Utilisé dans le secteur de la viande, du poisson, des fruits et légumes, de l'amidon, des produits laitiers, de la brasserie, du sucre, des boissons alcoolisées et non alcoolisées, et des huiles végétales et des graisses

Bibliographie de référence

[65, Germany, 2002, 136, CBMC - The Brewers of Europe, 2002, 145, Metcalf & Eddy, 1991, 199, Finland, 2003]

4.5.3.1.2 Systèmes à l'oxygène pure (T11)

Description

Les systèmes à l'oxygène pure sont essentiellement une intensification du procédé des boues activées en injectant de l'oxygène pure dans un dispositif d'aération classique existant. Cette opération est souvent entreprise suite à des hausses ou des variations de production qui ont rendu le dispositif d'aération inefficace, au moins pour certaines séquences du cycle opératoire.

Arguments motivant la mise en application

Baisse des taux de DBO / DCO et azote. Risque olfactif réduit puisque la surface du bassin d'aération est essentiellement lisse. Moindre consommation d'énergie.

Données d'exploitation

Comparés aux boues activées traditionnelles, les systèmes à l'oxygène pur sont à même d'intensifier le procédé en fonctionnant à un niveau de MLSS plus élevé. De plus, cette technique consomme moins d'énergie puisque dans les boues activées classique, 70 % de l'énergie est gaspillée en raison de l'azote qui participe au volume de l'air à 70 %.

Domaines d'application

Largement applicable dans le secteur FDM. ainsi que dans les installations neuves, un certain nombre d'adaptation d'oxygène pure a été réalisé dans le secteur FDM.

Données financières

Puisque le système fonctionne avec des boues extrêmement vieilles et favorise la respiration endogène, selon laquelle la biomasse se digère, les frais de mise en décharge des boues sont notoirement réduits. Néanmoins, les dispositifs qui utilisent de l'oxygène à la place de l'air ont des coûts d'exploitation plus élevés.

Arguments motivant la mise en application

L'utilisation d'oxygène pure améliore la maîtrise et les performances, et le système peut s'installer sur des installations existantes.

Exemples de site

Utilisé dans le secteur de la viande, des fruits et légumes, des produits laitiers et du sucre.

Bibliographie de référence

[13, Environment Agency of England and Wales, 2000]

4.5.3.1.3 Réacteur biologique séquentiel (RBS) (T12)

Description

Le RBS est une variante du procédé des boues activées. Il suit le principe du remplissage - soutirage ; il comprend normalement deux cuves de réaction identiques. Les diverses étapes des procédés des boues activées sont toutes exécutées dans le même réacteur.

Arguments motivant la mise en application

Baisse des taux de DBO / DCO, phosphore et azote.

Données d'exploitation

Le procédé est très souple car on peut le modifier plusieurs fois pendant le cycle opératoire, par exemple pour renforcer la dénitrification pendant la phase inactive. Une période cyclique typique dure environ six heures. La durée de chaque séquence du procédé peut se régler pour s'adapter aux conditions locales. Pour terminer, la séquence de procédé est indépendante de toute influence découlant d'apports hydrauliques fluctuants. Dans ce sens, le RBS offre une exploitation plus simple et plus robuste, par exemple le système remplissage – soutirage, que le procédé des boues actives traditionnel.

Comme le remplissage par charge successive entraîne la formation de boues activées qui sédimentent facilement, ce procédé convient aux eaux usées industrielles qui ont tendance à contenir de la boue gonflée.

L'exploitation typique d'un RBS type figure dans le Tableau 4.150.

Séquence	Objectif	Service (aération)	Volume maximal (%)	Durée cyclique (%)
Remplissage	Ajout de substrat	Air marche/arrêt	25 – 100	25
Réaction	Dégradation biologique	Air marche/cycle	100	35
Sédimentation	Clarifie	Air arrêt	100	20
Soutirage	Retire les eaux usées	Air arrêt	35 – 100	15
Inactif*	Boues de rejet	Air marche/arrêt	25 – 35	5

* Des boues de rejet peuvent se former également à dans d'autres séquences. Dans les systèmes multi-bassins, la phase inactive permet au second bassin de se remplir. Cette séquence peut être omise.

Tableau 4.150 : Caractérisation d'un RBS type

Domaines d'application

Applicable dans toutes les installations FDM ; la mise en oeuvre de cette technique peut être limitée par la surface au sol disponible. Elle peut servir à traiter des eaux usées avec une DBO basse ou élevée, mais elle traite les eaux usées avec une faible DBO de manière efficace et rentable.

Données financières

Coûts d'investissement plus bas et coûts d'exploitation plus élevés que la technique des boues activées classique.

Exemples de site

Utilisé dans le secteur de la viande, des fruits et légumes, des produits laitiers, des huiles végétales et des graisses, et des boissons alcoolisées et non alcoolisées.

Bibliographie de référence

[1, CIAA, 2002, 65, Germany, 2002, 145, Metcalf & Eddy, 1991]

4.5.3.1.4 Lagunes aérobie (T13)Description

Les lagunes aérobie sont de grands bassins en terre peu profonds destinés au traitement des eaux usées à l'aide de processus naturels. Ils fonctionnent avec des algues, des bactéries, du soleil et du vent. De l'oxygène, outre celui dégagé par les algues, pénètre dans le liquide par diffusion atmosphérique. Le contenu des lagunes est normalement brassé à intervalles réguliers avec des pompes ou des aérateurs de surface.

Un différent type de lagune aérobie est la lagune facultative, où la stabilisation est obtenue par une combinaison de bactéries aérobie, anaérobie et facultatives. Pour conserver l'oxygène dans la couche supérieure d'une lagune facultative, on peut utiliser la réaération de surface.

Arguments motivant la mise en application

Baisse des taux de DBO et d'azote.

Interactions entre les milieux

Risques de nuisances olfactives, détérioration des sols et contamination des eaux souterraines.

Données d'exploitation

On note que les lagunes servent de bassin-tampon en raison de leur taille et de leur volume ; elles offrent une égalisation volume – concentration en cas d'exploitation saisonnière et permettent le développement d'une biocénose adaptée si les temps de séjour sont longs. En fonction des caractéristiques du sol, il faut éventuellement colmater les fonds et les remblais des lagunes pour éviter une pollution des eaux souterraines.

Dans le secteur du sucre, on note que la superficie et la profondeur sont des paramètres-clé pour le taux de dégradation de la DBO. Cette dégradation s'appuie sur des procédés naturels tels que les cycles de carbone, azote et soufre, ainsi que sur l'action des bactéries. Par ailleurs, ce secteur emploie l'aération de surface pour augmenter le taux d'activité bactérienne aérobie lorsque cela est nécessaire, par exemple par basses températures. Un surplus d'oxygène est diffusé dans l'eau par des aérateurs à flotteurs « libres » ou « fixes » électriques. De temps à autre, des aérateurs entraînés par le vent sont utilisés lorsque les conditions météorologiques sont favorables. Des systèmes électriques et éoliens combinés sont disponibles sur le marché.

Dans les établissements vinicoles et de production d'huile d'olive, on utilise des lagunes d'évaporation, où on laisse s'évaporer les eaux usées dans des bassins ouverts pendant des mois.

Domaines d'application

Applicable dans toutes les installations FDM ; la mise en oeuvre de cette technique peut être limitée par la surface au sol disponible. Elle peut servir à traiter des eaux usées avec une DBO basse ou élevée, mais elle traite les eaux usées avec une faible DBO de manière efficace et rentable.

Le secteur des fruits et légumes a recours aux lagunes si leur capacité permet d'éviter les débordements non contrôlés et de maîtriser le rejet des eaux usées pendant les périodes de production intense.

Exemples de site

Les lagunes sont largement utilisées dans le secteur du sucre, des fruits et légumes, des boissons alcoolisées et non alcoolisées, et des huiles végétales et des graisses.

Bibliographie de référence

[65, Germany, 2002, 159, CIAA-CEFS, 2003, 199, Finland, 2003]

4.5.3.1.5 Filtres percolateurs (T14)

Description

Dans les procédés aérobie à film fixe, tels que le filtre percolateur, la biomasse se développe sous la forme d'un film à la surface d'un lit, et les eaux usées sont distribuées de manière à traverser cette couche de manière uniforme.

Le lit du filtre percolateur se compose normalement de pierres ou de différents types de plastique. Le liquide traité est recueilli sous le matériau et acheminé vers un bassin de décantation où une partie peut être recyclée pour diluer la force des eaux usées en entrée. Les variations de cette méthode comprennent la filtration double intermittente et la filtration double permanente.

Arguments motivant la mise en application

Baisse des taux de DBO / DCO, phosphore, azote. Si le procédé de production utilise des substances dangereuses et à risques prioritaires, leur niveau est réduit dans les eaux usées.

Interactions entre les milieux

Risques de nuisances olfactives.

Données d'exploitation

On note que dans le secteur des produits laitiers, les filtres percolateurs haut rendement sont normalement conçus pour enlever 50 à 60 % de DBO. Pour que l'exploitation soit efficace, il est essentiel de réduire le plus possible les niveaux de FOG avant que le liquide ne pénètre dans le filtre haut rendement. Il se peut qu'une décantation secondaire soit nécessaire après une filtration haut débit, en fonction de la réglementation sur les effluents. Dans le secteur des boissons alcoolisées et non alcoolisées, on enregistre une efficacité de 70 %, ce qui oblige à avoir normalement une séquence de polissage supplémentaire.

En ce qui concerne l'élimination du phosphore, on a enregistré des performances de 8 – 12 %.

Domaines d'application

Applicable aux eaux usées comportant une DBO relativement faible, ou comme séquence de polissage après un procédé de boues activées ou une filtration haut rendement. Il est moins utilisé par le secteur FDM en raison de l'encombrement important et des problèmes de colmatage pendant l'exploitation.

Exemples de site

Utilisé dans le secteur du poisson, des produits laitiers, des boissons alcoolisées et non alcoolisées, et des huiles végétales et des graisses. Quelques laiteries au Royaume-Uni ont utilisé des filtres percolateurs haut rendement.

4.5.3.1.6 Biotours (T15)

Description

La force organique des eaux usées rejetées par les procédés FDM est souvent trop élevée pour le traitement aérobique classique. Par conséquent, il faut préalablement ramener la DBO à un taux acceptable avant de poursuivre le traitement, par exemple dans une SEEUM. Les biotours ou filtres dégrossisseurs sont des filtres percolateurs spécialement conçus (voir la section 4.5.3.1.5) qui traitent des taux de charge organiques élevés et qui peuvent éliminer des niveaux importants de DBO.

Cette technique utilise des cuves placées au-dessus du sol et remplies de matériaux plastiques offrant une surface importante. Le film microbien adhère au milieu et consomme les matières organiques. Les eaux usées sont souvent recyclées par la biotour pour subir un traitement supplémentaire. En sortant de cette tour, les eaux usées sont rejetées dans un procédé biologique traditionnel.

Arguments motivant la mise en application

Baisse des taux de DBO, phosphore et azote.

Interactions entre les milieux

Risques de nuisances olfactives. Émissions sonores. Formation éventuelle de solides en suspension.

Données d'exploitation

Les matériaux plastiques utilisés dans les biotours ont un rapport surface – volume compris entre 100 et 240 m²/m³. On note que des taux de charge de 0,5 kg de DBO/m³/jour ont enregistré une dépollution supérieure à 90 % ; il est possible d'atteindre une élimination de 60 % maximum avec des charges de 2,5 kg de DBO/m³/jour. Des problèmes de colmatage et de boues instables peuvent apparaître. Des émissions sonores peuvent être provoquées par l'air propulsé dans la biotour.

Domaines d'application

Applicable dans toutes les installations FDM qui produisent des eaux usées avec une forte concentration organique.

Arguments motivant la mise en application

La biotour constitue une méthode efficace pour ramener la DBO à des valeurs proches de celles des eaux usées domestiques.

Bibliographie de référence

[1, CIAA, 2002, 13, Environment Agency of England and Wales, 2000, 145, Metcalf & Eddy, 1991]

4.5.3.1.7 Contacteurs biologiques rotatifs (CBR) (T16)

Description

Le CBR comprend une série de disques rapprochés en polystyrène ou chlorure de polyvinyle. Ces disques sont immergés dans les eaux usées et tournent lentement.

Lorsque le système est en service, les organismes biologiques s'agglutinent à la surface des disques et finissent par former une couche visqueuse sur toute la surface mouillée. La rotation des disques permet à la biomasse d'entrer en contact avec les matières organiques contenues dans les eaux usées puis avec l'atmosphère pour adsorber l'oxygène. La rotation permet également de retirer les matières solides excédentaires pour pouvoir transporter les disques du dispositif vers le bassin de décantation.

Arguments motivant la mise en application

Baisse des taux de DBO, phosphore, azote et solides en suspension.

Interactions entre les milieux

Risques de nuisances olfactives.

Données d'exploitation

Bien conçus, les CBR sont tout à fait fiables grâce à une grande quantité de biomasse (F/M à fonctionnement réduit). Cette importante biomasse leur permet de résister à des hausses de pression hydraulique et de charges organiques de manière plus efficace. La conception séquentielle de ce système à la demande supprime les courts-circuits et absorbe les charges soudaines. On note que les disques peuvent se bloquer.

Avec les CBR, on a constaté une élimination du phosphore comprise entre 8 et 12 %.

Domaines d'application

Largement applicable dans le secteur FDM, par exemple pour réduire les niveaux de DBO, phosphore, azote et solides en suspension.

Exemples de site

Utilisé dans le secteur du poisson, et des huiles végétales et des graisses.

Bibliographie de référence

[145, Metcalf & Eddy, 1991]

4.5.3.1.8 Bioréacteurs noyés aérés (BAFF) et bioréacteurs submergés aérés (SBAF) (T17)

Description

Les bioréacteurs noyés aérés (BAFF) et les bioréacteurs submergés aérés (SBAF) sont des unités de croissance hybrides en suspension / fixes que l'on peut comparer à des installations de boues activées contenant un milieu avec un grand volume de vide pour favoriser la croissance des bactéries. Généralement, un certain degré de filtration physique est également possible dans la même structure.

Arguments motivant la mise en application

Baisse des taux de DBO / DCO.

Données d'exploitation

Un lavage à contre-courant a lieu environ toutes les 24 heures pour retirer la biomasse excédentaire. En conséquence, une décantation secondaire n'est pas nécessaire. Pour traiter les eaux de lavage à contre-courant, il faut installer une unité de décantation ou de flottation.

Domaines d'application

Cette méthode est essentiellement utilisée comme séquence de polissage dans le traitement des eaux usées domestiques ; l'utilisation des SBAF est toutefois en progression constante dans le secteur FDM.

Données financières

On constate que les réacteurs BAFF constitue un traitement rentable des matières organiques solubles.

Exemples de site

Utilisé dans le secteur de la viande, des fruits et légumes, des boissons alcoolisées et non alcoolisées, et des produits laitiers.

Bibliographie de référence

[13, Environment Agency of England and Wales, 2000]

4.5.3.1.9 Filtres aérobie haut rendement et ultra-haut rendement (T18)

Description

Les filtres aérobie haut rendement et ultra-haut rendement offre une potentialité de traitement de charges plus importantes que les systèmes aérobie ordinaire. Ce procédé fonctionne avec un taux de recyclage des eaux usées élevé, qui traversent un groupe de buses intégral. On introduit de l'air par la buse, soumettant les bactéries à une force de cisaillement élevée et une forte turbulence / oxygénation. C'est cette puissante action de cisaillement subie par les bactéries qui distingue nettement ce procédé des autres techniques aérobie ; concrètement, les micro-organismes traversent la buse et seules les très petites bactéries restent dans le système, ce qui diffère des autres systèmes où, les bactéries n'étant pas soumises à cette force, se développent des organismes vivants plus évolués.

Arguments motivant la mise en application

Baisse des taux de DBO / DCO.

Interactions entre les milieux

Ces filtres ne donnent pas à l'eau une qualité adaptée au rejet dans les cours d'eau.

Données d'exploitation

Les systèmes aérobies à ultra-haut rendement permettent de charger des systèmes aérobie 50 à 100 fois plus que les traitements aérobie classiques. Néanmoins, puisqu'ils ne donnent pas une qualité d'eau adaptée au rejet dans les cours d'eau, il faut mettre en place une deuxième séquence aérobie, cette fois de charge conventionnelle.

Domaines d'application

Largement applicable dans le secteur FDM.

Données financières

Coûts d'investissements réduits.

Arguments motivant la mise en application

Faible encombrement et coûts d'investissements réduits.

Exemples de site

Utilisé dans l'industrie du poisson.

4.5.3.2 Procédés anaérobies

En l'absence d'oxygène, les matières organiques sont dégradées et génèrent comme sous-produit du méthane (CH_4) utilisé pour chauffer les réacteurs. Dans les procédés anaérobies standard, les réacteurs ne sont normalement pas chauffés, mais ils le sont dans les procédés anaérobies haut rendement. Dans les deux cas, la température du réacteur doit être maintenue entre 30 et 35 °C (mésophile) ou entre 45 et 50 °C (thermophile) ; l'apport de chaleur dépend essentiellement de la température de l'influent [145, Metcalf & Eddy, 1991, 200, CIAA, 2003].

Bien que la croissance anaérobie est plus lente que celle d'un procédé aérobie, une technique anaérobie permet de traiter des charges de DBO plus élevées (en terme de kg de DBO/m³ du volume du réacteur) pour les eaux usées à forte concentration. Les techniques anaérobies sont généralement appliquées dans les industries dont les eaux usées comportent une forte teneur de matières organiques solubles et qui présentent une concentration, exprimée en DCO, dépassant généralement 1 500 – 2 000 mg/l. Dans le secteur FDM, la mise en œuvre d'un traitement des eaux usées anaérobie se limite essentiellement aux eaux usées très polluées, avec une DCO comprise entre 3 000 et 40 000 mg/l, comme dans le secteur du sucre, de l'amidon, des fruits et légumes et des boissons alcoolisées et non alcoolisées. Récemment, on a obtenu un certain succès en utilisant certains systèmes anaérobies même pour les eaux usées moins polluées présentant une DCO comprise entre 1 500 et 3 000 mg/l, comme les brasseries et les laiteries, ainsi que dans l'industrie des jus de fruit, des eaux minérales et des boissons non alcoolisées [65, Germany, 2002]. Lorsque le volume et la concentration varient fortement, comme les eaux usées du secteur des fruits et légumes, ce traitement est moins efficace.

L'un des aspects fondamentaux du traitement anaérobie des eaux usées est que la plus grande partie du carbone organique associé à la DBO de l'influent est convertie en méthane au lieu de créer un nouveau développement cellulaire ; c'est ce qui se passe avec les procédés aérobie qui convertissent la plus grande partie du carbone organique en nouvelles cellules qui se transforment ensuite en biomatières résiduelles exigeant un traitement. Les procédés anaérobies génèrent beaucoup moins de boues résiduelles. Par ailleurs, le méthane produit a une valeur calorifique élevée ; il peut donc servir de combustible par exemple dans une autre unité de l'installation.

Un système anaérobie uniquement ne produirait pas des eaux usées d'une qualité finale suffisante pour pouvoir les rejeter dans un cours d'eau. C'est pourquoi les installations anaérobies sont habituellement suivies d'un système aérobie (voir la section 4.5.3.1) car les rejets de ce dernier sont moins importants dans l'absolu ; il peut également éliminer le sulfure d'azote, garantissant ainsi que les eaux usées finales sont assez aérées pour favoriser la dégradation de la DBO restante. L'énergie sortant de l'unité anaérobie peut correspondre à celle consommée par l'unité aérobie. Dans ce cas, le système aérobie peut être la SEEUM. Ceci dépendra de la SEEU réceptrice et de l'équilibre entre les charges à traiter et la séquence de traitement aérobie sur le site. Les eaux usées traitées avec le système anaérobie peuvent être aérées en surface sur le site avant d'être transportées vers la SEEUM. Cette opération a normalement lieu dans un bassin de rétention de post-traitement qui donne des niveaux d'oxygène dissous positifs avant d'être évacuées vers la SEEU.

Les bactéries méthanogènes actives dans l'étape finale du procédé anaérobie générateur de méthane doivent être protégées contre un excès de composés chlorés et sulfureux, le pH et les variations de température. Lors de l'étape d'acidification, d'autres bactéries seront prédominantes et dégraderont de nombreuses substances à l'origine du problème. Il n'y a pas de nitrification et de dénitrification. Le traitement anaérobie ne peut donc pas éliminer l'azote.

La conception des réacteurs modernes permet de traiter des charges plus élevées, d'accroître la production de biogaz et d'offrir une meilleure stabilité. Une fois que la population bactérienne de ces systèmes s'est adaptée aux eaux usées, on obtient une meilleure stabilité.

Les dispositifs de traitement sur site qui utilisent un réacteur anaérobie comme procédé de traitement principal sont de conception similaire. Ils comportent un bassin / une cuve de rétention des eaux usées ou un bassin d'égalisation où les eaux usées sont pompées /s'écoulent

par gravité vers un bassin de traitement primaire. Les procédés de traitement primaire sont les mêmes que ceux des systèmes aérobie.

Après l'étape de traitement primaire, les eaux usées sont acheminées dans un bassin tampon ou de transformation où elles sont « transformées » ; on corrige par exemple le pH, on ajoute des éléments nutritifs avant qu'elles traversent le réseau de distribution des affluents pour aller dans le bioréacteur. Les anciens réacteurs anaérobie permettaient aux étapes initiales du métabolisme anaérobie de démarrer dans le bassin de transformation (désigné souvent par le terme bassin d'acidification). La conception du réacteur moderne permet à toutes les voies métaboliques de se dérouler dans le réacteur. Le bassin de transformation est donc nécessaire uniquement pour corriger le pH et ajouter des éléments nutritifs.

Le traitement a lieu dans le réacteur, avec une production de biogaz qui doit être récolté. Parmi les autres éléments, on trouve souvent un réservoir de stockage des boues, une mise en décharge des gaz d'échappement et un dispositif de traitement primaire.

Les performances type de certaines techniques anaérobie figurent dans le Tableau 4.151.

Procédé	Entrée DCO (mg/l)	Temps de séjour hydraulique (h)	Charge organique (kg DCO/m ³ par jour)	Extraction DCO (%)
Lagunes anaérobie			0,6 – 1	
Procédé de contact anaérobie	1 500 – 5 000	2 – 14	0,5 – 5,3	75 – 90
Lit fixe	10 000 – 70 000	24 – 48	1 – 15	75 – 85
UASB	5 000 – 15 000	4 – 12	2 – 12 (- 60)	75 – 85
Réacteur à lit expansé	5 000 – 10 000	5 – 10	5 – 30	80 – 85
Réacteur à lit fluidifié			40 – 60	
Réacteur à circulation interne (IC)			31	

Tableau 4.151 : Données de procédé et de performances type des procédés de traitement anaérobie des eaux usées
[145, Metcalf & Eddy, 1991, 159, CIAA-CEFS, 2003]

Le Tableau 4.152 répertorie certains problèmes d'exploitation courants rencontrés par les procédés de traitement anaérobie.

Problème	Solution possible
Manque de macro-éléments nutritifs	Les ratios DBO-N-P doivent normalement être maintenus à 500-5-1.
pH	Le pH doit être maintenue à 6.8 – 7.5.
Température	La température optimale pour les bactéries mésophiles s'élève à 35 – 37 °C.
Manque de micro-éléments nutritifs	Les quantités minimales de micro-éléments nutritifs doivent être maintenues, particulièrement pour le Fe, Ca, Mg et Zn, conformément au procédé spécifiquement utilisé.
Obstruction physique de la conduite d'entrée du réacteur	Il est primordial d'installer un criblage et un traitement primaire efficaces.
Surcharge	Il faut veiller à ce que les taux de charge hydraulique, solide et organique originaux ne dépassent pas ceux préconisés par le fabricant.

Tableau 4.152 : Problèmes d'exploitation courants rencontrés par les procédés de traitement biologique
[13, Environment Agency of England and Wales, 2000]

4.5.3.2.1 Lagunes anaérobies (T19)

Les lagunes anaérobies sont semblables aux lagunes aérobies (voir la section 4.5.3.1.4), à la différence que les lagunes anaérobies ne sont pas brassées [145, Metcalf & Eddy, 1991]. Elles peuvent créer des nuisances olfactives causées par les émissions de H₂S [208, CIAA-AAC-UFE, 2003].

Dans le secteur des boissons alcoolisées et non alcoolisées, on note que les lagunes anaérobies ont plus de 2 mètres de profondeur.

4.5.3.2.2 Procédés de contact anaérobie (T20)

Description

Le procédé de contact anaérobie peut être rapproché du procédé aérobie des boues activées car la séparation et la recirculation de la biomasse est intégrée dans le modèle conceptuel. Les eaux usées non traitées sont mélangées à des boues solides recyclées puis digérées dans un réacteur étanche à l'air.

Arguments motivant la mise en application

Réduction des niveaux de DBO/DCO.

Données d'exploitation

Comparés aux procédés UASB hautes performances (voir la section 4.5.3.2.4) et aux réacteurs à lit fluidifié et expansé (voir la section 4.5.3.2.7), les procédés de stabilisation par contact ne produisent pas de biomasse en concentrations aussi élevées dans le réacteur. Ils fonctionnent par conséquent avec des charges comparativement plus basses (normalement jusqu'à 5 kg DCO/m³ par jour). Leur principal avantage découle cependant de leur exploitation pratiquement sans incident, notamment par l'absence de colmatage.

Puisque les boues anaérobies génèrent des gaz à l'extérieur du réacteur et que leur volume continue de progresser, il est souvent nécessaire d'installer une unité de dégazéification entre le réacteur de méthane et le module séparateur. On peut dégazer le système en utilisant la méthode du vide, du lavage, du refroidissement ou par des agitateurs rotatifs lents. Cette option permet au procédé de fonctionner avec des temps de séjour de 6 – 14 h.

Domaines d'application

Applicable dans toutes les installations FDM dont les eaux usées contiennent une haute concentration de déchets solubles.

Arguments motivant la mise en application

Cette technique offre une exploitation pratiquement sans incident, notamment sans colmatage.

Exemples de site

Utilisé dans le secteur de la viande et du sucre.

Bibliographie de référence

[13, Environment Agency of England and Wales, 2000, 145, Metcalf & Eddy, 1991]

4.5.3.2.3 Filtres anaérobies (T21)

Description

Dans le filtre anaérobie, les bactéries anaérobies se développent sur un milieu de garnissage. Ce milieu retient la biomasse dans le réacteur et favorise la séparation des gaz de la phase liquide. Le système peut fonctionner en mode ascendant ou descendant.

Arguments motivant la mise en application

Baisse des taux de DBO / DCO et stabilisation des déchets.

Données d'exploitation

Comme les bactéries sont retenues sur le milieu et ne sont pas emportées dans les eaux usées, les temps de séjour des cellules peuvent être de l'ordre de 100 jours.

Domaines d'application

Adapté aux eaux usées très polluées ayant une DCO de 10 000 – 70 000 mg/l.

Bibliographie de référence

[1, CIAA, 2002, 13, Environment Agency of England and Wales, 2000, 65, Germany, 2002, 145, Metcalf & Eddy, 1991]

4.5.3.2.4 Lit de boue ascendante anaérobie (UASB) (T22)Description

Avec le système UASB, les eaux usées sont dirigées vers le fond du réacteur pour être uniformément distribuées. Elles traversent un lit de granules bactériennes naturelles qui offrent une bonne capacité de sédimentation et ne sont donc pas emportées facilement par le système. Les bactéries réagissent puis la convection naturelle soulève un mélange de gaz, d'eaux usées traitées et de granules de boues vers le haut du réacteur. Des séparateurs triphasés brevetés sont utilisés pour séparer les eaux usées finales des solides (biomasse) et des biogaz

Arguments motivant la mise en application

Baisse des taux de DBO / DCO.

Données d'exploitation

On a noté des charges allant jusqu'à 60 kg DCO/m³ par jour, mais un taux de charge de 10 kg DCO/m³ par jour est plus courant, avec un temps de séjour hydraulique de 4 heures.

Le Tableau 4.153 montre les performances d'un réacteur UASB enregistrées dans l'industrie brassière.

Charge initiale (kg DCO/m³ par jour)	5 – 10
Niveau de DCO final (mg/ml)	500 – 1 000
Boues générées par kg de DCO éliminée (MES/kg)	0,04 – 0,08
Pour pouvoir rejeter dans les cours d'eau les eaux usées présentant de telles concentrations, elles doivent subir d'autres procédés de traitement.	

Tableau 4.153 : Performances d'un réacteur UASB enregistrées dans l'industrie brassière

Le réacteur UASB présente l'inconvénient d'être une technique sensible aux FOG. Le taux de graisse des eaux usées doit être inférieur à 50 mg/l, car il entrave sinon le procédé. En revanche, un avantage particulier au procédé est la formation de boulettes, ce qui permet non seulement de réactiver rapidement le système après des interruptions d'exploitation de plusieurs mois, mais également de vendre les boulettes de boues excédentaires pour inoculer de nouveaux systèmes.

Domaines d'application

Ce procédé convient particulièrement bien aux eaux usées contenant beaucoup de matières solides et une DOC relativement faible (< 2 000 mg/l), et lorsque la surface au sol est exigüe. Les réacteurs à lit de boues sont actuellement les réacteurs les plus utilisés par le secteur FDM.

Exemples de site

Utilisé dans le secteur de la viande, des fruits et légumes, de la brasserie, de l'amidon et du sucre.

Bibliographie de référence

[13, Environment Agency of England and Wales, 2000, 136, CBMC - The Brewers of Europe, 2002, 208, CIAA-AAC-UFE, 2003]

4.5.3.2.5 Réacteurs à circulation interne (IC) (T23)

Description

Il existe une configuration spéciale du procédé UASB (voir la section 4.5.3.2.4), à savoir le réacteur IC dans lequel deux compartiments à réaction UASB peuvent être placés l'un sur l'autre, l'un avec une charge élevée et l'autre faiblement chargé. Le biogaz recueilli dans le premier étage induit un soulèvement gazeux qui fait recirculer en interne les eaux usées et les boues, d'où la désignation du procédé.

Arguments motivant la mise en application

Baisse des taux de DBO / DCO.

Données d'exploitation

Le réacteur IC présente comme l'un des principaux avantages de pouvoir s'auto-contôler dans une certaine mesure, indépendamment des fluctuations des influents ou des charges. Tandis que la charge augmente, la quantité de méthane générée progresse également et accélère le degré de recirculation et de dilution de la charge entrante. Les taux de charge de ce procédé sont normalement de 15 à 35 kg DCO/m³ par jour.

Domaines d'application

Largement applicable dans le secteur FDM.

Bibliographie de référence

[13, Environment Agency of England and Wales, 2000]

4.5.3.2.6 Réacteurs USAB hybrides (T24)

Description

Le procédé hybride est une variation du UASB classique (voir la section 4.5.3.2.4). Il intègre une zone de garnissage au-dessus de la région ouverte principale. Ce dispositif permet de collecter et retenir les bactéries qui n'ont pas une nature granuleuse et qui, dans un réacteur UASB classique, seraient gaspillées par le procédé. En réagissant exactement de la même façon qu'un réacteur UASB traditionnel, le lit de boues inférieur réalise la plus grande partie de la biodégradation des matières organiques. Le rôle des micro-organismes et du matériau de garnissage est de fournir une certaine action de polissage pour garder en réserve les solides biologiques et d'empêcher que la biomasse ne soit emportée hors du réacteur.

Arguments motivant la mise en application

Baisse des taux de DBO / DCO.

Données d'exploitation

Les réacteurs hybrides anaérobie sont des systèmes haut rendement, démontrant normalement des taux de charge de 10 - 25 kg DDCOm³ par jour.

Domaines d'application

Largement applicable dans le secteur FDM.

Bibliographie de référence

[13, Environment Agency of England and Wales, 2000]

4.5.3.2.7 Réacteur à lit fluidifié et expansé (T25)

Description

Ces réacteurs sont semblables aux filtres anaérobies (voir la section 4.5.3.2.3). Si les particules et la biomasse sont complètement mélangées, le dispositif est désigné par le terme **lit fluidifié**, tandis qu'un dispositif partiellement mélangé s'appelle un **lit expansé**.

Arguments motivant la mise en application

Baisse des taux de DBO / DCO et stabilisation des déchets.

Données d'exploitation

Pour obtenir des rendements volume – temps élevés de 15 – 35 kg DCO/m³ par jour, il est primordial de remplir les réacteurs à méthane d'un volume d'eaux usées correctement acidifiées et exempt de solides. Pour cette raison, tous les systèmes à grande échelle ont été construits comme dispositif bi-stades, à savoir avec un étage d'acidification séparé.

Dans le réacteur à **lit fluidifié**, le matériau porteur est constamment en mouvement, avec un lit expansé à 50 % minimum. Le matériau porteur (normalement du sable, mais parfois aussi de la pierre ponce ou des boulettes en plastique) reste en suspension par le débit de recirculation. La recirculation doit être par conséquent suffisamment puissante pour garder le matériau porteur en suspension. Néanmoins, il faut veiller à ce qu'une circulation excessive ne détache pas la biomasse du matériau porteur.

Le réacteur à **lit expansé** comporte également un matériau porteur, qui est souvent simplement du sable ou des matières plastiques synthétiques. Des matériaux légers sont souvent utilisés pour réduire à un minimum la vélocité du flux ascendant requise pour fluidifier le lit ; les particules sont normalement comprises entre 0,3 et 1,0 mm.

Domaines d'application

Applicable dans les installations FDM dont les eaux usées présentent des charges polluantes basses, avec une DCO moyenne comprise entre 1 500 et 3 600 mg/l.

Exemples de site

Utilisé dans le secteur du sucre.

Bibliographie de référence

[13, Environment Agency of England and Wales, 2000, 65, Germany, 2002]

4.5.3.2.8 Réacteurs à lit expansé de boues granulaires (EGSB) (T26)Description

Les réacteurs EGSB fonctionnent avec des boues granulaires de même nature que celles des réacteurs UASB (voir la section 4.5.3.2.4), mais le lit de boues granulaires est beaucoup plus profond et le débit de montée des eaux plus élevé. Le digesteur utilise des eaux traitées recirculées. Il comporte un séparateur triphasé (solide, liquide, gaz).

Arguments motivant la mise en application

Baisse des taux de DBO / DCO et d'azote. Consommation électrique réduite grâce à la production électrique par combustion du méthane généré dans l'unité CIP, par exemple dans une distillerie de mélasse.

Données d'exploitation

On a noté des taux de charge de 30 kg DCO/m³ par jour maximum. Le débit de montée des eaux s'élève normalement à 3 m/h, comparé à 1 m/h pour le réacteur UASB. La phase de mise en œuvre / acclimatation initiale n'est pas longue.

Le tableau 4.61 montre les performances d'un réacteur EGSB enregistrées dans l'industrie brassière.

Charge initiale (kg DCO/m³ par jour)	15 – 25
Niveau de DCO final (mg/ml)	500 – 1 000
Boues générées par kg de DCO éliminée (MES/kg)	0,04 – 0,08
Pour pouvoir rejeter dans les cours d'eau les eaux usées présentant de telles concentrations, d'autres procédés de traitement sont préalablement nécessaires.	

Tableau 4.154 : Performances d'un réacteur EGSB enregistrées dans l'industrie brassière

Dans un exemple de distillerie de mélasse, un réacteur EGSB traite les vapeurs condensées provenant de l'unité de condensation et l'eau-de-vie première de la distillation / rectification. Le réacteur baisse la DCO et la charge d'azote dans l'unité de boues activées située en aval. Le méthane produit est brûlé dans une installation CHP pour générer de l'électricité et de la chaleur. Le réacteur à haut rendement ne génère qu'une petite quantité de boues aérobies excédentaires. Dans cet exemple, elles sont concentrées dans un décanteur et destinées à l'usage agricole ou mises en décharge dans une SEEUM.

Domaines d'application

Largement applicable dans le secteur FDM.

Arguments motivant la mise en application

Réduction des coûts de traitement des eaux usées et conformité assurée avec les valeurs-seuils de mise en décharge.

Exemples de site

Utilisé dans le secteur du sucre, des boissons alcoolisées et non alcoolisées, et de la brasserie.

Bibliographie de référence

[65, Germany, 2002, 136, CBMC - The Brewers of Europe, 2002]

4.5.3.3 Procédés aérobies / anaérobies combinés

4.5.3.3.1 Bioréacteurs à membrane (BRM) (T27)

Description

Un BRM est une variation du système à boues activées classique où plusieurs modules à membrane, ou cartouche, sont placés dans le corps de la cuve de réaction. Après le traitement biologique, le liquide brassé est pompé sous pression statique et envoyé dans le module à membrane. Les solides et les liquides sont ensuite séparés, les eaux usées propres sont rejetées et le mélange concentré est renvoyé sous pression dans le bioréacteur. Le BRM peut fonctionner en mode **aérobies** ou **anaérobies**, ce qui accroît la variété d'agents chimiques appropriés, par exemple ceux pour nettoyer biologiquement les membranes.

Arguments motivant la mise en application

Baisse des taux de DBO / DCO.

Interactions entre les milieux

Consommation énergétique plus élevée que les boues activées classiques et augmentation de la production des eaux usées lorsque les membranes sont encrassées.

Données d'exploitation

Le BRM convient à une variété de charges. Il peut atteindre un rendement plus élevé de différentes manières. Concrètement, on peut augmenter la pression statique car elle hausse la quantité d'oxygène dissoute, ce qui favorise le transfert massique ; on peut remplacer l'air par de l'oxygène et utiliser un système multi-stades pour optimiser le procédé. Pour l'élimination des huiles et des graisses, leur concentration dans les eaux usées peut être ramenée à moins de 15 mg/l.

Le BRM sépare très efficacement la biomasse, permettant à la concentration de biomasse présente dans le réacteur amont d'être dix fois plus élevée que la concentration normalement réalisable dans un système de croissance en suspension traditionnel. Avec le BRM, une seconde décantation est inutile et on peut obtenir des niveaux de MLSS très importants, à savoir 12 – 17 000 mg/l. La Figure 4.79 représente le schéma de principe simplifié du procédé BRM.

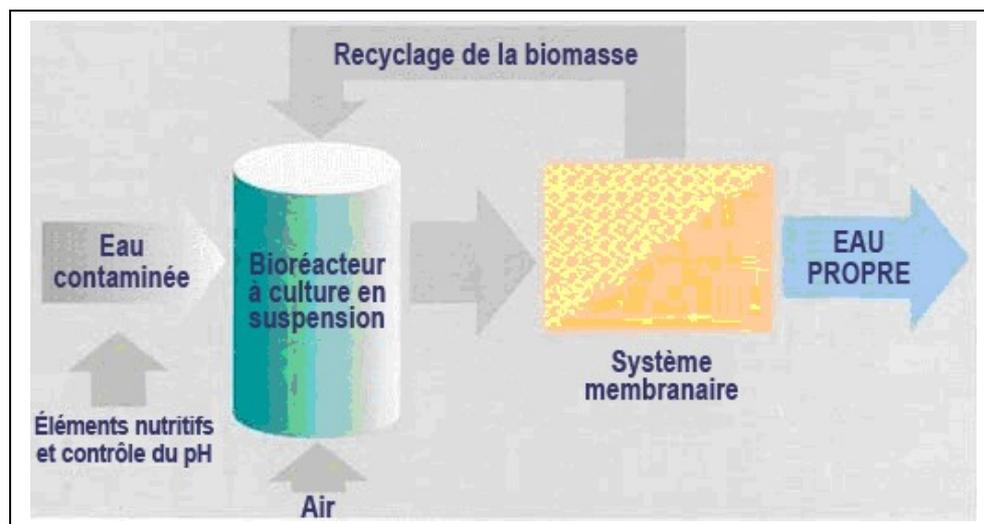


Figure 4.79 : Schéma de principe simplifié du procédé BRM [155, UBC Civil Engineering, 2003]

La consommation énergétique du pompage pourrait être beaucoup plus élevée que le système des boues activées traditionnel, mais elle peut diminuer en faisant écouler les eaux usées par gravité. Un exemple de laiterie en Irlande traite 9 000 m³/d d'eaux usées selon des normes strictes pour les rejeter dans un cours d'eau local. Elle utilise l'écoulement par gravité pour économiser de l'énergie.

L'encrassement de la membrane peut poser un problème majeur. On a recours à l'aération et au lavage à contre-courant pour tenter de maîtriser ce problème qui hausse la production d'eaux usées. La DAF (voir la section 4.5.2.6) est utilisée pour récupérer et nettoyer la surface de la membrane, évitant ainsi l'encrassement biologique.

Domaines d'application

Le BRM est applicable dans toutes les installations FDM. Cette technique a l'avantage de présenter un encombrement réduit. Le système est idéal pour les petits volumes d'eaux usées fortement concentrées. Il est particulièrement avantageux dans les situations qui exigent un long temps de rétention des solides pour obtenir la dégradation biologique nécessaire des polluants. En outre, les eaux usées contenant des composés difficilement dégradables, comme les phénols, les pesticides, les herbicides et les solvants chlorés, et une pollution organique importante, peuvent être traitées avec le BRM.

Données financières

Coûts d'exploitation élevés.

Exemples de site

Utilisé dans le secteur de la viande, des fruits et légumes, des produits laitiers et des boissons alcoolisées et non alcoolisées. On note qu'il est en cours de développement dans le secteur de l'amidon.

Bibliographie de référence

[13, Environment Agency of England and Wales, 2000, 155, UBC Civil Engineering, 2003, 250, UK TWG, 2004]

4.5.3.3.2 Systèmes multi-stade (T28)

Description

Les divers procédés de traitement des eaux usées **aérobie** et **anaérobie** peuvent être mis en œuvre seuls ou en groupe. Lorsqu'ils sont combinés et exploités en série, la technique s'appelle un **système multi-stades**. Le traitement des eaux usées se déroule successivement par étapes individuelles, séparées les unes des autres par des circuits de boues indépendants.

Arguments motivant la mise en application

Baisse des taux de DBO / DCO et réutilisation de l'eau.

Données d'exploitation

Les procédés suivants sont généralement combinés pour le traitement aérobie :

- Boues activées / Boues activées
- Filtre percolateur / Filtre percolateur
Filtre percolateur / Boues activées
- Boues activées / Filtre percolateur
- Lagunes / Boues activées
- Lagunes / Filtre percolateur.

Dans les secteurs de la viande, des fruits et légumes et des boissons alcoolisées et non alcoolisées, un système biologique bi-stades, un procédé anaérobie suivi par un procédé aérobie, peut être mis en place pour obtenir la qualité d'eau adéquate à leur recyclage ou à leur rejet dans un cours d'eau.

Domaines d'application

Applicable dans les installations FDM produisant des eaux usées très concentrées.

Exemples de site

Utilisé dans le secteur de la viande, des fruits et légumes, des boissons alcoolisées et non alcoolisées, des huiles végétales et des graisses, et de l'amidon.

4.5.4 Traitements tertiaires

Après le traitement secondaire, d'autres traitements peuvent s'avérer nécessaires pour pouvoir réutiliser l'eau comme eau de procédé ou eau de lavage de qualité médiocre, ou pour respecter la réglementation sur les rejets. Le traitement tertiaire se réfère à tout procédé qui est considéré comme une étape de "polissage", systèmes de désinfection et de stérilisation compris.

Dans le présent document, le traitement tertiaire fait référence à un traitement évolué des eaux usées pour retirer les constituants particulièrement nuisibles, entre autres les solides résiduels en suspension et les matières organiques.

Dans les zones sensibles, les nutriments des végétaux, à savoir l'azote et le phosphore, doivent être retirés avant leur rejet dans les eaux de surface. [209, EC, 1991]. Lors de la sélection de la stratégie de maîtrise des éléments nutritifs appropriée, il est important d'examiner :

- Les caractéristiques des eaux usées non traitées
- Le type de SEEU qui sera utilisée
- Le degré de contrôle des éléments nutritifs requis
- Le besoin d'éliminer les éléments nutritifs selon les saisons ou toute l'année.

4.5.4.1 Nitrification / dénitrification biologique (T29)

Description

Cette technique est une variation du procédé des boues activées. Cette section décrit quatre types de procédé.

Dans la **dénitrification comme première opération**, les influents pénètrent d'abord dans le bassin de dénitrification. Du $\text{NH}_4\text{-N}$ traverse le bassin sans être modifié, tandis que de l'azote organique est partiellement hydrolysé en $\text{NH}_4\text{-N}$. Dans le bassin de nitrification suivant, l'hydrolyse est achevée et l'ammoniac en particulier est nitrifié. Le nitrate formé est transporté par les boues retour et par une recirculation intensive allant de la sortie du bassin de nitrification vers le bassin de dénitrification, où il est réduit en azote.

Dans un système avec **dénitrification simultanée**, des zones aérobie et anoxiques sont créées selon les besoins en contrôlant l'apport d'oxygène dans le bassin. Les systèmes de dénitrification simultanée sont essentiellement conçus comme des bassins de circulation ou des bassins à circulation interne.

Dans la **dénitrification intermittente**, des bassins de boues activées entièrement brassées sont périodiquement aérés. Dans le bassin de boues activées, des procédés aérobie et anoxique se succèdent dans le même bassin. L'étendue de la nitrification et dénitrification peut en grande partie être adaptée aux conditions de l'afflux en modifiant les temps opératoires.

Dans la **dénitrification en cascade**, plusieurs compartiments comprenant des processus anoxique et aérobie (précédant la dénitrification) sont disposés en série sans décantation intermédiaire. L'eau non traitée pénètre dans la première cascade pour utiliser au mieux le substrat présent dans les eaux usées. Le flux retour des boues est acheminé vers le premier bassin. Dans ce système, une recirculation interne entre les différents stades n'est pas nécessaire.

Arguments motivant la mise en application

Réduction des niveaux d'azote et économies d'énergie.

Données d'exploitation

Cette technique offre une forte potentialité d'extraction performante, une stabilité et fiabilité de procédé importante, une maîtrise du procédé relativement simple et un faible encombrement.

Le secteur de l'amidon note que les réactions de nitrification et dénitrification surviennent dans un milieu anoxique qui peut être obtenu soit en aérant par intermittence le bassin des boues activées, soit dans une zone anoxique séparée. L'azote est éliminé lors de la dénitrification comme première opération.

Domaines d'application

Applicable dans les installations FDM dont les eaux usées contiennent de l'azote.

Données financières

Coût modéré.

Exemples de site

Utilisé dans le secteur des fruits et légumes, et de l'amidon.

Bibliographie de référence

[31, VITO, et al., 2001, 65, Germany, 2002, 145, Metcalf & Eddy, 1991]

4.5.4.2 Extraction de l'ammoniaque (T30)

Description

Outre les procédés biologiques, un certain nombre de procédés physico-chimiques sont disponibles pour purifier les flux d'eaux usées chargés d'azote. Dans le secteur FDM, le condensat qui contient de fortes concentrations d'ammonium peut être débarrassé de l'ammoniaque dans un système bi-stades. Ce système se compose d'une colonne de désorption et d'une colonne d'absorption qui sont remplies d'un matériau de garnissage pour accroître la surface de contact eau - air.

La **colonne de désorption** est remplie d'un condensat alcalin par le haut, pour déplacer l'équilibre $\text{NH}_4^+ - \text{NH}_3$ vers NH_3 . L'ammoniac descend ensuite dans la colonne alors qu'on injecte de l'air par le bas. Dans le procédé à contre-courant, l'ammoniaque en phase aqueuse se transforme donc en phase gazeuse.

L'air enrichi d'ammoniac est ensuite transporté dans la **colonne adsorption**, où une solution acide extrait l'ammoniac de l'air d'extraction. Cette solution circulée dans la colonne de désorption se compose environ de 40 % de sulfate d'ammonium. L'air maintenant débarrassé de l'ammoniac est recyclé comme air d'extraction.

Le condensat dont la teneur en ammonium est faible après l'extraction est partiellement réutilisé comme eau de service. L'excédent de condensat restant est canalisé dans le procédé de purification biologique aérobie. Cette technique est résumée dans la Figure 4.80.

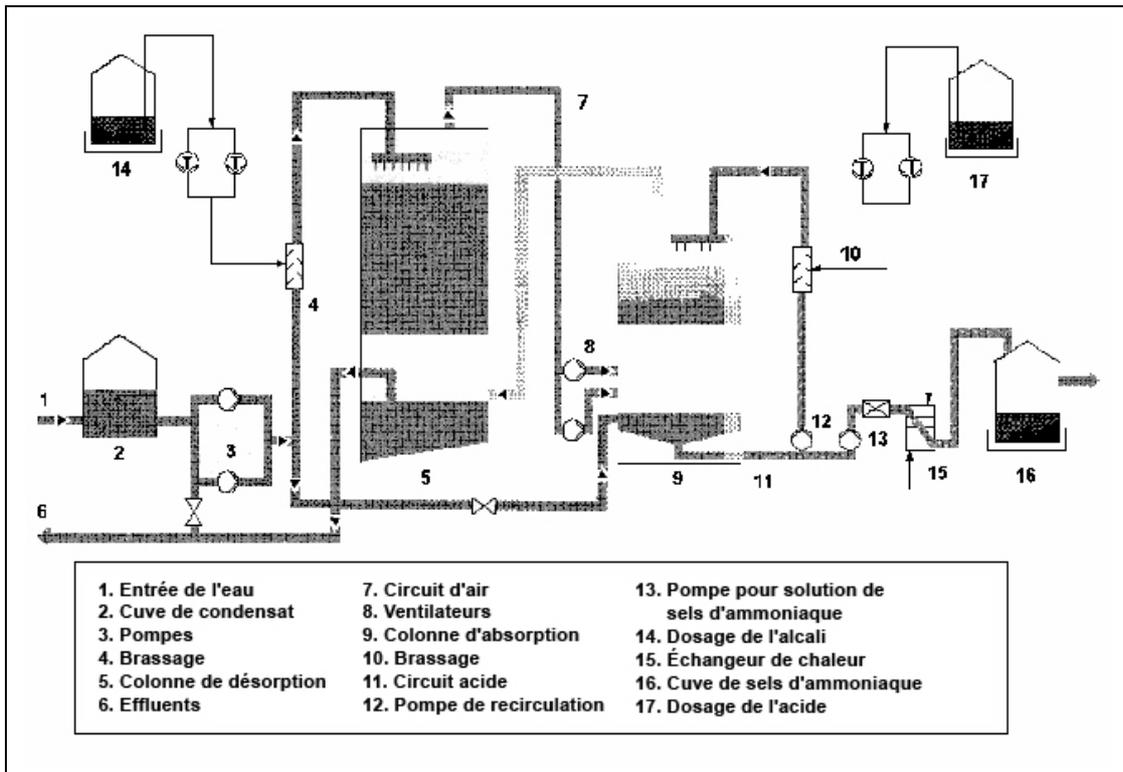


Figure 4.80 : Procédé d'extraction de l'ammoniaque

Arguments motivant la mise en application

Réduction des taux d'azote. Moins de déchets, c'est-à-dire que la solution de sulfate d'ammonium ((NH₄)₂SO₄) créée pendant le procédé peut être utilisée comme engrais liquide ou source d'azote non protéinée comme aliment pour ruminants. Réutilisation de l'eau comme eau de service, à savoir réutilisation du condensat dont la teneur en ammonium est faible.

Données d'exploitation

Des concentrations d'ammonium inférieures à 2 mg/l peuvent être atteintes dans le flux de sortie, ce qui correspond à un niveau de performances d'environ 99 %.

Le Tableau 4.155 donne des exemples de paramètres de réalisation concernant l'extraction d'ammoniaque dans le condensat généré par l'industrie du sucre

Paramètre	Unité	Valeur
Débit de l'eau	m ³ /h	400
Concentration d'ammoniaque du condensat	mg/l	150
Concentration d'ammonium du flux de sortie (à 55 °C)	mg/l	1,7
Consommation d'air	Nm ³ /h	320 000
Consommation électrique	kW	300

Tableau 4.155 : Paramètres de réalisation pour l'extraction de l'ammoniaque dans les eaux usées de l'industrie sucrière (condensat)

Domaines d'application

Techniquement, le procédé d'extraction de l'ammoniaque a fait ses preuves dans le traitement des eaux usées à fortes concentrations d'ammoniaque.

Données financières

Le condensat à faible teneur en ammonium et la solution de sulfate d'ammonium peuvent être réutilisés.

Arguments motivant la mise en application

La concentration d'ammoniacale dans les eaux usées est normalement contrôlée en raison de ses effets toxiques sur l'écosystème des eaux réceptrices.

Bibliographie de référence

[65, Germany, 2002]

4.5.4.3 Élimination du phosphore par des méthodes biologiques (T31)Description

Les eaux usées de l'industrie FDM peuvent contenir une quantité importante de phosphore si les agents nettoyants contiennent des ingrédients phosphatés. Entre 10 et 25 % du phosphore qui entre dans le système peut être éliminé pendant le traitement primaire ou secondaire. S'il faut en retirer un pourcentage plus élevé, on peut également avoir recours à des méthodes de traitement biologique. Les méthodes consistent à stresser les micro-organismes des boues pour qu'ils absorbent plus de phosphore que la quantité nécessaire à la croissance cellulaire. Deux types de procédés de traitement biologiques destinés à l'élimination du phosphore sont décrits dans la présente sous-section.

Le **procédé A/O** propriétaire destiné à l'élimination du phosphore du flux principal est utilisé pour l'oxydation du carbone et l'extraction du phosphore des eaux usées. Ce procédé est un système de croissance en suspension dans un type de boues qui utilise en alternance des sections anaérobie et aérobie.

Dans le **procédé phostrip** destiné à l'élimination du phosphore des flux secondaires, une partie des boues activées retour est détournée vers une cuve d'extraction du phosphore anaérobie.

Arguments motivant la mise en application

Baisse des taux de phosphore et de DBO / DCO.

Données d'exploitation

Les performances d'extraction du phosphore de diverses méthodes de traitement des eaux usées sont répertoriées dans le Tableau 4.156.

Traitement ou procédé	Extraction du phosphore (%)
Traitement primaire	10 – 20
Précipitation (voir la section 4.5.2.9)	70 – 90
Boues activées (voir la section 4.5.3.1.1)	10 – 25
Filtre percolateur (voir la section 4.5.3.1.5)	8 – 12
RBC (voir la section 4.5.3.1.7)	8 – 12
Extraction biologique du phosphore	70 – 90
Adsorption du carbone (voir la section 4.5.4.4)	10 – 30
Filtration (voir la section 4.5.4.5)	20 – 50
OI (voir la section 4.5.4.6)	90 – 100

Tableau 4.156 : Performances d'extraction du phosphore de diverses méthodes de traitement des eaux usées

On note que le traitement biologique est plus difficile à réaliser que la précipitation.

Domaines d'application

Applicable dans les installations FDM dont les eaux usées contiennent du phosphore.

Exemples de site

Utilisé dans le secteur des fruits et légumes.

Bibliographie de référence

[31, VITO, et al., 2001, 145, Metcalf & Eddy, 1991]

4.5.4.4 Élimination des substances dangereuses et à risques prioritaires (T32)

Description

Des solvants organiques, des résidus de pesticide et des agents chimiques organiques et inorganiques toxiques peuvent apparaître dans les eaux usées. La Directive 76/464/EEC [206, EC, 1976] sur la pollution provoquée par certaines **substances dangereuses** rejetées dans le milieu aquatique et ses directives affiliées dressent la Liste I et la Liste II des groupes de substances "particulièrement dangereuses" et "moins dangereuses" respectivement, en se basant sur la toxicité, la persistance et la bioaccumulation. La Directive 2000/60/EC [207, EC, 2000] sur la politique de l'eau vise à éliminer les **substances à risques prioritaires**. Cette Directive déclare que la pollution par le rejet, l'émission ou la perte de substances à risques prioritaires doit être stoppée ou s'arrêter progressivement. Le Parlement européen et le Conseil, sur la proposition de la Commission, ont défini les substances qui devraient faire l'objet d'une action prioritaire, ainsi que les mesures spécifiques qui devaient être prises pour lutter contre la pollution de l'eau par ces substances.

Un grand nombre de ces substances peut être éliminé en mettant en oeuvre les traitements adéquats, comme la décantation (voir la section 4.5.2.5), la précipitation (voir la section 4.5.2.9), la filtration (voir la section 4.5.4.5) et la filtration membranaire (voir la section 4.5.4.6). Une élimination plus poussée peut être réalisée par des traitements tertiaires tels que l'adsorption au carbone et l'oxydation chimique.

L'adsorption au carbone est une méthode de traitement des eaux usées évoluée. On place généralement des filtres en matière granulaire en amont des contacteurs à carbone activé pour extraire les organiques solubles associés aux solides en suspension des effluents secondaires. On utilise du carbone en granule et en poudre qui semble avoir une faible affinité pour les espèces organiques polaires à faible poids moléculaire. Le carbone activé granulaire fonctionne en adsorbant les contaminants sur et à l'intérieur des granules de carbone. Ces types de matière filtrante permettent également d'éliminer des produits chimiques, des goûts et des odeurs.

L'oxydation chimique peut éliminer l'ammoniacque, réduire la concentration d'organiques résiduels, ainsi que le contenu bactérien et viral des eaux usées. Les oxydants utilisés sont le chlore, le dioxyde de chlore et l'ozone.

Arguments motivant la mise en application

Réduction des substances dangereuses et à risques prioritaires, de la DBO / DCO et du phosphore. Désinfection des eaux usées en utilisant l'oxydation chimique.

Interactions entre les milieux

Production de déchets.

Données d'exploitation

En utilisant l'**adsorption au carbone**, d'importantes concentrations de solides en suspension dans l'influent formeront des dépôts sur les granules de carbone. Ce phénomène entraînera une perte de pression, une canalisation ou un blocage du flux, et une baisse de la capacité d'adsorption. Des variations du pH, de la température et du débit peuvent également nuire aux performances des contacteurs au carbone.

On note des performances d'élimination du phosphore comprises entre 10 et 30 % avec l'adsorption au carbone.

Domaines d'application

Applicable dans toutes les installations FDM dont les eaux usées contiennent des substances dangereuses et à risques prioritaires.

Données financières

Coût énergétique élevé.

Arguments motivant la mise en application

Respect de la réglementation.

Exemples de site

L'adsorption au carbone est utilisée dans les secteurs de la viande, des fruits et légumes, et des boissons alcoolisées et non alcoolisées.

Bibliographie de référence

[31, VITO, et al., 2001, 145, Metcalf & Eddy, 1991, 206, EC, 1976, 207, EC, 2000]

4.5.4.5 Filtration (T33)

Description

La filtration, par exemple la filtration lente, la filtration rapide, la filtration à lit profond, la filtration de surface (microcriblage), la biofiltration et la filtration coagulation, peut intervenir comme séquence de polissage des eaux usées pour retirer les matières solides. Contrairement à la sédimentation (voir la section 4.5.2.5) ou à la DAF (voir la section 4.5.2.6), la filtration ne nécessite pas de différence de densité entre les particules et le liquide. La séparation des particules et du liquide est réalisée par un différentiel de pression entre les deux côtés du filtre. L'eau peut ainsi traverser le filtre et les particules sont retenues par le matériau filtrant.

Les filtres sont des filtres par gravité ou des filtres par pression. En fonction de la nature des solides, on peut choisir un filtre de **sable standard** ou un filtre **bi-matière** (sable / anthracite). Il existe plusieurs filtres de sable auto-nettoyants en continu qui se sont avérés extrêmement efficaces dans le polissage de solides en suspension dans les eaux usées finales.

Arguments motivant la mise en application

Réduction des niveaux de solides en suspension et de phosphore.

Données d'exploitation

Dans l'industrie brassière, on note l'utilisation de filtres de sable pour respecter les plafonds inférieurs à 15 mg/l de DBO et 20 – 30 mg/l de solides en suspension. Les filtres de sable sont utilisés pour retirer les solides en suspension car la DBO soluble est très faible après un traitement aérobie prolongé.

On a enregistré des performances d'élimination du phosphore de 20 – 50 % avec la filtration.

Domaines d'application

Applicable dans toutes les installations FDM pour diminuer les solides en suspension.

Exemples de site

Utilisé dans le secteur de la viande, des fruits et légumes, de la brasserie, des boissons alcoolisées et non alcoolisées, et des huiles végétales et des graisses.

Bibliographie de référence

[1, CIAA, 2002, 13, Environment Agency of England and Wales, 2000, 65, Germany, 2002, 136, CBMC - The Brewers of Europe, 2002]

4.5.4.6 Filtration membranaire (T34)

Description

Pour réaliser des séparations sélectives, les procédés de filtration membranaire utilisent une membrane semi-perméable activée par pression. La sélectivité se fait essentiellement par la taille des pores. Les pores de la membrane sont relativement gros s'il faut enlever des précipités ou des

matières en suspension ; ils sont très petits pour intercepter les sels inorganiques ou les molécules organiques. Pendant le service, la solution d'entrée traverse la membrane, de l'eau propre filtre à travers la membrane et les contaminants et une partie de l'influent restent dans la solution. Les eaux usées propres ou traitées sont désignées par le terme « perméat ou flux d'eau produit », tandis que le flux contenant les contaminants se dénomme « concentré, saumure ou rejet ».

La microfiltration tangentielle (CFM) est une filtration tangentielle qui utilise des membranes dont la taille des pores est comprise entre 0,1 et 1,0 μ . Comme la membrane résiste relativement bien à l'encrassement et est facile à nettoyer, l'influent n'a pas besoin de subir un traitement primaire approfondi.

L'Ultrafiltration (UF) est semblable à la CFM, mais les membranes de l'UF présentent des pores plus fins, de 0,001 à 0,02 μ . Les pores les plus fins peuvent intercepter des molécules de 1 nm de diamètre minimum ou des poids moléculaires nominaux supérieurs à 2 000. Certains traitements primaires peuvent s'avérer nécessaires pour éviter l'encrassement de la membrane. Pour la plupart des réalisations UF, l'introduction d'adsorbants ou de flocculants dans l'influent n'est pas recommandée puisqu'ils risquent de colmater le module à membrane.

La filtration par osmose inverse (OI) permet d'intercepter des molécules organiques et inorganiques dissoutes. L'eau est séparée des sels dissous en la filtrant au moyen d'une membrane semi-perméable à une pression supérieure à la pression osmotique causée par les sels. L'avantage de l'OI réside dans le fait que la séparation est moins sélective qu'avec les autres procédés. La solution purifiée filtre au travers de la membrane.

La **nanofiltration (NF)** est une technique relativement nouvelle qui combine les caractéristiques de l'UF et de l'OI avec une haute sélectivité. Son nom fait référence à la taille de la découpe approximative de certains nanomètres, ou plus exactement des masses molaires comprises entre 200 et 1000 g/mol. Pour cela, on utilise des membranes de nanofiltration spéciales dont les pores ont toujours une taille définie, mais dont la rétention dépend de la charge électrostatique des molécules à intercepter. Les membranes présentent une perméabilité sélective pour les minéraux, c'est-à-dire une perméabilité élevée pour les cations et anions monovalents et une perméabilité faible pour les cations bivalents. Les systèmes de nanofiltration fonctionnent à des pressions moyennes de 1 – 5 MPa.

L'électrodialyse permet la séparation ionique en utilisant comme force un champ électrique au lieu d'une force hydraulique. Les membranes utilisées sont adaptées pour différencier les ions (les cations et les anions). Pour former l'unité d'électrodialyse, il faut un certain nombre de cellules. La précipitation chimique des sels sur la membrane et son colmatage par des colloïdes organiques résiduels peuvent être évités en prétraitant les eaux usées avec du carbone activé, une précipitation chimique, ou une filtration multimatière.

Arguments motivant la mise en application

Réduction des solides en suspension, colloïdaux et dissous. Les niveaux de phosphore diminuent également en utilisant l'OI. Les eaux usées sont concentrées, ce qui permet de réduire leur volume avant de poursuivre le traitement / la mise en décharge, par exemple concentrer des déchets dilués à des taux qui permettent de les réutiliser. La potentialité de récupérer des ingrédients de valeur pour les réutiliser ou les rendre / vendre aux fournisseurs sur le site ou dans d'autres lieux. Récupération d'ingrédients / de matières à la source. Récupération de l'eau pour être réutilisée.

Interactions entre les milieux

Production potentielle d'eaux usées supplémentaires.

Données d'exploitation

Des problèmes peuvent découler de l'encrassement des membranes et de la polarisation du gel. Comme les débits traversant les membranes sont relativement faibles, la surface membranaire doit être importante pour pouvoir récupérer les matières.

Avec l'UF, jusqu'à 90 à 95 % de l'influent peut être récupéré comme eau produit. Avec l'OI, on note des performances d'extraction du phosphore atteignant 90 – 100 %.

Les membranes OI sont très sensibles à l'encrassement, et elles peuvent demander un degré important de traitement primaire. Les oxydants qui risquent d'attaquer la membrane et les particules, par exemple l'huile, la graisse et autres matières conduisant à la formation d'un film ou d'une pellicule, doivent être éliminés par un traitement primaire ; la membrane nécessitera sinon des cycles de nettoyage fréquents. Les flux de produit OI sont normalement d'excellente qualité et ils peuvent être recyclés dans les procédés de fabrication. La pratique courante consiste à rejeter le flux d'effluents ou d'appliquer un traitement adapté à la saumure concentrée. La récupération possible, ainsi que la pression de service requise, dépendront du type de solides dissous et de leur concentration.

Domaines d'application

La technique CMF convient à l'extraction de bactéries et de contaminants dans les flux d'entrée, mais elle ne peut pas traiter efficacement les pesticides, à moins que ces ingrédients actifs soient relativement insolubles ou adhèrent aux matières en suspension. La CMF s'utilise au Royaume-Uni pour extraire les métaux lourds des eaux usées industrielles.

Parmi les applications de l'UF, citons l'extraction de l'huile dans les eaux usées et l'élimination de la turbidité dans les colloïdes colorés. Dans le secteur du poisson, on note l'utilisation de l'UF pour traiter les eaux usées provenant de la production de poisson haché. Cependant, cette méthode est supposée ne pas être rentable pour séparer les protéines des eaux usées issues de la farine de poisson.

L'OI a été utilisé pour extraire les métaux lourds et les pesticides dont le poids moléculaire des ingrédients actifs est supérieur à 200.

Données financières

Les coûts d'exploitation associés à l'utilisation et au nettoyage des membranes peuvent être très élevés, de même que les coûts énergétiques.

Exemples de site

Utilisé dans le secteur de la viande, du poisson, des fruits et légumes, des boissons alcoolisées et non alcoolisées, et des huiles végétales et des graisses.

Bibliographie de référence

[13, Environment Agency of England and Wales, 2000, 87, Ullmann, 2001, 134, AWARENET, 2002, 145, Metcalf & Eddy, 1991]

4.5.4.7 Filtres nitrificateurs biologiques (T35)

L'ammoniaque est normalement éliminée lors d'un traitement biologique secondaire en conservant les boues pendant longtemps pour faciliter la prolifération des bactéries nitrificatrices. Néanmoins, il est également courant d'installer des filtres nitrificateurs biologiques tertiaires séparés. Il s'agit habituellement de variations du filtre standard aérobie percolateur ou haut rendement. Ils peuvent précéder des installations de boues activées ou des systèmes de croissance bactérienne fixe.

4.5.4.8 Désinfection et stérilisation (T36)

Les techniques de désinfection et de stérilisation fonctionnent toutes selon le même principe de base. Elles agissent sur la structure cellulaire à l'intérieur de la bactérie et l'empêche de se reproduire. Les désinfectants utilisés pour la production FDM sont conformes aux exigences de la Directive 98/8/EC [226, EC, 1998]. L'évaluation des effets sur l'environnement et la santé publique des substances actives des désinfectants débutera en 2007. Plusieurs types de traitement peuvent être mis en place. Ils utilisent des biocides oxydants, non-oxydants et des rayons UV. De la vapeur est également nécessaire pour la désinfection, pour tuer les micro-organismes thermorésistants.

4.5.4.8.1 Biocides

Description

Les **biocides oxydants** agissent en oxydant les parois cellulaires des bactéries pour empêcher leur reproduction. On utilise des agents oxydants puissants comme le chlore / le brome, l'ozone et le peroxyde d'hydrogène. Les composés chlorés, comme le gaz chloré, le dioxyde de chlore, l'hypochlorite de sodium ou de calcium, utilisent la formation d'acide hypochloré (le biocide actif) dans une solution aqueuse. Les biocides à base de brome deviennent plus courants dans les applications industrielles en raison des espèces d'acide hypobromé qui se dégradent à un pH plus élevé que les composés équivalents à base de chlore.

L'**ozone** peut être généré par l'air ou par de l'oxygène pur en soumettant à une tension élevée l'espace entre deux électrodes proches l'une de l'autre. Une fois généré, l'ozone se dissipe rapidement. Aucun résidu chimique ne persiste dans les eaux usées mais sa teneur en oxygène dissous est élevée. La réaction ne produit pas de composé halogéné. L'ozone sert également d'agent oxydant.

Les **biocides non-oxydants** agissent en altérant chimiquement la structure cellulaire pour empêcher la reproduction cellulaire bactérienne. Leur utilisation est en progression dans le secteur FDM. Ils comprennent entre autres les sels d'ammonium quaternaires, le formaldéhyde et le glutaraldéhyde.

Arguments motivant la mise en application

Réutilisation des eaux usées, même comme eau potable.

Interactions entre les milieux

Lorsqu'on utilise des composés chlorés, les composés organiques présents dans les eaux usées risquent de réagir avec le chlore pour créer des substances toxiques, comme les chloramines et d'autres composés halogènes organiques. En outre, cette réaction peut réduire le dosage de chlore effectif. Le chlore peut également être très agressif envers les matériaux de construction, même l'acier inoxydable. Les composés halogènes organiques peuvent entraver le traitement biologique ultérieur des eaux usées, après la réutilisation des déchets. Lorsqu'on utilise de l'ozone, des composés carcinogènes ou mutagènes peuvent se former. L'ozone étant un irritant pulmonaire, il faut contrôler l'exposition du personnel sur le lieu de travail.

Données d'exploitation

L'ozonation se déroule dans des enceintes de contact profondes et couvertes. Elle est efficace sans utiliser de produits chimiques. L'ozone se dégrade naturellement pour reformer de l'oxygène au bout de quelques heures.

Le secteur du poisson a utilisé l'ozone pour traiter différents flux d'eaux usées. On note qu'il est très efficace dans le traitement de déchets relativement dilués. Pour des eaux usées plus concentrées, comme les opérations de transformation des poulpes, l'ozone peut servir de séquence de polissage.

Domaines d'application

Applicable dans toutes les installations FDM.

Données financières

Le coût d'utilisation de l'ozone est légèrement élevé. L'utilisation d'autres biocides entraîne des coûts d'investissement et d'exploitation relativement bas.

Exemples de site

Utilisé dans le secteur de la viande, du poisson, des fruits et légumes, et des boissons alcoolisées et non alcoolisées.

Bibliographie de référence

[1, CIAA, 2002, 13, Environment Agency of England and Wales, 2000, 17, Envirowise (UK) and March Consulting Group (UK), 1998, 66, EC, 1998, 134, AWARENET, 2002]

4.5.4.8.2 Rayons ultraviolets

Description

Les **rayons ultraviolets** incarnent peut-être l'avancée la plus marquante dans les technologies de désinfection des dix dernières années. La lumière UV à 254 nm est facilement absorbée par la matière génétique cellulaire à l'intérieur des bactéries et des virus. Par ailleurs, elle inhibe la reproduction cellulaire. Le dosage est mesuré en milliwatt par centimètre carré, multiplié par le temps de contact en seconde. La dose réelle dépend du facteur de transmission, c'est-à-dire qu'elle est liée à la présence d'autres composés qui absorbent et réduisent l'efficacité des rayons UV.

Arguments motivant la mise en application

Réutilisation des eaux usées, même comme eau potable.

Interactions entre les milieux

Comme les eaux traitées par rayon UV sont susceptibles d'être réinfectées, elles doivent être utilisées rapidement et de manière hygiénique.

Données d'exploitation

Les principaux avantages de la désinfection UV sur les autres techniques sont les suivants : pas de stockage et d'utilisation de produits chimiques dangereux, absence de sous-produits nocifs. En revanche, le principal inconvénient de la désinfection UV est qu'une ligne de visibilité directe doit être maintenue entre la lampe et les bactéries / virus. Tout niveau appréciable de solides en suspension ou de turbidité (qui diminuent le facteur de transmission) protégera les bactéries et inhibera leur désinfection. Les eaux usées contenant des composés avec des facteurs de transmission élevés exigent des doses de rayons UV plus fortes. L'ozone et les rayons UV sont instables et ils doivent être générés comme ils sont utilisés.

Domaines d'application

Applicable dans toutes les installations FDM.

Données financières

Coûts d'investissements et d'exploitation relativement bas.

Exemples de site

Utilisé dans le secteur de la viande, du poisson, des fruits et légumes, des produits laitiers, et des boissons alcoolisées et non alcoolisées.

Bibliographie de référence

[1, CIAA, 2002, 13, Environment Agency of England and Wales, 2000, 66, EC, 1998, 134, AWARENET, 2002]

4.5.5 Traitements naturels

Dans l'environnement naturel, les procédés biologiques et physico-chimiques ont lieu lorsqu'il y a interaction entre l'eau, la terre, les plantes, les micro-organismes et l'atmosphère. Les dispositifs de traitement naturel sont conçus pour tirer profit de ces procédés dans le but d'assainir les eaux usées. Parmi les procédés concernés sont inclus de nombreux procédés mis en œuvre dans les traitements des eaux usées traditionnels, comme la décantation, la filtration, la précipitation et l'oxydation chimique, sauf qu'ils se déroulent à des rythmes « naturel » [145, Metcalf & Eddy, 1991]. Ils sont plus lents que les systèmes traditionnels. Les systèmes à base de terre utilisent principalement le mécanisme de purification complexe du sol et de l'air par les cultures et autres végétations. Dans les systèmes aquatiques, comme les zones humides naturelles et artificielles, et les systèmes de plantes aquatiques, la végétation fournit une surface à la croissance des bactéries.

Les traitements naturels sont légalement interdits dans certains États-membres en raison des éventuels risques posés aux eaux souterraines [182, Germany, 2003].

4.5.5.1 Zones humides artificielles intégrés (ICW) (T37)Description

Les ICW se distinguent des autres techniques de zones humides artificielles par leur conception qui facilite la plus grande variété possible de conditions écologiques, comme celles existant dans les zones humides naturelles, y compris les conditions écologiques terriennes, aquatiques, végétales et animales. De plus, le modèle ICW s'efforce de réaliser dans sa conception « l'intégration dans le paysage » et une "restauration / création de l'habitat". Il met l'accent sur la surveillance de la qualité de l'eau au sein des zones humides et dans les terres et cours d'eau environnants. Des puits de surveillance situés à des points stratégiques sont également régulièrement contrôlés.

Le concept ICW met en application simultanément les niveaux de traitement primaire, secondaire et autres dans son « courant d'eau de surface libre ». Pour cela, on construit une série de bassins ou lagunes peu profonds, communicants et peuplés d'une grande variété de plantes aquatiques. Les eaux usées sont introduites dans ces lagunes au point le plus haut et elles s'écoulent par gravité. Ces lagunes disposées séquentiellement constituent des éco-systèmes individuels autonomes. A chaque stade, les eaux usées atteignent un degré de propreté plus élevé. La relation entre le volume d'eaux usées et la superficie de la zone humide dans le plan ICW global détermine la qualité de l'eau qui en sort.

La végétation macrophyte utilisée dans le plan ICW assure diverses fonctions. Sa première fonction consiste à servir de support aux biofilms (couches de boues visqueuses) qui exécutent les principales actions de purification de la zone humide. En outre, elle facilite l'absorption des éléments nutritifs et agit comme matériau filtrant. En plantant une flore émergente appropriée, on peut maîtriser les odeurs et les pathogènes. Tandis que la végétation peut filtrer des solides en suspension, elle accroît par ailleurs la résistance hydraulique, donc le temps de séjour.

Arguments motivant la mise en application

Réduction des niveaux de MES, DBO / DCO, azote et phosphore. Économie d'énergie, en comparaison aux traitements classiques. Diminution des émissions de gaz à effets de serre. Absence de produits chimiques. Une mise en décharge des boues n'est pas nécessaire. Elles créent des opportunités de recyclage des éléments nutritifs, comme le compostage. Elles offrent un habitat à une grande variété de plantes et d'animaux. Elles peuvent être intégrées à une aire de loisir et à des ressources éducatives. Le site peut être récupéré.

Interactions entre les milieux

Les eaux souterraines qui coulent sous les zones humides contiennent moins d'éléments nutritifs que les sites terrestres avoisinants. Le phosphore reste dans le sol.

Données d'exploitation

Un exemple de fromagerie en Irlande fabrique 85 tonnes de fromage par jour à partir de 800 000 litres de lait. Elle génère jusqu'à 1 300 m³ d'eaux usées. L'entreprise possède une ICW de 8 hectares de lagune occupant 20 hectares qui traitent 1,1 million de litres d'eaux usées par jour. Les eaux usées sont amenées par pompage dans la zone humide située à environ un demi mile de la fromagerie. Elles entrent par le point le plus haut. Le système de lagunes descend en suivant la topologie locale, et le traitement se déroule progressivement au fur et à mesure que les eaux usées traversent le système.

Les performances de cette ICW sont indiquées dans le Tableau 4.157.

Point d'échantillonnage	DCO mg/l	Total P mg/l	Ammoniaque mg/l	Nitrate mg/l
Eaux usées en entrée	3 167	212	12	102
Bassin de surveillance final	36,5	0,5	0,05	<1

Tableau 4.157 : Performances communiquées pour une ICW

Domaines d'application

La technique ICW peut s'appliquer à une vaste variété de situations, comme à des concentrations de contaminants élevées ou basses, et les charges hydrauliques peuvent varier

avec le temps. Les ICW peuvent être une structure complètement nouvelle ou bien elles peuvent faire partie d'une zone humide existante, d'un paysage aquatique ou d'une SEEU. La superficie exigée par les ICW peut limiter ses applications ; à titre d'exemple, le terrain utilisé peut aller de 10 m² à plusieurs hectares, selon le volume d'eaux usées produit et les caractéristiques de la pollution.

Données financières

On note que, en comparaison avec une installation classique, le concept ICW permet de faire des économies sur les coûts d'exploitation, d'amortissement et d'investissements respectivement de 0,03 EUROS, 0,49 EUROS et 0,46 EUROS/kg de DCO. Ces économies sont dues essentiellement à la baisse des dépenses énergétiques et aux économies de produits chimiques, de production de boues et de stockage.

L'exemple de fromagerie mentionnée ci-dessus a indiqué que son système ICW a coûté 120 000 EUROS, ce qui peut être comparé à 3,175 millions d'euros pour une installation classique.

Arguments motivant la mise en application

Économies réalisées par l'entreprise de l'exemple.

Exemples de site

Plusieurs entreprises agricoles, une fabrique de fromage (secteur laitier) et une SEEUM village, tous en Irlande.

Bibliographie de référence

[204, Irlande, 2003]

4.5.6 Traitement des boues

La présente sous-section aborde le traitement des boues présentes dans les eaux usées. Elle ne présente pas les techniques d'utilisation et de mise en décharge des boues. Le choix du traitement des boues peut être influencé par les possibilités d'utilisation et de mise en décharge offertes à l'exploitant. Ces dernières englobent entre autres l'épandage (voir la section 4.1.6), la mise au décharge par enfouissement, l'utilisation comme matériau de colmatage, l'incinération, la co-incinération, l'oxydation humide, la pyrolyse, la gazéification, et la vitrification.

Les coûts d'investissements et d'exploitation liés au traitement des boues peuvent être élevés comparés aux autres activités de SEEU. Cet aspect mérite donc une attention particulière pour pouvoir réduire les coûts au maximum dès la phase d'étude. La réglementation environnementale ne cesse de restreindre les options de mise en décharge disponibles ou de faire augmenter leur coût.

4.5.6.1 Techniques de traitement des boues contenues dans les eaux usées

De manière générale, les techniques de traitement des boues réduisent le volume de décharge ou les font changer de nature pour pouvoir les mettre en décharge ou les réutiliser. Normalement, une baisse de volume par égouttage est possible sur le site, tandis que les autres traitements sont réalisés hors site. Réduire le volume des boues en vue de la mise en décharge diminue les frais de transport et, avec l'option de l'enfouissement, le prix de la prestation [13, Environment Agency of England and Wales, 2000]. Les techniques de traitement normalement appliquées dans le secteur FDM sont détaillées ci-dessous.

4.5.6.1.1 Transformation des boues (T38)

Description

La transformation a pour but d'améliorer les propriétés des boues pour pouvoir les épaissir et / ou les égoutter plus facilement. Les techniques généralement utilisées sont chimiques ou thermiques. La transformation chimique favorise la séparation de la matière et des eaux entraînées à l'intérieur des boues. La transformation thermique agit en chauffant les boues sous pression pendant de courtes durées.

Arguments motivant la mise en application

Réduction du volume des boues.

Données financières

Les dépenses en produits chimiques sont généralement élevées.

Bibliographie de référence

[145, Metcalf & Eddy, 1991]

4.5.6.1.2 Stabilisation des boues (T39)

Description

Les boues sont stabilisées par des procédés chimiques, thermiques, anaérobies et aérobies pour améliorer l'épaississement et / ou l'égouttage et pour réduire les odeurs et les pathogènes.

Arguments motivant la mise en application

Diminution des constituants nauséabonds. Moindre quantité de boues solides biodégradables. Moindre quantité de matières solubles biodégradables en convertissant les matières organiques / azotées minéralisées en matières riches en humus. Réduction des pathogènes et de la potentialité de putréfaction.

Interactions entre les milieux

La stabilisation thermique consomme beaucoup d'énergie et peut dégager des odeurs. La stabilisation aérobie consomme également beaucoup d'énergie pour l'agitation et l'apport d'oxygène.

Données d'exploitation

Le procédé de stabilisation chimique présente peu d'exigences techniques. Il peut améliorer l'égouttage en aval et réduire les odeurs et les pathogènes. Néanmoins, il augmente les constituants solides des boues.

Le procédé de stabilisation thermique présente un faible encombrement. C'est un traitement efficace pour égoutter les boues et détruire les bactéries. Pour sélectionner ce procédé, il s'agit de savoir si la chaleur est naturelle, si elle est récupérée comme sous-produit d'exploitation des procédés de l'entreprise ou si elle est produite en consommant de l'énergie.

Le procédé de stabilisation aérobie génère des boues inodores et est relativement facile à exploiter. Toutefois, ce procédé est très sensible à la température, et les boues présentent des caractéristiques d'égouttage mécanique médiocres.

Le procédé de stabilisation anaérobie produit des gaz source d'énergie. Cette technique demande des temps de séjour longs et génère des boues bien minéralisées.

Domaines d'application

Applicable dans toutes les installations FDM qui produisent des boues.

Données financières

Les stabilisations thermique et anaérobie demandent des coûts d'investissements élevés et la stabilisation aérobie des coûts d'investissements faibles.

Bibliographie de référence

[1, CIAA, 2002, 13, Environment Agency of England and Wales, 2000, 65, Germany, 2002, 145, Metcalf & Eddy, 1991]

4.5.6.1.3 Épaississement des boues (T40)

Description

L'épaississement est une procédure destinée à augmenter le contenu solide des boues en enlevant une partie du liquide. Les techniques d'épaississement des boues généralement utilisées sont la décantation, la centrifugation et la DAF. La technique la plus simple est celle qui permet aux boues de se consolider dans des bassins de décantation des boues.

L'épaississement des boues peut s'appliquer aux boues résultant des traitements primaire et secondaire. Les boues de traitement primaire se composent principalement de matières inorganiques et / ou de solides organiques primaires. Elles peuvent sédimenter et devenir compact sans ajout chimique car l'eau associée n'est pas excessivement « entraînée » à l'intérieur des boues. L'eau présente dans les boues de traitement secondaire est liée dans les floes et elle est normalement plus difficile à extraire.

Arguments motivant la mise en application

Volume de boues réduit.

Interactions entre les milieux

Dégagement possible d'odeurs en utilisant la DAF. Consommation énergétique élevée. Production de bruit et de vibrations avec la centrifugation.

Données d'exploitation

Les boues qui sont prises sur le fond des bassins de décantation primaire et secondaire contiennent en général entre 0,5 et 1,0 % de matières solides sèches et 4 % maximum pour les boues obtenues par la DAF.

Avec la DAF, le système reste aérobie. Dans ce cas, on a relevé des colmatages.

Les performances d'épaississement du procédé de décantation sont influencées par la hauteur de la couche de boues et pas par le volume du surnageant au-dessus. Par conséquent, un bassin haut et étroit est plus efficace qu'un bassin bas de grande superficie. Cette technique consomme peu d'énergie.

En fonction de la démarche adoptée pour extraire les boues primaires, on peut envisager l'utilisation de deux bassins pour permettre la décantation calme dans un bassin tandis que l'autre est en cours de remplissage. Si cela est impossible, l'entrée des boues doit se trouver près du haut du bassin, si possible sur une plaque chicane, pour minimiser les turbulences hydrauliques. Le temps de séjour dans le bassin dépend de la nature des boues. Il faut éviter un temps de rétention excessif pour éviter l'apparition de conditions anaérobies qui provoqueraient des problèmes d'odeur et de corrosion.

Le bassin doit être équipé d'un système d'agitation lente. Un épaisseur de type clôture à lattes est le plus souvent placé dans le bassin pour contribuer à réduire la stratification des boues et pour favoriser le dégagement des gaz et de l'eau entraînés. Un épaisseur par gravité / clôture à lattes classique peut épaissir les boues jusqu'à 4 – 8 % de solides secs, selon la nature des boues brutes et notamment du contenu relatif des boues primaires. Les taux d'ajout de l'épaisseur se situent entre 20 et 30 m³ d'influent/m² de surface par jour.

La centrifugation offre un bon captage des matières solides difficiles à filtrer. Elle présente un faible encombrement et est facile à installer, mais la concentration des matières solides dans le gâteau est faible. Elle consomme beaucoup d'énergie et exige un personnel de maintenance qualifié.

Pour un grand nombre de site, le procédé d'épaississement des boues suffit par lui-même à réduire le volume des boues à un niveau qui permet une mise en décharge hors site avec une rentabilité acceptable. Pour les grands sites, le procédé d'épaississement constitue une première étape à la procédure d'égouttage.

Domaines d'application

Applicable dans toutes les installations FDM qui produisent des boues.

Données financières

Réduction des frais de pompage dans les grandes SEEU. L'épaississement par décantation présente des coûts d'exploitation bas.

Arguments motivant la mise en application

Diminution des dimensions des conduites et des frais de pompage dans les grandes SEEU.

Bibliographie de référence

[1, CIAA, 2002, 13, Environment Agency of England and Wales, 2000, 65, Germany, 2002, 145, Metcalf & Eddy, 1991]

4.5.6.1.4 Égouttage des boues (T41)

Description

L'objectif de l'égouttage est le même que celui de l'épaississement (voir la section 4.5.6.1.3), à la différence près que le contenu solide est beaucoup plus important. Il existe plusieurs procédés d'égouttage des boues. La sélection sera fonction de la nature et de la fréquence des solides produits, ainsi que du gâteau de boues demandé. Les techniques d'égouttage normalement mises en place sont la centrifugation, la presse filtrante à tapis et les filtres à vide.

Arguments motivant la mise en application

Volume de boues réduit.

Interactions entre les milieux

Consommation énergétique élevée. Production de bruit et de vibrations avec la centrifugation, bien que ces facteurs varient en fonction de la vitesse et de l'intensité de chaque exploitation.

Données d'exploitation

Les centrifugeuses sont des procédés qui opèrent en continu pour produire un gâteau composé de 40 % maximum de solides secs pour certaines boues. En raison de la conception "fermée" de la centrifugeuse, les problèmes d'odeur restent minimes. En outre, La centrifugation offre un bon captage des matières solides difficiles à filtrer. Elle présente un faible encombrement et est facile à installer, mais la concentration des matières solides dans le gâteau est faible. Elle consomme beaucoup d'énergie et exige un personnel de maintenance qualifié.

Les presses filtrantes sont des procédés fonctionnant par charge successive. Elles peuvent nécessiter beaucoup de main-d'œuvre. Les « plaques » sont recouvertes d'un tissu filtrant adapté à l'application, et les boues sont introduites dans la cavité de la plaque. Les boues sont égouttées sous pression tandis que le filtrat traverse le tissu filtrant. Après la mise hors pression et la séparation des plaques, le gâteau est soit râclé à la main, soit enlevé à l'aide d'un mécanisme à vibrations pour automatiser le procédé. Une presse filtrante peut générer un gâteau contenant jusqu'à 40 % de solides secs et un filtrat avec peu de solides en suspension. Les inconvénients de cette technique ont trait essentiellement à l'exploitation par charge successive et à la durée de vie limitée du tissu filtrant.

La presse à tapis et les filtres à vide sont des procédés en continu où le tissu filtrant passe continuellement par des rouleaux qui agissent par égouttage forcé. L'optimisation des performances demande une maintenance régulière et spécialisée.

La presse à tapis peut produire un gâteau contenant jusqu'à 35 % de solides secs. En outre, elle offre un rendement d'égouttage élevé et sa maintenance est relativement aisée. Les inconvénients de la presse à tapis comprennent les restrictions hydrauliques, une durée de vie courte et une sensibilité aux caractéristiques des boues à traiter.

Les filtres à vide sont des systèmes complexes utilisant un différentiel de pression maximal d'un bar. Le filtrat peut contenir beaucoup de solides en suspension.

Domaines d'application

Applicable dans toutes les installations FDM qui produisent des boues.

Données financières

Les boues qui contiennent plus de 10 % de solides secs deviennent difficiles à pomper. Le pompage est également onéreux. L'égouttage génère un « gâteau » de boues qui peut contenir entre 20 et 50 % de solides secs. Comme la teneur en eau est plus basse, les frais de mise en décharge baissent également. Les presses filtrantes reviennent chères en main-d'œuvre. Les filtres à vide présentent des coûts d'exploitation et de maintenance élevés.

Arguments motivant la mise en application

Réduction du coût de mise en décharge.

Bibliographie de référence

[1, CIAA, 2002, 65, Germany, 2002, 199, Finland, 2003]

4.5.6.1.5 Séchage des boues (T42)Description

Le séchage est une technique de diminution du contenu aqueux par la vaporisation de l'eau dans l'air. L'objectif du séchage est d'extraire l'humidité des boues pour obtenir un meilleur rendement d'utilisation ou de mise en décharge.

Arguments motivant la mise en application

Volume de boues réduit.

Données d'exploitation

La teneur en humidité des boues sèches peut ne pas dépasser 10 %. Le séchage peut se dérouler par évaporation naturelle, dans les régions où les conditions météorologiques et climatiques le permettent, en récupérant la chaleur produite dans l'installation ou par consommation directe d'énergie.

Bibliographie de référence

[145, Metcalf & Eddy, 1991]

4.5.7 Traitement des eaux usées dans les divers secteurs

La présente sous-section fournit des informations sur le traitement des eaux usées dans des secteurs spécifiques et dans différentes filières appartenant à ces secteurs.

4.5.7.1 Viande et volaille**4.5.7.1.1 Traitement des eaux usées**

Les eaux usées provenant de la transformation de la viande sont traitées à l'aide des techniques de traitement primaire suivants :

- Criblage (voir la section 4.5.2.1)
- Piège à graisses (voir la section 4.5.2.2)
- Égalisation des flux et des charges (voir la section 4.5.2.3)
- Flottation par air dissous (voir la section 4.5.2.6)
- Bassin de détournement (voir la section 4.5.2.7).

Suite au traitement primaire, un traitement secondaire sur site peut s'avérer nécessaire, soit pour obtenir la qualité d'eaux usées exigée, soit pour réduire au maximum les charges de traitement des eaux usées hors site. Lorsque les flux d'eaux usées présentent des concentrations de DBO supérieures à 1 000 – 1 500 mg/l, les industriels peuvent utiliser des procédés de traitement anaérobie (voir la section 4.5.3.2). Il peut être possible de rejeter les eaux usées finales issues d'un procédé anaérobie après l'aération de surface. En ce qui concerne les flux à plus faibles

concentrations, on a recours au traitement aérobie (voir la section 4.5.3.1). Un système biologique bi-stade (voir la section 4.5.3.3.2), un procédé anaérobie suivi par un procédé aérobie peuvent produire des eaux usées dont la qualité convient pour un rejet dans un cours d'eau.

Si le plafond autorisé des solides en suspension est bas, il peut être nécessaire de mettre en place un traitement tertiaire (voir la section 4.5.4). Pour recycler l'ensemble ou une partie des eaux usées finales, si les eaux recyclées sont destinées aux zones de transformation et à l'eau potable, un traitement tertiaire est indispensable, y compris la stérilisation et la désinfection.

La Figure 4.81 illustre le schéma de principe type du traitement des eaux usées applicables au secteur de la transformation de la viande et de la volaille.

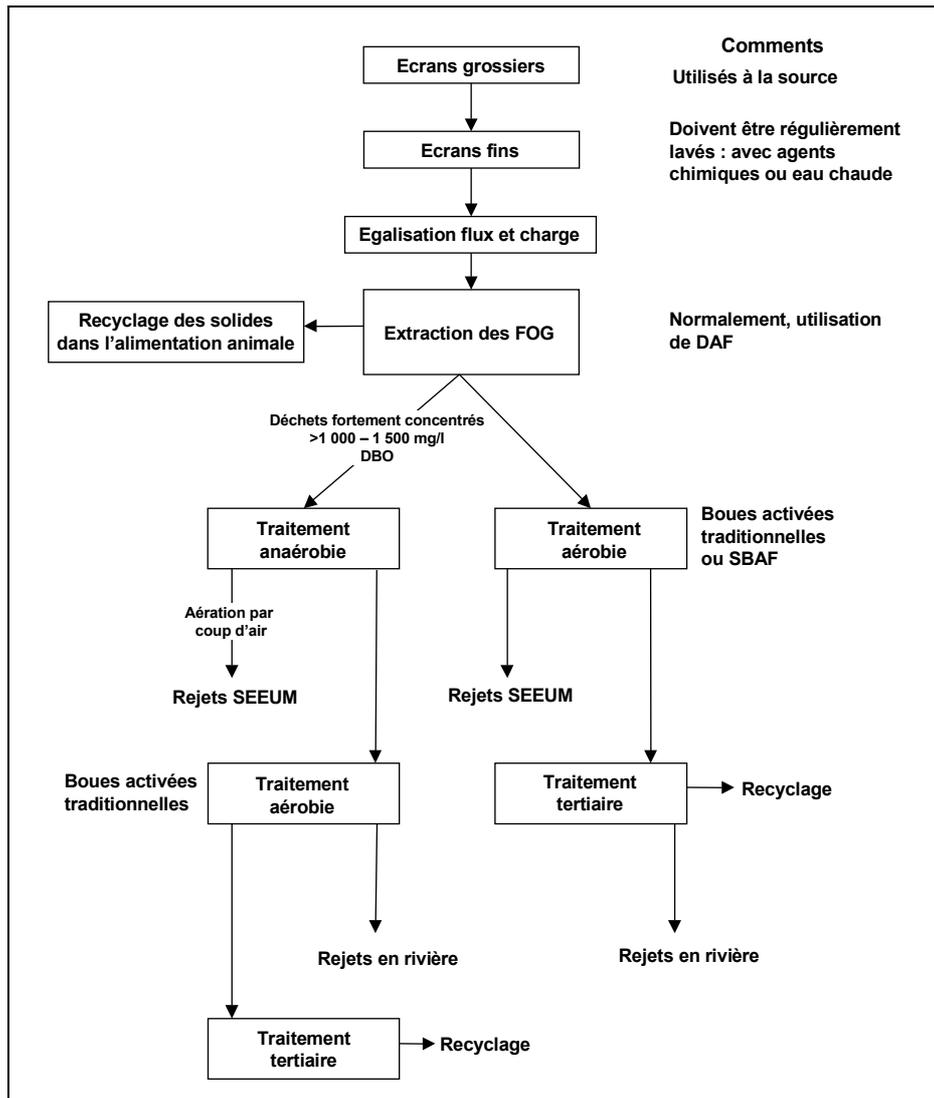


Figure 4.81 : Schéma de principe du traitement des eaux usées utilisé dans le secteur de la transformation de la viande et de la volaille [13, Environment Agency of England and Wales, 2000]

4.5.7.2 Poisson et fruits de mer

4.5.7.2.1 Caractéristiques des eaux usées

Dans les opérations de transformation élémentaire du poisson, les eaux usées proviennent de la manipulation et du stockage des matières premières, du transport hydraulique du poisson et des

abats, de la décongélation et du nettoyage des équipements et des sols. Dans le domaine de la mise en conserve, des eaux usées sont également générées par l'égouttage des boîtes et par les déversements accidentels des saumures, sauces et huiles. L'ensemble de ces eaux usées doit être traitées dans une SEEU avant d'être rejetées. Elles pourraient sinon faire baisser l'oxygène des eaux réceptrices et créer des problèmes d'eutrophisation.

4.5.7.2.2 Traitement des eaux usées

Les eaux usées provenant de la transformation du poisson sont traitées à l'aide des techniques de traitement primaire suivantes :

- Criblage (voir la section 4.5.2.1)
- Décantation (voir la section 4.5.2.5)
- Flottation par air dissous (voir la section 4.5.2.6)
- Centrifugation (voir la section 4.5.2.8)
- Précipitation (voir la section 4.5.2.9).

Le Tableau 4.158 reprend les caractéristiques des eaux usées non traitées dans le secteur du poisson ainsi que les résultats des méthodes de traitement primaire.

Méthode de traitement	DBO (mg/l)	Total N (mg/l)	Total P (mg/l)	FOG (mg/l)
Non traitées	2 000 – 28 000	400 – 1 000	80 – 150	500 – 25 000
Centrifugation	1 500 – 5 000	–	–	500 – 2 000
DAF	1 500 – 6 000	200 – 600	40 – 90	400 – 2 000
Précipitation (H ₂ SO ₄) et DAF	800 – 3 000	150 – 300	30 – 50	100 – 500
Précipitation (Fe/Mo) et polyélectrolyte	600 – 3 000	150 – 300	5 – 10	100 – 500
DAF bi-stade avec précipitation (Fe/Mo) et polyélectrolyte	500 – 1 500	100 – 200	5 – 10	50 – 300

Tableau 4.158 : Caractéristiques des eaux usées non traitées dans le secteur du poisson ainsi que les résultats des méthodes de traitement primaire [134, AWARENET, 2002]

Après avoir soumis les eaux usées au traitement primaire, si leur ne convient pas à un rejet dans une SEEU, elles doivent subir un traitement secondaire. Les performances d'extraction des traitements aérobies (voir les sections 4.5.3.1) sont élevées pour les eaux usées présentant des DBO/DCO < 3 000 mg/l. Si les eaux usées sont très polluées, par exemple avec des DBO/DCO > 3 000 mg/l, on utilise un traitement anaérobie (voir la section 4.5.3.2).

Dans le secteur du poisson, le traitement tertiaire englobe entre autres la séparation membranaire (voir la section 4.5.4.6), et la désinfection et stérilisation (voir la section 4.5.4.8).

Ce secteur a noté le recours à l'épandage (voir la section 4.1.6).

4.5.7.3 Fruits et légumes

4.5.7.3.1 Caractéristiques des eaux usées

La transformation des fruits et légumes génère un grand volume d'eaux usées qui contient généralement des charges organiques élevées, comme les résultats de pelage et du blanchiment,

des agents nettoyants, comme les désinfectants (chlore), des particules de terre, des solides en suspension (fibres), des solides dissous, des sels, des aliments nutritifs et des pathogènes végétaux. Elles peuvent également contenir des résidus de pesticides et de fongicides provenant du lavage des matières premières. Parmi les autres paramètres à étudier dans le traitement des eaux usées, citons le pH, la température et les sels. Les caractéristiques des eaux usées dépendent de plusieurs facteurs, par exemple :

- La qualité des influents et le débit de consommation
- Le type de matières premières transformées et l'opération réalisée, telle que le pelage, le blanchiment et la mise en conserve
- L'état de la matière première, à savoir si elle est abîmée, mûre, etc.
- Les variations saisonnières
- Le type d'équipements utilisés
- Le transport mouillé ou sec des produits
- Les opérations de nettoyage et le type de détergents utilisés.

Dans le secteur des fruits et légumes, les premiers polluants sont la DBO et les solides en suspension. Pour se conformer à la réglementation locale, il peut être obligatoire de mesurer les niveaux de pesticide. Aux États-unis, si le niveau dépasse 0,05 mg/l, il faut mettre en place des actions correctives.

4.5.7.3.2 Traitement des eaux usées

Les options de traitement suivantes ne conviennent pas obligatoirement à la transformation des pommes de terre. Pour en connaître les caractéristiques particulières, voir la section 4.5.7.3.6.

Avant de traiter les eaux usées, le secteur des fruits et légumes sépare normalement les flux (voir la section 4.7.3.7). Une fois séparés, les eaux sont soumises aux procédés de traitement primaire suivants :

- Criblage (voir la section 4.5.2.1)
- Égalisation des flux et des charges (voir la section 4.5.2.3)
- Neutralisation (voir la section 4.5.2.4)
- Décantation (voir la section 4.5.2.5)
- Flottation par air dissous (voir la section 4.5.2.6)
- Centrifugation (voir la section 4.5.2.8)
- Précipitation (voir la section 4.5.2.9).

La décantation est plus efficace que la DAF pour séparer les solides en suspension et la terre. Cependant, si les eaux usées contiennent des niveaux significatifs de FOG, on emploie normalement la décantation et la DAF combinées.

Pour traiter les eaux usées générées par les pelures, le recours aux produits chimiques peut limiter la valorisation nutritionnelle des pelures extraites. En fait, si les pelures sont destinées à la nutrition, il faut mettre en place un traitement séparé. Les dispositifs de pelage à la vapeur peuvent comporter des unités séparées.

Dans certains cas, les eaux usées issues du traitement primaire peuvent être rejetées dans la SEEUM. Pour les rejeter dans les cours d'eau, ou pour obtenir une qualité appropriée à leur réutilisation, un traitement secondaire est exigé. En raison du caractère saisonnier de l'opération, le traitement biologique des eaux usées peut poser un problème aux exploitants du secteur des fruits et légumes.

Si les eaux usées présentent une concentration de DBO supérieure à 1 000 – 1 500 mg/l, on peut choisir des procédés anaérobie (voir la section 4.5.3.2). Après ce traitement et une aération de surface, les eaux usées peuvent être rejetées dans une SEEUM mais pas dans un cours d'eau. Si les eaux usées sont moins concentrées, le traitement aérobie convient (voir la section 4.5.3.1). Comme les eaux usées issues de la transformation des fruits et légumes manquent souvent

d'azote et de phosphore, il peut être nécessaire de supplémenter ces éléments nutritifs pour soutenir une activité biologique adéquate. Les procédés de nitrification et de dénitrification peuvent être stimulés en maîtrisant l'aération. Un système biologique bi-stade (voir la section 4.5.3.2) et un procédé anaérobie suivi d'un procédé aérobie peuvent améliorer la qualité de l'eau pour la rejeter dans un cours d'eau.

Si les critères d'autorisation sont plus sévères pour protéger les eaux réceptrices, ou si l'eau est destinée à être recyclée dans le procédé, il faut alors employer un traitement tertiaire (voir la section 4.5.4). Si les eaux usées sont destinées aux opérations de transformation comme eau potable, le traitement tertiaire, entre autre la désinfection et la stérilisation, est indispensable.

La Figure 4.82 illustre le schéma de principe type du traitement des eaux usées applicable au secteur des fruits et légumes.

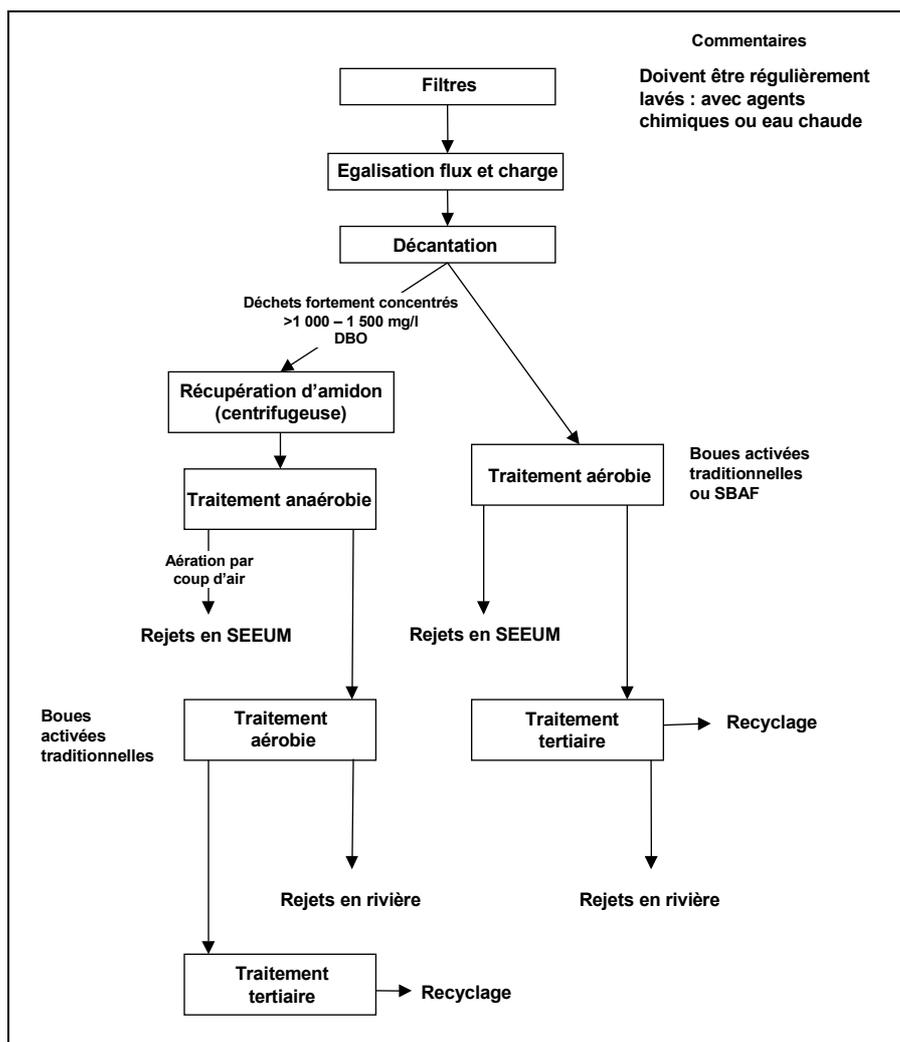


Figure 4.82 : Schéma de principe type du traitement des eaux usées applicable au secteur des fruits et légumes [13, Environment Agency of England and Wales, 2000]

La Tableau 4.159 répertorie quelques combinaisons de traitement des eaux usées communiquées par le secteur des fruits et légumes.

Combinaison de techniques
Traitements primaires (voir la section 4.5.2)
Traitements primaires (voir la section 4.5.2) + procédés aérobie (voir la section 4.5.3.1)

Traitements primaires (voir la section 4.5.2) + procédés anaérobie (voir la section 4.5.3.2) + procédés aérobie (voir la section 4.5.3.1)
Traitements primaires (voir la section 4.5.2) + procédés anaérobie (voir la section 4.5.3.2) + procédés aérobie (voir la section 4.5.3.1) + nitrification / dénitrification biologiques (voir la section 4.5.4.1) + extraction du phosphore par des méthodes biologiques (voir la section 4.5.4.3)
Traitements primaires (voir la section 4.5.2) + procédés anaérobie (voir la section 4.5.3.2) + procédés aérobie (voir la section 4.5.3.1) + nitrification / dénitrification biologiques (voir la section 4.5.4.1) + extraction du phosphore par des méthodes biologiques (voir la section 4.5.4.3) + précipitation (voir la section 4.5.2.9) + filtration (voir la section 4.5.4.5)
Traitements primaires (voir la section 4.5.2) + procédés anaérobie (voir la section 4.5.3.2) + procédés aérobie (voir la section 4.5.3.1) + nitrification / dénitrification biologiques (voir la section 4.5.4.1) + extraction du phosphore par des méthodes biologiques (voir la section 4.5.4.3) + précipitation (voir la section 4.5.2.9) + filtration (voir la section 4.5.4.5) + adsorption de carbone (voir la section 4.5.4.4)
Traitements primaires (voir la section 4.5.2) + procédés anaérobie (voir la section 4.5.3.2) + procédés aérobie (voir la section 4.5.3.1) + nitrification / dénitrification biologiques (voir la section 4.5.4.1) + extraction du phosphore par des méthodes biologiques (voir la section 4.5.4.3) + précipitation (voir la section 4.5.2.9) + filtration (voir la section 4.5.4.5) + adsorption de carbone (voir la section 4.5.4.4) + séparation membranaire, à savoir la CMF (voir la section 4.5.4.6)
Traitements primaires (voir la section 4.5.2) + procédés anaérobie (voir la section 4.5.3.2) + procédés aérobie (voir la section 4.5.3.1) + nitrification / dénitrification biologiques (voir la section 4.5.4.1) + extraction du phosphore par des méthodes biologiques (voir la section 4.5.4.3) + précipitation (voir la section 4.5.2.9) + filtration (voir la section 4.5.4.5) + adsorption de carbone (voir la section 4.5.4.4) + séparation membranaire, à savoir l'OI (voir la section 4.5.4.6)

Tableau 4.159 : Quelques combinaisons de traitements des eaux usées communiquées par le secteur des fruits et légumes
[31, VITO, et al., 2001]

4.5.7.3.3 Récupération de l'eau dans une entreprise de transformation des légumes -études de cas

Description

En raison du bas niveau des nappes phréatiques et de l'absence d'autres sources d'eau, par exemple aucune ressource de surface n'était disponible et le réseau de distribution d'eau potable était trop cher, les techniques d'économie d'eau suivantes ont été mises en œuvre dans une entreprise de transformation des légumes :

- Réutilisation des eaux usées traitées comme eau de procédé pour remplacer l'eau potable. Le traitement aérobie des eaux usées a été complété par une séquence de polissage, à savoir la filtration par le sable. Il en a résulté une baisse de la consommation d'eau particulière à 3 – 3,5 m³/t de produit.
- Réduction de la teneur en sel des eaux usées par extraction à la vapeur.
- Puissance du traitement aérobie accrue et meilleure utilisation du prétraitement anaérobie.

Arguments motivant la mise en application

Baisse de la consommation d'eau, réutilisation des eaux usées et réduction de la charge polluante dans l'eau.

Interactions entre les milieux

Forte demande d'énergie par le traitement des eaux usées.

Données d'exploitation

La production de l'entreprise a progressé, en passant de 17 000 à 55 000 t/an sur dix ans. L'objectif ultime visait à remplacer au moins 50 % de la demande en eau brute, diminuant ainsi la consommation d'eau spécifique au-dessous de 2 m³/t de produit.

Le traitement des eaux usées de l'entreprise comprend un prétraitement anaérobie (réacteur d'un volume de 5 000 m³, d'une charge de 30 t DCO/d et d'une charge spécifique de 6 kg DCO/m³/d) suivi par une unité de boues activées aérobie. Après la décantation, les eaux usées sont traitées par un procédé de filtration au sable bi-stade présentant une capacité maximale de 100 m³/h. Après avoir corrigé le pH et / ou ajouté des flocculants, l'eau arrive dans l'unité UF d'une capacité de 40 m³/h. Cette unité fonctionne à basse pression (0,5 – 1 bar) et comporte des membranes en fibres creuses. Pour terminer, l'eau est traitée par une technique OI bi-stade. L'eau résultant du premier stade alimente le second. Les équipements OI ont une capacité de 20 m³/h, une pression de service comprise entre 8 et 10 bars et un rendement de 70 % environ. Bien que l'eau soit exempt de sels et de bactéries, elle est néanmoins stérilisée par des rayons UV. L'eau provenant du lavage à contre-courant des filtres de sable et de l'unité UF est recyclée pour le traitement biologique.

Le Tableau 4.160 présente les paramètres qualité type des eaux usées selon les différentes séquences de traitement et la qualité des eaux souterraines propres.

Paramètre	Unité	Eaux usées	Après le traitement biologique	Après la filtration de polissage	Après la stérilisation	Eaux souterraines	Eau de procédé*
DCO	mg O ₂ /l	12 000	114		0	0	
pH		8,5	8,3	8,2	5,5	8,3	7
Turbidité	NTU		16	4,3	0		0
Total phosphore	mg/l		34	34	<0,5	<0,5	<0,5
Conductivité	mS/cm	4,3	4,3	4,2	0,15	2,6	1,4
Ammoniac-N (NH ₄ ⁺)	mg/l		<2	<2	<2	0,17	
Fer	mg/l				0,03	0,23	0,1
Dureté	mmol/l		1,0	1,0	<0,3	<0,3	<0,3
Bicarbonate	G/l		2,9	2,9	<0,3	<0,1	<0,2
Total bactéries (CFU)	i/ml				0	0	0
<i>E. coli</i>	i/ml				0	0	0

*1:1 mélange d'eaux souterraines et d'eau stérilisée

Tableau 4.160 : Paramètres qualité des eaux usées traitées, de l'eau brute et de l'eau de procédé

Données financières

L'eau potable coûte entre 0,99 et 1,54 EUROS/m³. Il était prévu une augmentation des tarifs à cause de la forte demande. L'eau de procédé est revenue à 1,03 EUROS/m³.

Arguments motivant la mise en application

L'entreprise utilisait des eaux souterraines car elles étaient bactériologiquement sûres. Cependant, l'entreprise a rencontré quelques difficultés, comme par exemple :

- L'eau devait être puisée à 300 m de profondeur.
- Le niveau de la nappe phréatique régionale baissait, provoquant des pénuries d'eau.
- Les eaux souterraines contenaient toujours plus de sels et certains paramètres ne respectaient pas les normes qualité. Le Tableau 4.161 reprend certains paramètres et les compare aux valeurs-cadre de l'OMS.

Paramètre	Unité	Eaux souterraines	Valeurs-cadre OMS
pH		8,3	6,5 – 8,5
Sulfate	mg/l	126	400

Bicarbonate	mg/l	552	
Chlore	mg/l	550	250
Conductivité	mS/cm	2,6	0,25

Tableau 4.161 : Qualité des sources d'eaux souterraines d'une entreprise de transformation des légumes en comparaison avec les valeurs-cadre de l'OMS

Exemples de site

Entreprise de transformation des légumes en Belgique.

Bibliographie de référence

[35, OECD, 2001]

4.5.7.3.4 Réutilisation des eaux de lavage des légumes après traitement - étude de cas

Description

Un fabricant de systèmes a conçu, fabriqué et livré clé-en-main une SEEU qui permet de réutiliser jusqu'à 55 % des eaux usées produites par une entreprise de transformation des légumes au Royaume-Uni. La SEEU est basée sur le prétraitement et l'équilibrage des flux aérés, suivi par des procédés BRM, OI et UV de pointe. Pour séparer efficacement la biomasse, on utilise l'UF, alimenté par un circuit de recirculation à partir des deux bassins à bioréacteur. L'exploitation est entièrement automatisée avec commande API et enregistrement des principaux paramètres de procédé, comme les flux, l'oxygène dissous, le pH et la température. Une technique d'aération et de brassage est intégrée pour obtenir les taux élevés exigés concernant le transfert massique d'oxygène dans la biomasse concentrée.

La Figure 4.83 montre le diagramme d'une SEEU dans une entreprise de transformation de légumes.

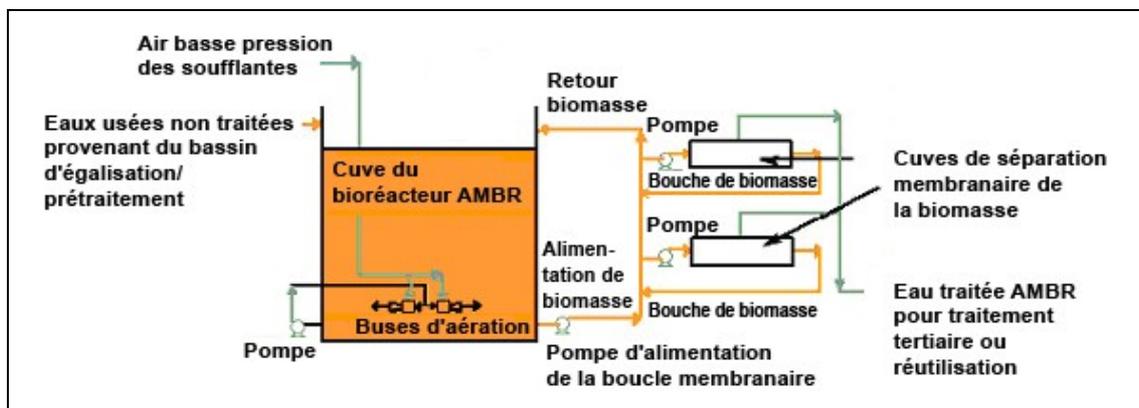


Figure 4.83 : SEEU destinée au recyclage de l'eau dans une entreprise de transformation de légumes

[102, UK, 2002]

Arguments motivant la mise en application

L'eau étant réutilisée, baisse de la consommation d'eau. Baisse de la pollution des eaux usées.

Données d'exploitation

L'installation peut produire un total de 1 200 m³/jour d'eau à partir de l'eau de lavage des légumes avec 815 m³/jour d'eau pompée vers le BRM évolué. Suite aux séquences OI et de désinfection UV, jusqu'à 650 m³/jour peuvent être renvoyés à l'usine comme eau de procédé et eau de lavage des salades. La DCO_{total} reçue dans le bassin d'égalisation représente jusqu'à 1 440 kg/jour, en fonction du rythme de production.

L'environnement aérobie intensif créé dans les bioréacteurs, chacun étant prévu pour un taux de MLSS de 15 000 mg/l, associé à des boues relativement anciennes, permet d'obtenir des eaux usées finales d'une qualité supérieure avec un encombrement beaucoup plus réduit. Le volume du bioréacteur est réduit à 20 % de la taille d'un dispositif conventionnel.

Autour de la moitié des eaux usées après traitement complet atteint une qualité d'eau potable et peut être réutilisée dans l'installation. La DCO initiale d'environ 1 500 mg/l est pratiquement nulle. Le système de séparation de la biomasse par ultrafiltration fournit un perméat qui peut directement alimenter l'étape de post-traitement OI/UV.

Exemples de site

Une entreprise de transformation des légumes au Royaume-Uni.

Bibliographie de référence

[102, UK, 2002]

4.5.7.3.5 Réutilisation de l'eau pendant la transformation de pois, après chloration

La contamination microbienne peut être maîtrisée en utilisant du dioxyde de chlore qui est efficace contre le biofilm à une concentration autorisée pour l'eau potable, soit 0,5 ppm. La Figure 4.84 montre le diagramme d'un programme de réutilisation de l'eau en quatre étapes dans une conserverie de pois. Dans certains pays, la chloration de l'eau destinée à laver les fruits ou les légumes entrant n'est pas autorisée. La réutilisation de l'eau dans les procédés où elle peut être en contact direct avec le produit n'est pas toujours permise.

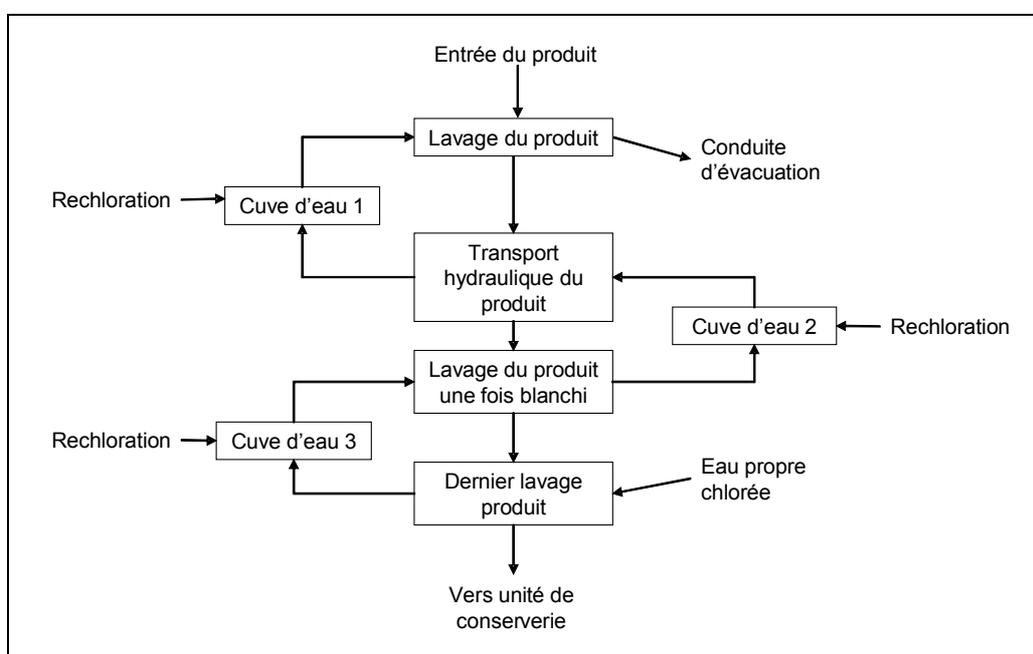


Figure 4.84 : Réutilisation de l'eau dans la conserverie
[13, Environment Agency of England and Wales, 2000]

4.5.7.3.6 Transformation des pommes de terre

Bien que les constituants organiques des eaux usées soient facilement biodégradables, des problèmes peuvent survenir pendant le traitement des eaux usées essentiellement à cause des facteurs suivants [65, Germany, 2002] :

- Les charges polluantes peuvent fluctuer de manière notable en l'espace d'une journée, d'une semaine, d'un an.
- Concentrations d'impuretés élevées.
- Composition déséquilibrée des eaux usées, par exemple prépondérance d'hydrates de carbone et parfois apport de minéraux déséquilibré.
- Présence de substances générant de la mousse, par exemple les protéines.
- Risque de gonflement des boues

- La température des eaux usées dépasse parfois 35 – 40 °C, ce qui peut nécessiter la mise en place de refroidisseurs par évaporation
- Le démarrage rapide de la fermentation anaérobie risque de provoquer des nuisances olfactifs.
- Les acides présents pendant les procédés de fermentation peuvent faire baisser le pH entre 4 et 4,5. Cette acidification intervient dans les 2 heures qui suivent.

Dans les systèmes de traitement anaérobie / aérobie, il est nécessaire de rechercher si, au regard de la charge d'azote totale, il est possible de traiter l'intégralité des eaux usées de production ou bien uniquement un flux dérivé pour s'assurer que l'étape aérobie aura suffisamment de carbone pour éliminer l'azote. Si les éléments ci-dessus sont pris en compte, on peut avoir recours aux procédés biologiques pour nettoyer les eaux usées hautement concentrées provenant des unités de transformation des pommes de terre. Les réacteurs UASB peuvent ne pas convenir aux opérations de pelage des pommes de terre.

4.5.7.4 Huiles et graisses végétales

4.5.7.4.1 Traitement des eaux usées

Dans les dernières années, des enquêtes étendues ont été réalisées sur le traitement biologique des eaux usées provenant de la fabrication et du raffinage des huiles comestibles, dans l'intention d'éliminer des charges jusqu'à présent inévitables. A titre d'exemple, pendant la production d'huile raffinée de colza, une tonne de matières premières peut créer autour de 10 - 12 m³ d'eaux usées. Les eaux usées contiennent des niveaux de 5 000 mg/l de DCO, 4 de 500 mg/l de MES et de 1 200 mg/l de FOG [134, AWARENET, 2002]. Le phosphore est présent sous forme organique et inorganique. Des tests ont été conduits en laboratoire et à l'échelle d'une installation pilote. Suite au développement des stratégies de traitement, des systèmes prototype à l'échelle industrielle ont été mis en œuvre. Les deux exemples sont conçus pour correspondre aux conditions d'exploitation de l'installation et à sa situation géographique. Les prototypes sont toujours en cours d'optimisation.

Le traitement primaire mis en œuvre dans le secteur des huiles végétales comprend généralement les procédés suivants :

- Égalisation des flux et des charges (voir la section 4.5.2.3)
- Décantation (voir la section 4.5.2.5)
- Piège à graisse (voir la section 4.5.2.2)
- Flottation par air dissous (voir la section 4.5.2.6)
- Précipitation (voir la section 4.5.2.9).

Un traitement secondaire est ensuite appliqué par des procédés aérobies (voir la section 4.5.3.1). En règle générale, les eaux usées conviennent bien au traitement biologique. On peut utiliser les boues activées (voir la section 4.5.3.1.1), les filtres percolateurs (voir la section 4.5.3.1.5) et les contacteurs rotatifs biologiques (voir la section 4.5.3.1.7). Des facteurs propres à l'industrie pouvant avoir une influence sur le traitement biologique des eaux usées sont la présence de substances lipophiles faiblement volatiles, de sulfate, un niveau de phosphatide élevé et un pH bas.

4.5.7.4.2 Huile d'olive

Voir également la section 4.7.4.1, pour obtenir des informations sur la réduction en cours de procédé de la quantité d'eaux usées et de la charge polluante.

Les eaux usées du moulin à huile d'olive sont classées parmi les eaux usées les plus polluantes du secteur FDM. Elles peuvent créer des problèmes aux régions de culture de l'olivier en Europe. Elles détiennent une DCO très élevée (200 000 mg/l), un pH bas (3 – 5,9) et une forte teneur en matières solides (TMES 20 000 mg/l). En outre, leur teneur élevée en polyphénol, jusqu'à 80 000 mg/l, rend très difficile la dégradation bactérienne et leur confère des propriétés phytotoxiques.

D'habitude, les petits moulins à huile d'olive, dont un grand nombre se situe sous le seuil de la Directive PRIP, ont recours aux lagunes d'évaporation (voir la section 4.5.3.1.4). Laisser les eaux usées s'évaporer dans des lagunes ouvertes pendant des mois génère des odeurs rances et, dans de nombreux cas, des fuites contaminent les eaux souterraines. Les résidus solides sont ensuite destinés à l'épandage (voir la section 4.1.6). S'ils sont directement déposés dans les oliveraies, ils peuvent polluer les eaux souterraines. Il est habituellement impossible de se brancher à une SEEUM car les moulins à huile d'olive sont normalement situés dans les zones rurales où il n'existe pas de SEEUM ou bien, si elles existent, elles ne sont pas conçues pour traiter des eaux usées de cette nature. La concentration thermique (non présentée dans le présent document) peut également être utilisée pour traiter les eaux usées de l'huile d'olive.

Les eaux usées de l'huile d'olive peuvent également être traitées à l'aide d'une SEEU anaérobie qui peut réduire les niveaux de DCO de 65 – 95 %. Cette opération demande des coûts d'investissements élevés, notamment parce que les moulins à huile d'olive ont des récoltes saisonnières qui ont lieu entre octobre et mars et qui dure seulement trois mois sur chaque site. Les caractéristiques saisonnières de ces moulins n'entravent pas le traitement car un digesteur anaérobie redémarre facilement après un état inactif, bien que cela prenne un certain temps pour créer à nouveau les conditions de traitement.

La haute teneur en polyphénol des eaux usées inhibe la croissance des bactéries aérobie. En outre, l'auto-oxydation des composés phénoliques pendant le contact des effluents d'huile d'olive avec l'air crée des polyphénols macromoléculaires qui se dégradent encore plus difficilement.

Un autre traitement des eaux usées des moulins d'huile d'olive peut englober un traitement primaire efficace (voir la section 4.5.2) qui extrait les solides. La précipitation (voir la section 4.5.2.9), en sélectionnant un flocculant optimal, élimine un très fort pourcentage de matières organiques dissoutes et particulaires, qui seront ensuite extraites par filtration (voir la section 4.5.4.5). L'étape finale consiste à utiliser la séparation membranaire (voir la section 4.5.4.6) pour obtenir une réduction de 95 % de la charge organique. Cette méthode est toujours en cours d'étude mais elle pourrait être une solution dans l'avenir.

Le Tableau 4.162 compare les traitements destinés aux eaux usées de l'huile d'olive.

Méthode	Avantages	Inconvénients
Épandage	Fertilité améliorée grâce au K, Mg et matières organiques	Contamination des eaux souterraines Salinité élevée Plafonds réglementaires En raison du polyphénol, effets négatifs sur la végétation si certains niveaux sont dépassés
Lagune d'évaporation	Faibles coûts N'exige pas une main-d'oeuvre qualifiée	Exige une grande superficie de terrain Odeurs putrides et insectes Contamination des eaux souterraines si le bassin n'est pas correctement isolé
Concentration thermique	Système plus rapide	Consommation électrique et coûts élevés Formation d'une croûte dans les évaporateurs
Procédés anaérobie	Faible consommation énergétique Production de méthane Boues stabilisées	Installation onéreuse

Tableau 4.162 : Comparaison des traitements alternatifs destinés aux eaux usées de l'huile d'olive [134, AWARENET, 2002]

4.5.7.4.3 Traitement des eaux usées multi-stades dans une raffinerie d'huiles végétales – étude de cas

Description

Ce traitement combine des techniques mises en oeuvre dans un exemple de raffinerie d'huile comestible sous certaines conditions. Son application à d'autres entreprises peut d'abord être testée, par des essais pilote par exemple.

La technologie est appliquée pour traiter sur le site les eaux usées provenant du raffinage des huiles et graisses brutes. On a réuni les eaux usées issues des flux de savon fragmenté (eau acide), de stockage et de nettoyage.

Le système comprend les séquences suivantes :

- Séparation (voir la section 4.1.7.8)
- Piège à graisses (voir la section 4.5.2.2) dans les flux séparés
- Égalisation des flux et des charges (voir la section 4.5.2.3)
- Flottation par air dissous (voir la section 4.5.2.6), avec pH bas et sans précipitation pour l'extraction du FOG
- Neutralisation (voir la section 4.5.2.4) et coagulation pour extraire les huiles / graisses émulsifiées
- Flottation par air dissous (voir la section 4.5.2.6), avec précipitation pour les huiles / graisses coagulées
- Boues activées (voir la section 4.5.3.1.1), en cascade pour traiter les conditions flux bloqué
- Flottation par air dissous (voir la section 4.5.2.6) pour retirer les boues
- Décantation (voir la section 4.5.2.5) des MES et égalisation des flux et des charges (voir la section 4.5.2.3) du bassin d'eau claire

Arguments motivant la mise en application

Réduction de la DCO des eaux usées de plus de 95 %. Faible diminution du phosphore.

Interactions entre les milieux

Consommation accrue de produits chimiques, comme la soude caustique et les coagulants destinés à éliminer les graisses. Hausse de la consommation énergétique exigée par les procédés physiques et biologiques. Production de boues.

Données d'exploitation

Le Tableau 4.163 répertorie les propriétés des eaux usées avant et après le traitement. Le phosphore diminue de 50 % environ et uniquement par l'absorption biologique en étant assimilé dans la biomasse des boues. La précipitation ne peut pas être utilisée dans les eaux usées contenant des phosphatides, par exemple les eaux usées organiques.

Paramètre	Unit é	Entré e	Sortie
Volume d'eau usées	m ³ /h	<25	
DCO	mg/l	2 500	<150
DBO ₅	mg/l		<5
Substances lipophyles	mg/l	**100	–
Phosphore* (P _{total})	mg/l	<140	<70
Sulfate (max.)	mg/l	12 000	–
* Source de phosphore : phospholipides comme les phosphatides et les lécithines			
** Mesuré à l'aide de la méthode maintenant annulée (DIN 38509, H 17)			

Tableau 4.163 : Propriétés des eaux usées avant et après le traitement

Le Tableau 4.164 donne les chiffres de la consommation électrique.

Source d'énergie	Consommation
------------------	--------------

Vapeur	12,5 kWh/t huile non raffinée
	45 MJ/t huile non raffinée
	16 kg/t huile non raffinée
Électricité	11,5 MJ/t huile non raffinée
	3,2 kWh/t huile non raffinée

Tableau 4.164 : Chiffres de la consommation électrique

Le Tableau 4.165 donne les données d'exploitation d'un système de traitement des eaux usées dans une entreprise de transformation des huiles et des graisses.

Stade 1 : Refroidissement, neutralisation (NaOH), ajout de coagulant et d'urée	
DAF avec pH bas	Surface = 25 m ²
DAF avec pH neutre	Surface = 25 m ²
Stades 2 – 3 : système de boues activées en cascade (bassins d'aération et DAF)	
Volume du réacteur 1 : 630 m ³	
Volume du réacteur 2 : 1 270 m ³	
Temps de séjour approx. : 35 h	
Surface DAF	Surface = 45 m ²
Stade 4 : Bassin d'eau claire, réservoir d'eaux usées clarifiées pour décantation des résidus en suspension, bassin-tampon pour rinçage, station de pompage d'évacuation	
Volume du bassin d'eau claire : 279 m ³	
Stade 5: Traitement des boues	
Réservoir de boues avec aération à bulles fines pour obtenir la stabilisation aérobie de la boue excédentaire. Réservoir de boues pour boues grasses issues du traitement chimique / physique primaire, avec aération à grosses bulles pour obtenir la stabilisation aérobie des boues	

Tableau 4.165 : Description d'un système de traitement des eaux usées dans une entreprise de transformation des huiles et des graisses

Domaines d'application

Raffineries d'huiles qui ne sont pas obligées d'avoir une extraction du phosphore perfectionnée.

Le Tableau 4.166 résume les données des différents domaines d'application.

Restrictions	Faibles charges organiques
	Bonne séparation primaire des graisses
	Précipitation précédente des phospholipides impossible
	Précipitation simultanée avec hautes concentrations P nuisible à la biocénose
	Précipitation ultérieure pour garantir la conformité avec les niveaux P uniquement possible avec surdosage important
Fiabilité d'exploitation	Limitée en raison des fluctuations pratiquement inévitables de la qualité des eaux usées non traitées
	Le système demande une main-d'oeuvre importante

Tableau 4.166 : Résumé des données des différents domaines d'application

Données financières

La mise au point et la construction du système demande des investissements importants. Les coûts sont liés à la consommation énergétique accrue, aux travaux de maintenance et de réparation, à la main-d'oeuvre et à une augmentation des déchets. Dans un exemple d'installation, la technique a été mise en oeuvre avec une assistance financière externe.

Arguments motivant la mise en application

Exigences officielles plus sévères régulant le volume et la qualité des eaux usées. Conditions des eaux réceptrices locales. Lors de la prise de décision, étudier les autres solutions. Système de démonstration aidé financièrement par des fonds publics.

Exemples de site

Une raffinerie d'huiles végétales en Allemagne.

Bibliographie de référence

[65, Germany, 2002, 182, Germany, 2003, 185, CIAA-FEDIOL, 2004]

4.5.7.5 Produits laitiers

4.5.7.5.1 Caractéristiques des eaux usées

Dans le cadre de leur traitement, les eaux usées de laiterie présentent les caractéristiques importantes suivantes [13, Environment Agency of England and Wales, 2000, 65, Germany, 2002] :

- Grandes variations quotidiennes dans le débit
- pH variable
- Les eaux usées peuvent manquer d'azote, à moins que la teneur en nitrate de l'eau brute soit élevée ou sauf en cas d'utilisation d'acide nitrique.
- Les eaux usées peuvent contenir beaucoup de phosphore si l'acide phosphorique est utilisé dans le nettoyage. Le lait a également une teneur importante en phosphore, soit 93 mg P/100 g de lait entier.
- Le traitement des eaux usées de laiterie entraîne un excédent de boues plus faible que le traitement domestique en raison par exemple de la teneur plus basse en solides en suspension, l'utilisation d'un ratio F/M plus bas et de températures plus élevées.
- Malgré l'utilisation de bassins d'égalisation en amont, il est toutefois prudent de prévoir des charges maximales en concevant l'apport d'oxygène.

4.5.7.5.2 Traitement des eaux usées

Dans le secteur des produits laitiers, les solides provenant des eaux qui ont servi à laver les véhicules sont généralement éliminés à la source. Pour cela, on peut utiliser des pièges à sable ou à gravillons, ou bien les eaux de pluie coulant sur les surfaces étanches sont généralement acheminées dans le dispositif de traitement des eaux usées sur le site. Ensuite, on classe normalement les eaux usées (voir la section 4.1.7.8) par teneur en solides élevée, DBO très élevée et salinité élevée. Après leur séparation, les eaux usées doivent subir un traitement primaire à l'aide des techniques suivantes :

- Criblage (voir la section 4.5.2.1)
- Égalisation des flux et des charges (voir la section 4.5.2.3)
- Neutralisation (voir la section 4.5.2.4)
- Décantation (voir la section 4.5.2.5)
- Flottation par air dissous (voir la section 4.5.2.6)
- Centrifugation (voir la section 4.5.2.8)
- Précipitation (voir la section 4.5.2.9).

Le traitement primaire doit être suivi d'un traitement secondaire. Si les eaux usées présentent une concentration de DBO supérieure à 1 000 – 1 500 mg/l, des procédés de traitement anaérobie sont appliqués (voir la section 4.5.3.2). Les techniques anaérobies sont très courantes dans toute l'Europe pour les eaux usées de laiteries lorsque la DBO est supérieure à 3 000 mg/l. Après l'aération de surface, les eaux usées finales résultant des procédés anaérobies peuvent être rejetées directement dans une SEEUM. Toutefois, ces eaux usées risquent de contenir du phosphore si on utilise des procédés anaérobies. Si les eaux usées sont peu concentrées, on emploie le traitement aérobie (voir la section 4.5.3.1).

La Figure 4.85 montre le principe opératoire type du traitement des eaux usées de laiteries.

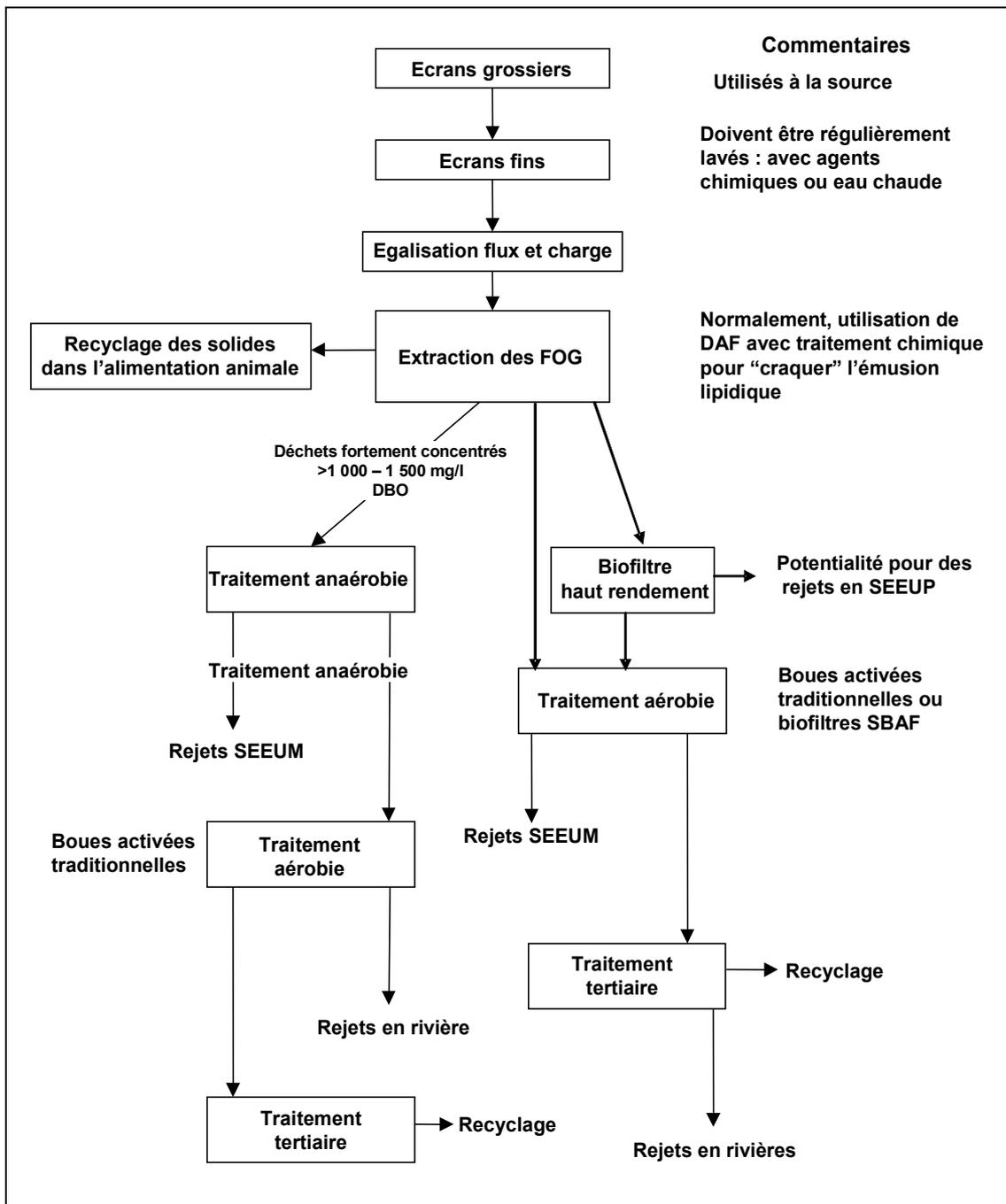


Figure 4.85 : Traitement typique des eaux usées applicable à une laiterie [13, Environment Agency of England and Wales, 2000]

4.5.7.6 Amidon

4.5.7.6.1 Caractéristiques des eaux usées

Les eaux usées du secteur de l'amidon contiennent un taux élevé de matières organiques qui sont facilement biodégradables. Les niveaux de DCO et DBO augmentent à cause de l'hydrolyse et de la fermentation entre autres des sucres réduits, des acides volatils et des aldéhydes. La teneur en MES n'est pas élevée.

De l'azote est également présent dans les eaux usées. Sa production est due aux composés générés par la dégradation des protéines, par exemple de l'urée et de l'ammoniaque. La teneur en azote semble plus élevée dans les eaux usées provenant de la transformation des pommes de

terre que dans celles générées par la transformation des grains. Les métaux, comme le zinc, le nickel et le cuivre, sont présents en très petites quantités. Lorsqu'on peut les détecter, c'est le résultat de la corrosion des cuves et tuyaux métalliques, et de matières premières comme le maïs, le riz et les pommes de terre.

4.5.7.6.2 Traitement des eaux usées

Le traitement primaire des eaux usées de la transformation de l'amidon applique les techniques suivantes :

- Égalisation des flux et des charges (voir la section 4.5.2.3)
- Décantation (voir la section 4.5.2.5)
- Flottation par air dissous (voir la section 4.5.2.6)

S'il faut poursuivre le traitement, on fait appel à des techniques de traitement secondaire. Les procédés anaérobie (voir la section 4.5.3.2) sont utilisés lorsque la charge de matières organiques est élevée et la charge de MES basse, bien qu'on note que des traitements anaérobie longs sont parfois appliqués pour épurer les eaux usées contenant un taux élevé de MES. La réaction de méthanisation qui survient produit du biogaz contenant entre 50 et 70 % de méthane par volume. Ce biogaz est généralement récupéré dans une chaudière. L'avantage de ce traitement est qu'il élimine partiellement la charge de DCO sans produire des boues et en économisant de l'énergie. Néanmoins, cette réaction est difficile à optimiser et son efficacité se situe entre 50 et 80 % de charge DCO. Opter pour un traitement anaérobie dépend également des ratios de charge, comme le rapport DCO:N, DBO:N et N:P. Le ratio DCO:N doit être suffisamment élevé pour permettre aux bactéries de se développer dans des réacteurs anaérobie et aérobie. Cependant, comme les taux d'élimination des DCO et DBO sont bas, il faut appliquer un traitement complémentaire.

Le stade suivant est généralement un traitement aérobie (voir la section 4.5.3.1). De l'oxygène est fourni soit par des aérateurs de surface, soit en soufflant de l'air au fond du bassin. Lorsque la DCO des eaux usées est supérieure à 10 000 mg/l, il est préférable de ne pas se contenter d'un traitement aérobie. Les techniques aérobie sont toutefois appropriées pour des eaux moins polluées, telles que les vapeurs condensées générées par les dispositifs de concentration ou telles que l'eau de lavage ou de canalisation de transport utilisée dans la fabrication d'amidon de pommes de terre. Lorsqu'on traite des vapeurs condensées, il est notamment important que le ratio nutritif (N:P) soit équilibré. En outre, on peut s'attendre à ce que les eaux usées produites par la modification de l'amidon soient des charges organiques à base d'hydrates de carbone extrêmement déséquilibrées, avec d'éventuels problèmes causés par l'élévation et le gonflement des boues [65, Germany, 2002].

Pour terminer, le traitement tertiaire comprend la nitrification / dénitrification biologique (voir la section 4.5.4.1). On note que le traitement tertiaire n'est pas toujours obligatoire.

La composition communiquée pour les eaux usées après traitement figure dans le Tableau 4.167.

Paramètre	Concentration (mg/l)	
	Minimum	Maximum
DBO	5	20
DCO	50	300
Solides en suspension	10	60
Total azote	2	50
Total phosphore	1	5

Tableau 4.167 : Caractéristiques des eaux usées du secteur de l'amidon après traitement [115, CIAA-AAC-UFE, 2002]

On note que les eaux usées rejetées par les installations d'amidon sont parfois soumises uniquement au traitement préliminaire, tel que la décantation (voir la section 4.5.2.5). Elles quittent ensuite le site pour l'épandage (voir la section 4.1.6).

4.5.7.6.3 Réutilisation de l'eau de procédé dans la fabrication d'amidon de pommes de terre

Description

Lorsque l'amidon et ses dérivés sont fabriqués à partir de pommes de terre, l'activité peut produire de gros volumes d'eaux usées nécessaires à la fabrication de l'amidon. Une méthode de réutilisation de l'eau de la pomme de terre et de l'eau de procédé est récapitulée dans la Figure 4.86.

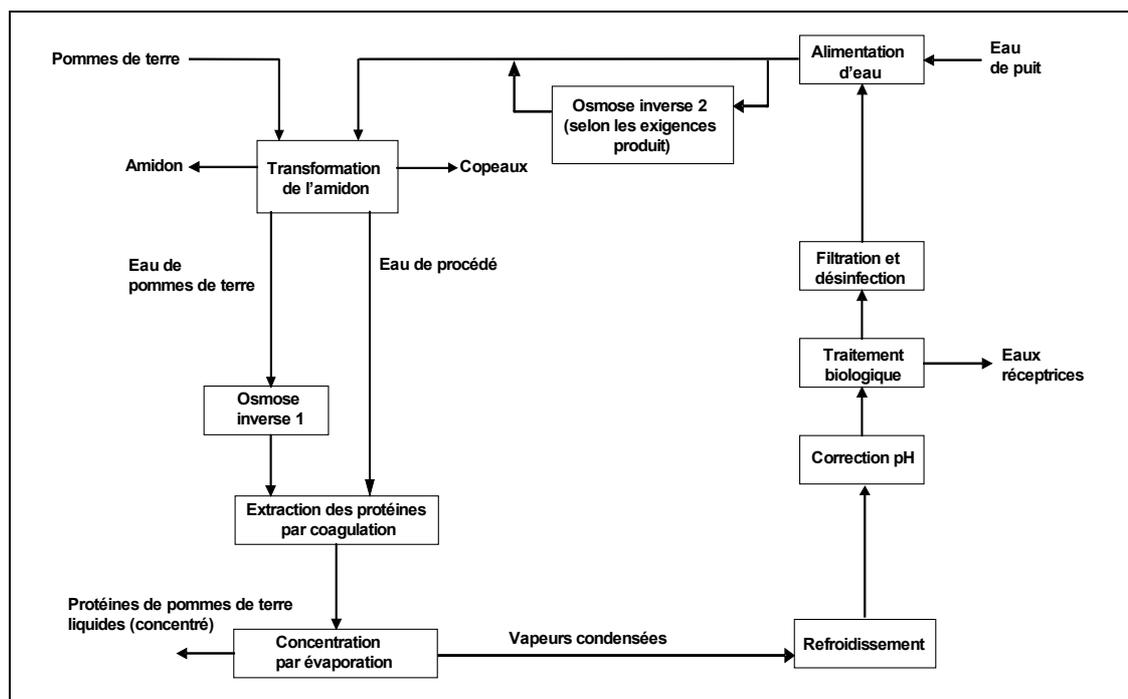


Figure 4.86 : Circuit hydraulique dans une installation d'amidon de pommes de terre

L'eau de pomme de terre est tout d'abord traitée avec l'OI. Elle est ensuite soumise, avec l'eau de procédé, à l'extraction des protéines par coagulation. La séquence suivante concentre par évaporation l'eau de pommes de terre déprotéinée et l'eau de procédé. La vapeur condensée obtenue est refroidie et le pH est corrigé avant de rejeter l'eau dans la SEEU biologique. Une certaine partie de l'eau purifiée subit un autre traitement où elle est d'abord filtrée par un filtre à sable, puis désinfectée. L'eau récupérée est mélangée à de l'eau propre et renvoyée vers le procédé de production. On peut procéder à un second traitement OI facultatif, en fonction des exigences attribuées au produit.

Arguments motivant la mise en application

Réduction de la consommation d'eau propre et du volume des eaux usées.

Interactions entre les milieux

Hausse de la consommation énergétique et production d'un excédent de boues.

Données d'exploitation

Dans l'exemple d'installation, les données conceptuelles de la séquence d'évaporation sont reprises dans le Tableau 4.168 et les propriétés du traitement biologique des eaux usées sont répertoriées dans le Tableau 4.169.

Entrée	Flux total en entrée	213 m ³ /h (sur la base d'un flux continu)
	Eau de procédé de la fabrication d'amidon	Volume du flux 1 = 110 – 145 m ³ /h Teneur en matières sèches = 1,8 – 2 % Température Unité des protéines, entrée = 38 – 40 °C Unité des protéines, sortie = 86 °C
	Eau de pommes de terre coagulée quittant l'unité de protéines	Volume du flux 2 = 100 – 115 m ³ /h Teneur en matières sèches = 5,5 – 6 % Température sortie de l'unité de protéines = 86 °C ± 1 %
Sortie	Produit	Liquide protéique de pommes de terre avec au moins 55 % de matières sèches
	Condensat	Aussi froid et pure que possible
Performances	Élimination de la vapeur	Au moins 230 t/h
	Pré-évaporation	Au moins 196 t/h
	Évaporation finale	Au moins 34 t/h
	Température de concentration	Maximum 87 °C
	Capacité de réserve	Au moins 15 % pour l'élimination de la vapeur
	Cycle opératoire	Durée de service d'au moins 120 h Temps de nettoyage maximum 9 h

Tableau 4.168 : Concentration par évaporation de l'eau de procédé de l'amidon de pommes de terre – données conceptuelles

Type d'eaux usées	Vapeurs condensées provenant de l'unité de concentration	
Procédé	Procédé des boues activées Filtre à sable Désinfection	
Données conceptuelles générales	Volume d'eaux usées	200 m ³ /h
	Concentration DCO	1 500 ± 300 mg/l
	Charge DCO	7 200 ± 1 440 kg/d
Caractéristiques des eaux usées	DCO	< 25 mg/l
	DBO ₅	< 10 mg/l
Caractéristiques du traitement par boues activées 2 bassins, chacun de 1 375 m ³ (= 2 750 m ³) aérobies, volume incluant le sélecteur précédent	Temps de séjour hydraulique	= 13,8 h
	Charge hydraulique	= 1,75 m ³ /m ³ par jour
	Charge du volume DCO	= 2,6 kg/m ³ par jour
	Concentration des boues	= 5 000 g/m ³
	Charge des boues DCO	= 0,52 kg DCO/kg matières sèches par jour
	Volume des boues retour	= maximum 200 m ³ /h
Décantation finale Décantation secondaire 1 bassin de décantation circulaire à flux tangentiel	Diamètre	=23 m
	Hauteur d'eau	=5 m
	Volume	=2 076 m ³
	Superficie	= 415 m ²
	Temps de séjour	= 10,38 h
	Charge de surface	= 0,48 m/h
Filtration au sable 3 unités	Débit entrée	= (maximum) 3 x 70 m ³ /h
	Débit de l'eau de lavage	= (maximum) 3 x 70 m ³ /h
	Charge hydraulique	= 8 m/h
Désinfection	Désinfection UV et mesure ClO ₂	

Tableau 4.169 : Caractéristiques du traitement biologique des eaux usées dans une fabrique d'amidon de pommes de terre

Domaines d'application

Dans l'industrie de l'amidon de pommes de terre, les vapeurs condensées sont hautement dégradables, ce qui rend le traitement par OI et évaporation étagée tributaire des propriétés spéciales de l'eau de la pomme de terre et de l'eau de procédé.

Données financières

La consommation d'eau propre réduite fait baisser les coûts. On note que le refroidissement des vapeurs condensées traitées n'est pas forcément bon marché.

Arguments motivant la mise en application

On constate que les eaux usées étaient été auparavant mises en décharge par épandage. Ce n'était plus possible à cause des gros volumes de produit, des frais de transport élevés et de la grande superficie exigée. La capacité de stockage exigée par cette méthode est réduite en comparaison avec l'épandage, car l'épandage est limité à certaines périodes de l'année. Contrairement à la solution de l'épandage, cette technique n'est pas liée aux conditions météorologiques.

Exemples de site

Au moins une fabrique d'amidon de pommes de terre en Allemagne.

Bibliographie de référence

[65, Germany, 2002]

4.5.7.7 Sucre

4.5.7.7.1 Traitement des eaux usées

On note que, selon la configuration de la SEEU, la séparation des eaux usées (voir la section 4.1.7.8) est parfois réalisée dans l'entreprise de transformation des betteraves à sucre, avant de procéder au traitement des eaux usées. L'eau de procédé, c'est-à-dire le condensat excédentaire issu de la concentration, fort en ammoniacque, et l'eau de la cristallisation, l'eau de transport hydraulique et l'eau de lavage, sont séparées de l'eau de transport hydraulique hautement concentrée. Dans certaines installations, le condensat est utilisé pour laver les betteraves.

Exemple 1

La terre est séparée de l'eau de transport en sédimentant dans des bassins de décantation (voir la section 4.5.2.5). L'eau décantée est traitée au moyen de lagunes anaérobies et aérobies (voir la section 4.5.3.1.4). Le recours aux lagunes permet de produire de l'eau d'irrigation pour les périodes sèches, ce qui réduit également l'extraction d'eau dans les rivières ou dans le sol. En Europe méridionale, on peut traiter les eaux de procédé avec des lagunes à évaporation naturelle parce que les températures moyennes sont élevées.

Il faut poursuivre le traitement s'il y a un risque d'émissions nauséabondes ou si l'environnement exige un traitement plus poussé. Dans ce cas, le traitement précédent peut être amélioré par l'aération de surface, éventuellement précédée d'un traitement aérobie (voir la section 4.5.3.1).

Exemple 2

Si les conditions environnementales imposent un traitement plus poussé, on peut utiliser la décantation (voir la section 4.5.2.5), le traitement anaérobie (voir la section 4.5.3.2) suivi de l'oxygénation et / ou digestion aérobie (voir la section 4.5.3.1) et de la décantation des boues finales.

Le surnageant fortement concentré qui arrive des bassins de décantation convient parfaitement aux techniques anaérobies. De plus, les bêtaïnes de la betterave à sucre, composées de constituants azotés organiques, ne se dégradent que dans des conditions anaérobies. Par conséquent, environ la moitié des usines de sucre en Allemagne sont actuellement équipées de systèmes anaérobies [65, Germany, 2002].

Les matières organiques de l'eau de transport hydraulique se dégradent en acides organiques en chaînes plus courtes. Historiquement, le pH était corrigé par des additifs, comme la chaux, dans une opération de neutralisation (voir la section 4.5.2.4). Cependant, cette « acidification » des eaux usées convient parfaitement au traitement anaérobie. « L'acidogénèse » est une réaction primordiale qui se déroule dans des conditions anaérobies pour fragmenter les matières organiques à chaîne longue en acides organiques plus faciles à traiter. Un certain nombre

d'installations anaérobies requiert une cuve d'acidification en amont du réacteur anaérobie pour lancer l'acidogénèse. C'est pourquoi il est maintenant inutile de corriger le pH de l'eau des canalisations de transport.

La biométhanisation intervient à des températures élevées, à 37 °C par exemple, bien que la digestion puisse se dérouler à un degré moindre, à 20 °C ou plus bas. L'exploitation peut rencontrer des difficultés en cas de variations dans la composition des constituants organiques des eaux usées, et à cause également de leur forte teneur en calcium.

Dans le réacteur à méthane, le calcium issu du procédé de carbonation et présent dans les eaux usées et associé au dioxyde de carbone formé dans le réacteur, induit la précipitation du carbonate de calcium. On a appris par expérience que, indépendamment de la concentration des influents et du procédé utilisé, la teneur en calcium descend à 0,3 – 0,7 kg/m³ environ. Ces valeurs impliquent que des charges annuelles de carbonate de calcium de 300 – 1 000 tonnes restent dans le réacteur. Des problèmes surviennent car ces résidus se mélangent dans le système. L'entretien de pompes, des échangeurs de chaleur et des conduites crée par ailleurs du travail et des frais supplémentaires [65, Germany, 2002].

Une partie des eaux usées traitées par anaérobies peut être recyclée comme eau de transport hydraulique. En outre, le méthane produit par le procédé anaérobie peut servir à sécher la pulpe de betteraves destinée à l'alimentation animale. La chaleur basse peut servir à préchauffer les eaux usées entrant dans le réacteur anaérobie [13, Environment Agency of England and Wales, 2000].

Le condensat excédentaire généré par la transformation du sucre est connu pour avoir une forte teneur en ammoniacque et une faible teneur en DCO. Pour diminuer les niveaux d'ammoniacque, on recommande les techniques de nitrification de l'ammoniacque (voir la section 4.5.4.1). Pour cela, le flux d'eaux usées doit recevoir une dose de carbone externe. Pour les installations qui traitent l'eau de transport hydraulique par des techniques anaérobies, mélanger les eaux usées épurées par le procédé anaérobie aux eaux de procédé excédentaires suffit généralement à équilibrer le flux destiné à la séquence de traitement aérobie.

Certaines usines utilisent des hydrocyclones pour extraire du système les boues bactériennes chargées de calcaire. Dans pratiquement toutes les installations, il faut, pendant la période de repos, retirer mécaniquement le calcaire qui s'est déposé dans les réacteurs. On exécute ces travaux à intervalles réguliers, tous les 2 à 5 ans. Les accumulations de calcaire enlevées s'élèvent entre 800 et 1 000 kg/m³ du matériau support. Puisque ces opérations sont saisonnières, le système aérobie situé en aval du dispositif anaérobie doit être activé au début de la saison. Ce n'est pas toujours le cas avec les lits fluidifiés (voir la section 4.5.3.2.7). Le calcaire est précipité presque entièrement sur le matériau support, qui peut ensuite être enlevé pendant la production.

Après cette étape, la qualité des eaux usées finales peut être assez bonne pour les rejeter dans un cours d'eau ou dans une SEEU. En vue d'un éventuel recyclage, on peut faire appel à des techniques de traitement tertiaire (voir la section 4.5.4) pour une partie des eaux usées.

Exemple 3

Pour les situations qui demandent un contrôle supplémentaire de l'azote et de ses composés, il faut installer un dispositif de nitrification et dénitrification adéquat. Il existe plusieurs techniques biologiques et non-biologiques, telles que l'extraction de l'ammoniacque (voir la section 4.5.4.2) et le procédé de nitrification / dénitrification biologique (voir la section 4.5.4.1).

Exemple 4

On applique tout d'abord un procédé anaérobie. Le biogaz produit sert de combustible. Ensuite, on a recours à un procédé aérobie qui dégrade l'azote et le phosphore.

Une fois épurées, les eaux usées sont soit réutilisées dans l'usine, soit rejetées en rivière ou en pleine mer.

Exemple 5

La Figure 4.87 montre le schéma de principe du traitement des eaux usées d'une installation de transformation des betteraves sucrière.

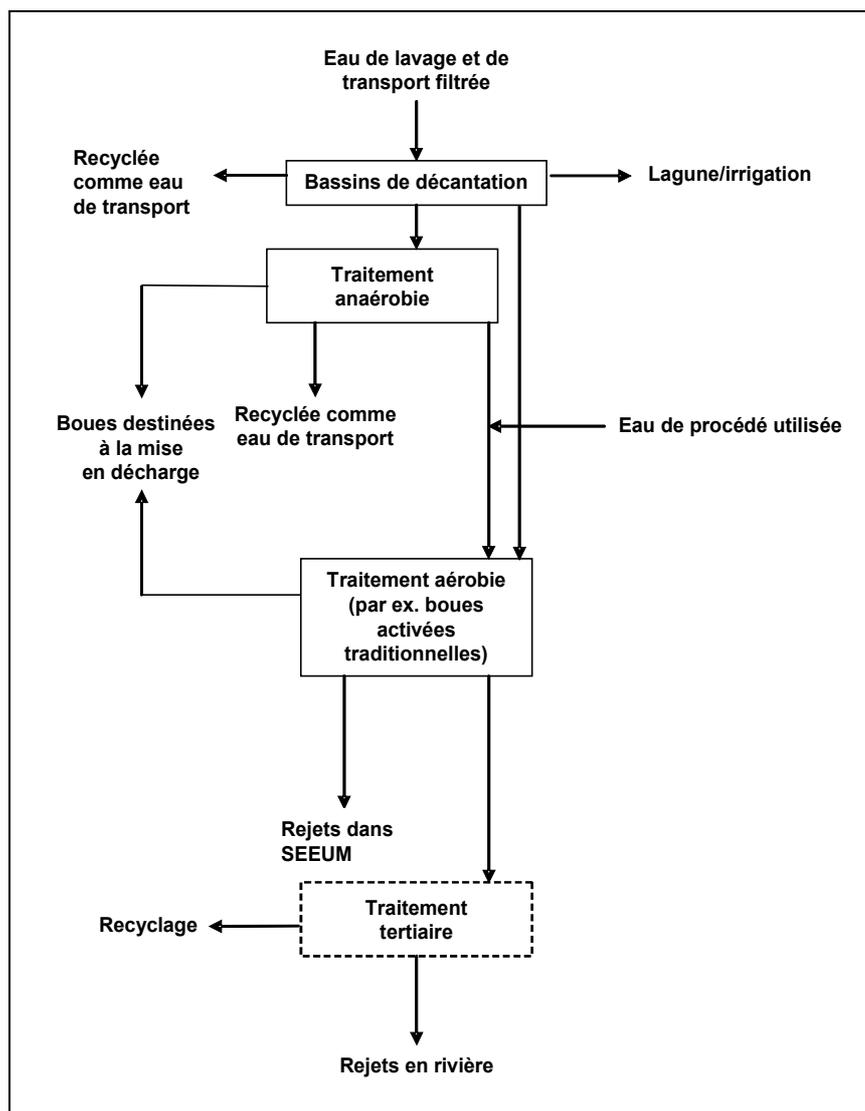


Figure 4.87 : Options classiques d'épuration des eaux usées provenant des betteraves sucrière [13, Environment Agency of England and Wales, 2000, 159, CIAA-CEFS, 2003]

Résultat en matière d'émission

Les performances du traitement des eaux usées dans l'industrie sucrière des Pays Nordiques sont répertoriées dans le Tableau 4.170.

Traitement	DBO (mg/l)	Total N (mg/l)	Total P (mg/l)
Avant traitement	3 300	120	10
Après traitement anaérobie	100	80	8
Après traitement anaérobie et aérobie	2	10	0,4

Tableau 4.170 : Performances du traitement des eaux usées dans l'industrie sucrière des Pays Nordiques [1, CIAA, 2002]

Les chiffres par tonne de betteraves à sucre transformées dans une usine de sucre danoise figurent dans le Tableau 4.171.

Paramètre	Moyenne totale (plage)	Aucun traitement Moyenne (plage)	Après traitement anaérobie / Aérobie
Eaux usées m ³ /t betteraves transformées	0,79 (0,53 – 1,10)		
Eaux usées m ³ /t sucre produit	5,13 (3,73 – 6,98)	5,59 (3,76 – 6,98)	
DBO kg/t sucre produit	10,3 (0,01 – 24,4)	14,6 (10,7 – 24,4)	0,01
Solides en suspension kg/t sucre produit	1,25 (0,76 – 1,62)	1,16 (0,76 – 1,42)	s/o
Azote kg/t sucre produit	0,27 (0,01 – 0,56)	0,33 (0,19 – 0,56)	0,03
Phosphate g/t sucre produit	31,3 (0,81 – 83,2)	40,4 (27,5 – 83,2)	1,22

Tableau 4.171 : Production d'eaux usées et principales caractéristiques dans des usines de sucre danoises
[139, Nielsen E.H. Lehmann, 2002]

Les charges spécifiques des eaux usées en contaminants après traitement biologique figurent dans le Table 4.172.

Paramètre	Sucre produit (kg/t)
DBO₅	0,24
DCO	2,4
COT	0,9
Azote_{total}	0,35

Table 4.172: charges spécifiques des eaux usées après traitement biologique pendant une campagne de transformation des betteraves à sucre
[152, Austria, 2002]

On note que les eaux usées produites par les usines de sucre ne sont parfois pas épurées, mais qu'elles quittent le site pour être destinées à l'épandage (voir la section 4.1.6).

4.5.7.8 Boissons

4.5.7.8.1 Caractéristiques des eaux usées

Le secteur des boissons alcoolisées et non alcoolisées représente un secteur hétérogène. Ses eaux usées se divisent en catégories basse concentration / haut volume, haute concentration / bas volume, rejets réguliers continus et rejets de campagne / saisonniers. Les eaux usées de ce secteur ont tendance à être extrêmement biodégradables et à contenir des micro-organismes actifs.

4.5.7.8.2 Traitement des eaux usées

On peut séparer les eaux usées avant le traitement (voir la section 4.1.7.8). Les flux basse concentration / haut volume peuvent potentiellement être recyclés (après une épuration appropriée), rejetés directement dans une SEEU sans épuration, ou mélangés à des eaux usées traitées avant d'être rejetés. Les options disponibles dépendront des eaux réceptrices et de l'autorisation de rejet. [13, Environment Agency of England and Wales, 2000].

En général, on peut appliquer les procédés primaires suivants aux eaux usées du secteur des boissons alcoolisées et non alcoolisées [13, Environment Agency of England and Wales, 2000] :

- Criblage (voir la section 4.5.2.1)
- Égalisation des flux et des charges (voir la section 4.5.2.3)
- Flottation par air dissous (voir la section 4.5.2.6)
- Bassin de détournement (voir la section 4.5.2.7).

Les systèmes de traitement biologique donnent de bons résultats dans l'industrie des boissons non alcoolisées.

En fonction de la gamme de produits et du système d'emballage, par exemple les emballages réutilisables ou jetables, l'exploitant peut être obligé d'ajouter des sels nutritifs de manière constante ou intermittente. Le nettoyage et la désinfection peuvent créer des concentrations maximales et temporaires de phosphore, qui peuvent à leur tour causer des problèmes en cas de rejets directs, même après un procédé d'égalisation, préconisé avant le traitement biologique [65, Germany, 2002].

Si les flux d'eaux usées ont une concentration de DBO supérieure à 1 000 – 1 500 mg/l, on peut utiliser des procédés anaérobie (voir la section 4.5.3.2), suivis par une aération de surface. Les flux moins concentrés sont soumis à un traitement aérobie (voir la section 4.5.3.1). Un système biologique bi-stades (voir la section 4.5.3.3.2), un anaérobie suivi par un aérobie, peut être utilisé.

Pour pouvoir rejeter les eaux usées dans les cours d'eau ou pour obtenir la qualité de recyclage, d'autres séquences de traitement sont obligatoires.

Si les niveaux d'effluents solides en suspension sont bas, ou si les eaux usées doivent être recyclées, un traitement tertiaire est obligatoire (voir la section 4.5.4). La désinfection et la stérilisation (voir la section 4.5.4.8) sont des procédés essentiels si les eaux usées doivent être utilisées comme eau potable par des procédés de transformation.

Certaines installations restent en service toute l'année, mais elles transforment des produits frais saisonniers. La production continue de ces installations génère des eaux usées génériques toute l'année sur le site ; et pendant la saison ou la campagne, des procédés intensifs produisent un volume supplémentaire d'eaux usées. La nature des eaux usées génériques et celles liées aux campagnes ont par conséquent un impact sur les techniques de traitement sélectionnées pour l'installation.

Normalement, les eaux usées liées à la campagne ont une concentration plus élevée que les eaux usées génériques, et un certain nombre de facteurs affectera le choix de l'exploitant dans ces conditions, comme la proximité des points de rejets des eaux usées et si le fait de mélanger les flux est avantageux pour le procédé, ou bien s'il vaut mieux les maintenir séparés. On peut examiner le coût de construction d'une unité de traitement des eaux usées capable de recevoir des charges de campagne nettement plus élevées.

Certaines eaux usées peuvent exiger un traitement primaire uniquement si elles sont épurées séparément, avant de les rejeter dans une SEEU. Les eaux usées de campagne / saisonnières présentent normalement un faible volume et une forte concentration. Elles sont traitées à l'aide de procédés anaérobie. Les eaux usées finales provenant du procédé anaérobie sont normalement rejetées dans une SEEUM, après avoir été soumises à une aération de surface.

Pour traiter les flux regroupés, une SEEU doit généralement être de conception modulaire, avec deux réacteurs ou plus fonctionnant en parallèle pour permettre à un réacteur d'être utilisé hors saison, l'installation opérant à plein régime pendant la production saisonnière. Une technique envisagée pour cette situation est le procédé des boues activées classique (voir la section 4.5.3.1.1) avec un complément d'oxygène pure (voir la section 4.5.3.1.2) pour les charges de production saisonnière élevées. L'installation peut exiger une alimentation artificielle pour se préparer à l'augmentation de débit et de charge.

4.5.7.8.3 Brasseries

La production d'eaux usées connaît habituellement des fluctuations. Le flux maximal peut être de l'ordre de 2,5 à 3,5 fois plus important que le flux moyen, en fonction du point de mesure par rapport au lieu de production. La période de flux maximale est normalement courte. Ces derniers interviennent dans la salle de brassage et dans la zone de transformation de la bière quand ont lieu les opérations de nettoyage. Sur l'aire d'emballage, ils surviennent pendant la fermeture de la ligne, lorsque les nettoyeurs de bouteilles et les tunnels de pasteurisation sont vidés. Un troisième espace qui peut connaître des pointes importantes est l'aire de traitement des eaux usées pendant le lavage à contre-courant des filtres.

La concentration de matières organiques dépend du ratio eaux usées / bière et du rejet des matières organiques dans une SEEU. Les matières organiques typiques rejetées par une brasserie se situent normalement dans la fourchette de 0,8 – 2,5 kg de DCO/hl de bière. Il peut se produire des rejets plus importants, provenant de la levure excédentaire, de cassures ou de divers déchets concentrés dans la SEEU qui pourraient être mis en décharge en employant de meilleures méthodes. La fabrication de bière non alcoolisée peut entraîner des effluents très élevés si l'alcool condensé est rejeté dans la SEEU.

Normalement, les eaux usées de procédé contiennent peu de composés non biodégradables. Les eaux usées de brasserie ont généralement un ratio DCO/DBO de 1,5 – 1,7, indiquant qu'elles sont facilement dégradables.

Pendant le traitement primaire, la neutralisation (voir la section 4.5.2.4) joue un rôle essentiel. Le dosage de l'unité de neutralisation dépendra de l'exploitation de la brasserie, notamment de la conception et de l'exploitation des rejets des bains de soude caustique dans les nettoyeurs de bouteilles et les cuves CIP. Pour neutraliser la soude caustique dans les unités CIP ou les débordements des dispositifs de nettoyage des bouteilles, des solutions alternatives utilisent les gaz de fumées dégagés par la chaufferie ou l'excédent de CO₂ produit par la fermentation. Comme appareil, on peut utiliser un racleur ou un dispositif plus simple muni d'un évent à gaz ouvert sur une fosse.

Le traitement secondaire peut comprendre des procédés aérobie (voir la section 4.5.3.1) et / ou anaérobie (voir la section 4.5.3.2). La méthode aérobie la plus couramment appliquée dans le traitement des eaux usées de brasserie est le procédé des boues activées (voir la section 4.5.3.1.1). Néanmoins, l'utilisation d'un procédé anaérobie a l'avantage de nécessiter peu de (ou aucun) éléments nutritifs pour les eaux usées pauvres en éléments nutritifs. Les techniques anaérobie les plus courantes sont les réacteurs UASB (voir la section 4.5.3.2.4) et EGSB (voir la section 4.5.3.2.8).

Les boues excédentaires peuvent représenter une grande partie des déchets solides d'une brasserie. Elles doivent être mises en décharge. Les rapports précisent que les boues ont été utilisées dans des applications agricoles (voir la section 4.1.6).

Si les exigences en matière de DBO et de MES sont plus strictes que 15 mg/l et 20 - 30 mg/l, un traitement tertiaire est nécessaire (voir la section 4.5.4).

4.5.7.8.4 Recyclage de l'eau dans une brasserie

Description

À la fin de la séparation de la purée, le moût résiduel très dilué s'écoule de lui-même jusqu'à l'obtention d'un niveau d'humidité acceptable dans la drêche. Après avoir mis en décharge la drêche, les fines déposés sous le faux-plancher sont enlevés par un nettoyage haute-pression à l'eau chaude par le dessous. Les fentes du faux-plancher restent dégagées grâce à un rinçage à l'eau chaude par le dessus. Ce moût très dilué contient beaucoup de MES, de lipides et de polyphénols ; traditionnellement, ils ne conviennent pas au recyclage dans les procédés et sont donc rejetés dans la SEEU. Ceci représente un important gaspillage d'eau, d'énergie et de moût.

Les eaux usées rejetées par la cuve-filtre forment une part importante des eaux usées globales de la brasserie. La concentration des eaux usées de la cuve-filtre est fonction de plusieurs facteurs. En terme d'égalisation de l'eau, plus la teneur en humidité de la drêche est faible, plus le volume d'eaux usées est important. Il est avantageux de diminuer encore plus le volume du moût dilué et drainé, mais il faut veiller à ne pas emprisonner de l'air ou prolonger la durée de récolte du moût. Il est également courant de racler le lit en profondeur pendant l'égouttage du lit pour accélérer le drainage du moût dilués vers la chaudière après avoir terminé sa récolte. Plus l'application de cette technique est rigoureuse, plus de fines passent dans les eaux usées. Une grande quantité de drêche épuisée retenue après le rejet produit inévitablement plus de fines / DCO emprisonnés dans la plaque du faux-plancher puis extraits par le nettoyage haute-pression et envoyés dans les eaux usées.

Pour pouvoir réutiliser les eaux usées comme eau de procédé pour l'empâtage, il est nécessaire d'extraire du moût dilué les particules colloïdales très fines. Pour cela, on emploie la centrifugation ou la filtration bi-stades, à savoir la filtration grossière suivie de l'ultrafiltration. Suite à l'étape de filtration grossière, les eaux usées sont soumises à une microfiltration tangentielle.

Arguments motivant la mise en application

Recul de MES et de DCO dans les eaux usées.

Données d'exploitation

Un exemple de brasserie au Royaume-Uni a mis au point une installation pilote pour traiter séparément des eaux usées présentant une concentration élevée et spécifique. La cuve-filtre produisait approximativement 20 % de la charge d'eaux usées totale, comme le montre le Tableau 4.173.

Paramètre	Concentration		Contribution de la cuve-filtre à la charge totale (%)
	Eaux usées totales (mg/l)	Eaux usées de la cuve-filtre (mg/l)	
MES	800	6 540	27
DCO	2 000	13 100	22

Tableau 4.173 : Caractéristiques des eaux usées d'une brasserie

Avant que l'ultrafiltration puisse commencer, il est nécessaire d'éliminer les particules grossières supérieures à 100 μ . 70 % des solides en suspension sédimentant aisément, ils seront très certainement éliminés par la filtration grossière. Différents filtres auto-nettoyants en ligne ont été testés. Cette unité a été équipée de filtres de diverses dimensions, et un grillage de 30 μ s'est avéré optimal pour extraire les solides contenant une proportion d'eau acceptable, soit 75 % d'humidité. Ils étaient suffisamment polyvalents pour traiter les charges solides variables contenues dans l'influent et pour fournir des rejets pouvant rejoindre la drêche normale, plutôt que d'en faire un nouveau flux de solides à rejeter.

Suite à l'étape de filtration grossière, les eaux usées sont soumises au procédé membranaire tangentiel. Le concentrat créé est encore très liquide, avec moins de 1 % de solides secs. S'il était ajouté à la drêche normale contenant 75 % d'humidité, le taux d'humidité global augmenterait pour atteindre 78 %. Dans le pire des cas, on a estimé ce résultat inacceptable ; par conséquent, le concentrat devra rejoindre la SEEU. Le filtre membranaire tangentiel a retenu 99 % des MES et 53 % de la DCO, permettant une concentration 5 fois plus élevée.

Le perméat résultant de l'UF précédente subi une réduction de 99 % de solides en suspension, une réduction de 45 % de polyphénols et une réduction de 99 % de lipides. On note que ce système, avec deux autres, peut servir d'eau d'empâtage chaude dans le procédé. Ce faisant, les polyphénols ont progressé de 13 mg/l et les lipides de 1 mg/l. On note que ces chiffres correspondent à une variation de procédé acceptable. La baisse de la pollution est résumée dans le Tableau 4.174.

	Eaux usées de la cuve- filtre	Eaux usées du filtre 30 µ	Ultrafiltration 100 nm	
			Perméat	Concentré
Volume (m ³)	13	13	10,5	2,5
Total solides (mg/l)	6 540	3 110	38	16 010
DCO (mg/l)	13 100	13 100	7 623	36 104

Tableau 4.174 : Résumé de la baisse de la pollution en traitant les eaux usées de la cuve-filtre

Données financières

On a constaté qu'au Royaume-Uni, la majorité des brasseries rejettent leurs eaux usées dans une SEEUM pour être épurées. Les SEEUM, qui sont habituellement des sociétés de gestion et de distribution des eaux, font payer ce service. Le coût total du traitement de la cuve-filtre a été estimé à environ 97 GBP/brassin. Si on estime à 3 000 le nombre de brassins annuel, le coût s'élève à 291 000 GBP /an environ.

La charge réduite de DCO envoyée vers la SEEUM fait reculer le coût des eaux usées de 13 GBP par brassin. Le perméat utilisé comme eau d'empâtage permet d'économiser de l'eau chaude ; ces économies sont en fait réalisées uniquement dans une brasserie adéquate avec égalisation de la liqueur chaude. Dans cet exemple, la quantité d'eau chaude récupérée nécessite un complément d'eau. Les économies totales prévisionnelles s'élevaient à 59 GBP/brassin, soit 176 000 GBP/an. Les frais d'exploitation annuels ont été estimés à 28 000 GBP, résultant en une économie nette de 50 000 GBP. L'installation a coûté 300 000 GBP, avec une période d'amortissements estimée à 2 ans. Des économies annuelles complémentaires de 50 000 GBP seraient réalisées si le concentrat UF était chargé de drêche normale au lieu d'être rejeté dans la SEEUM.

Le coût d'une telle installation variera de manière notoire d'une brasserie à l'autre, en fonction des dimensions de la cuve-filtre, des débits, de l'obligation d'avoir une cuve-tampon ou pas, de l'itinéraire de la mise en décharge des solides et du niveau d'automatisation. Dans l'unité pilote d'où ont été tirées ces données financières, la technique n'a pas été intégrée au système de commande automatisé de la brasserie, et elle n'a pas été connectée au dispositif CIP. Bien que ces facteurs risquent de fausser l'analyse financière, on note que la mise en place du système de traitement des eaux rejetées par la cuve-filtre serait très certainement amortie sur une période financièrement attractive d'un à deux ans.

Bibliographie de référence

[102, UK, 2002]

4.5.7.8.5 Distillation

On a noté qu'une distillerie de mélasse a mis en oeuvre un système de traitement des eaux usées bi-stade (voir la section 4.5.3.3.2) anaérobie, suivi d'un procédé aérobie. Le procédé principal est un réacteur EGSB (voir la section 4.5.3.2.8) dans lequel la charge organique est largement transformée en méthane, qui peut s'utiliser sur le site. Le système ne produit qu'une faible quantité de boues. La DCO et les charges azotées sont alors réduites à nouveau dans un réacteur de boues activées (voir la section 4.5.3.1.1).

La Figure 4.88 montre le schéma de principe et les dimensions d'un système de traitement des eaux usées anaérobie /aérobie dans une distillerie.

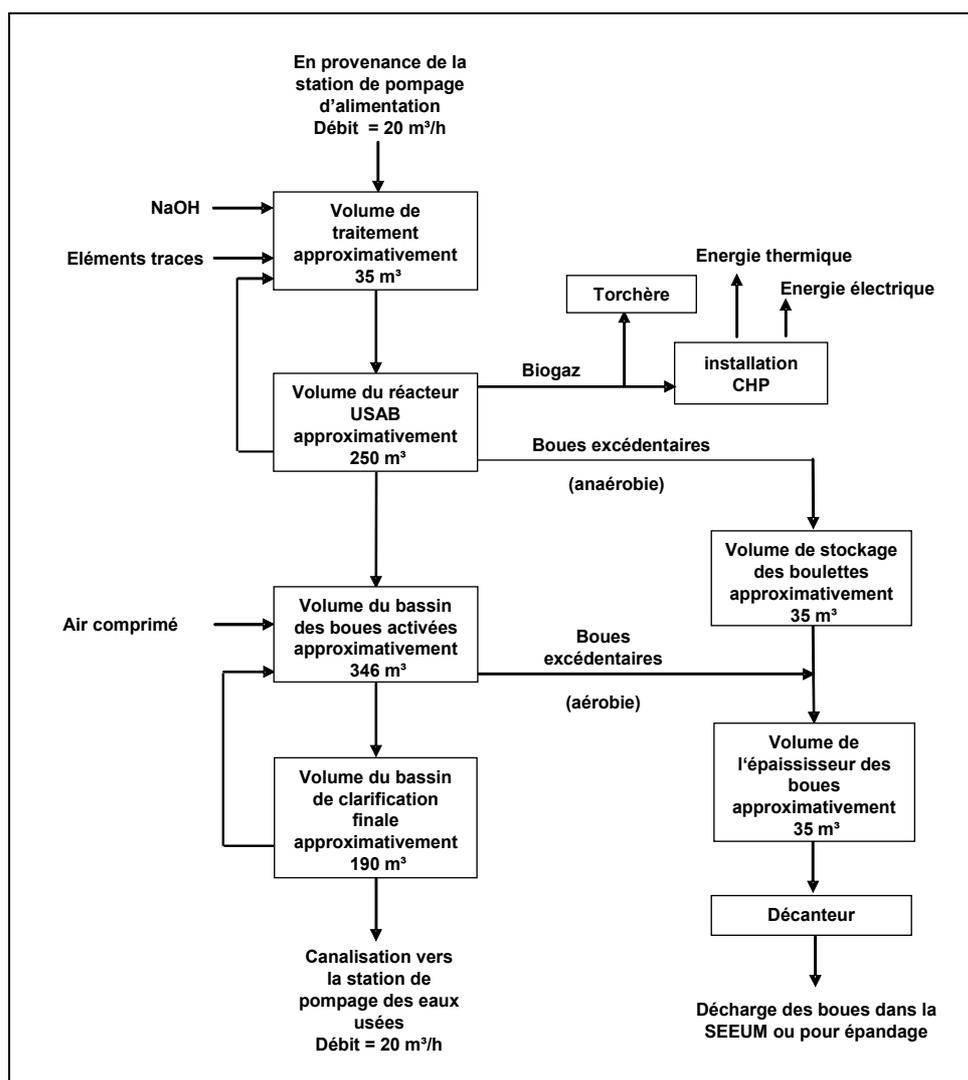


Figure 4.88 : Système de traitement des eaux usées anaérobie /aérobie dans une distillerie [65, Germany, 2002]

4.5.7.8.6 Vin

Les solides résiduels, comme les résidus de raisin ou de marc, les gâteaux de filtrage et les sédiments qui ne sont pas extraits à la source peuvent être éliminés par le procédé de criblage. Dans les vignobles, on note le recours à l'épandage (voir la section 4.1.6) et aux lagunes d'évaporation (voir la section 4.5.3.1.4).

Le traitement primaire est destiné à éliminer les MES qui sédimentent aisément. On utilise les techniques suivantes :

- Criblage (voir la section 4.5.2.1)
- Égalisation des flux et des charges (voir la section 4.5.2.3)
- Neutralisation (voir la section 4.5.2.4)
- Décantation (voir la section 4.5.2.5)
- Centrifugation (voir la section 4.5.2.8)
- Précipitation (voir la section 4.5.2.9).

Après le traitement primaire, les eaux usées peuvent être acheminées vers la SEEUM si leur qualité le permet, ou bien elles peuvent être soumises à un autre traitement sur le site. Pendant le

traitement secondaire, la levure peut provoquer de graves problèmes ; les boues activées peuvent mourir et être emportées par l'eau. Par conséquent, la séparation de la levure et de divers solides doit obligatoirement être intégrée au traitement primaire.

On note que les procédés anaérobie (voir la section 4.5.3.2), particulièrement les lagunes anaérobies (voir la section 4.5.3.2.1) et les filtres anaérobie (voir la section 4.5.3.2.3), sont les traitements les plus appropriés aux eaux usées d'entreprises vinicoles. Une autre solution consiste à utiliser des procédés aérobies (voir la section 4.5.3.1) ; à titre d'exemple, de petites entreprises qui produisent peu d'eaux usées ont recours au stockage aéré pendant trois mois. Les boues activées (voir la section 4.5.3.1.1) ou les filtres percolateurs (voir la section 4.5.3.1.5) sont utilisés. Les unités de boues activées ont tendance à être surdimensionnées à cause des variations saisonnières, ce qui rend leur installation et leur exploitation onéreuses. On note que les filtres percolateurs sont efficaces à 70 % ; il est donc nécessaire d'instaurer ensuite une autre technique de polissage.

Le traitement tertiaire (voir la section 4.5.4) sert de séquence de polissage qui élimine les polluant encore présents.

4.5.7.9 Acide citrique

Les eaux usées générées par la fabrication d'acide nitrique comportent une DCO élevée, des composés contenant du calcium et du sulfure dérivés de la précipitation et décomposition, et une concentration élevée de $\text{NH}_4\text{-N}$ issu des matières premières (mélasse) et de la fermentation. Autour de 25 % des eaux usées brutes sont extrêmement polluées et représentent 90 % de la charge DCO totale.

Les eaux usées fortement polluées sont tout d'abord prétraitées à l'aide de la digestion anaérobie qui produit du biogaz contenant beaucoup de sulfure. Les eaux usées provenant du réacteur anaérobie et diverses eaux usées sont ensuite mélangées puis épurées à nouveau. Après le traitement, les émissions contenues dans les eaux usées, par tonne de production installée, sont répertoriées dans le Table 4.175.

Paramètre	Unité	Valeur moyenne
Volume	m ³ /t	40
DCO	kg/t	20
DBO ₅	kg/t	1
NH ₄ -N	kg/t	0,2
NO ₃ -N	kg//t	0,08
PO ₄ -P	kg/t	0,04

Table 4.175 : Émissions contenues dans les eaux usées, par tonne de production installée, provenant de l'acide citrique par fermentation
[151, Austrian contribution, 2002]

4.6 Prévention des accidents

Parmi les impacts environnementaux possibles des sites de fabrication FDM, le plus important serait un incident polluant l'environnement ; ces incidents se caractérisent généralement par un rejet accidentel de matières directement dans l'atmosphère, l'eau ou le sol, bien qu'ils puissent résulter également d'une panne matérielle qui générerait exceptionnellement des déchets. À titre d'exemple, la décharge accidentelle d'une cuve contenant des matières premières, par exemple du lait, ou des produits, comme de l'huile végétale, ou bien une substances auxiliaire, comme de l'ammoniaque, peut nuire de manière significative au réseau hydraulique local ou à l'alimentation en eau. De tels incidents peuvent se produire pendant des procédures régulières ou exceptionnelles.

La gestion des rejets accidentels comprend une série d'étapes décrites dans les sections 4.6.1 à 4.6.6. Ces étapes sont récapitulées ci-après :

- Identifier les accidents potentiels qui pourraient polluer l'environnement.
- Conduire une analyse des risques sur les incidents potentiels relevés afin de déterminer leur probabilité, le type de risque spécifique et le degré de nuisance causé à l'environnement.
- Mettre au point des mesures de contrôles pour prévenir, éliminer ou réduire à un niveau acceptable les risques associés aux incidents potentiels identifiés.
- Élaborer et mettre en oeuvre un plan d'urgence.
- Enquêter sur tous les incidents et les occasions d'incident, puis mettre en place des actions pour qu'ils ne se reproduisent pas.

4.6.1 Identification des incidents potentiels

Description

Les incidents peuvent résulter entre autres de

- la perte du confinement du stockage en vrac, comme les fuites, les déversements accidentels et les défauts de cuve ;
- la perte du confinement provoquée par des défaillances de contrôle intégré au procédé ;
- La défaillance ou le dysfonctionnement de techniques d'abattement « end-of-pipe » ;
- La défaillance des sources d'alimentation énergétique, par exemple l'eau ou l'électricité.

Pour analyser le risque, il est possible d'utiliser les informations existantes sur les incidents potentiels identifiés (voir la section 4.6.2).

Ces informations comprennent entre autres :

- (a) Des informations sur les substances présentes sur le site

La potentialité d'incidents est fortement influencée par les matières premières, les matières auxiliaires, les produits intermédiaires, les produits finis et les déchets présents sur le site. Pour cela, il est important de :

- dresser l'inventaire des substances. Il peut être légalement obligatoire de remettre cet inventaire aux services d'urgences ;
- évaluer les risques qu'elles posent à l'environnement (et à la sécurité). Une bonne source d'informations sur la sécurité et l'environnement sont les fiches de spécifications sur la sécurité des matières, fournies par le fournisseur des substances, ainsi que les fiches de spécifications produit, qui sont normalement rédigées en interne par l'entreprise ;
- collecter des informations sur les quantités stockées sur le site, et leur emplacement.

- (b) L'identification des émissions d'après l'inventaire des procédés / émissions

Il est important que tous les flux / toutes les émissions ou les flux / émissions potentiels qui pourraient causer une situation anormale / un rejet accidentel soient identifiés.

Pour ce faire, la méthode systématique consiste à examiner chaque procédé et à définir toutes les émissions potentielles. Ces procédés sont :

- La livraison des matières premières
- Le stockage en vrac des matières premières
- Le petit stockage de matières premières, par exemple les barils, les sacs, les conteneurs vrac intermédiaires
- La production
- Le conditionnement
- La palettisation
- L'entreposage.

Outre les procédés, il faudra également examiner les équipements / procédés auxiliaires du site, qui comprennent normalement :

- Les équipements à usages généraux, comme la chaufferie, l'air comprimé, le traitement de l'eau, les systèmes d'ammoniac
- Le transport interne au site, comme les chariots-élévateurs à fourches.

On étudie également les scénarios possibles résultant d'une hausse soudaine et accidentelle du niveau sonore sur le périmètre du site.

(c) Le plan de l'installation / du site

Le plan de l'installation / du site sert à montrer le circuit d'évacuation et les mécanismes de contrôle / d'abattement déjà en place, l'emplacement du stockage de vrac et les installations de stockage des barils destinés aux matières stockées en vrac et à celles particulièrement dangereuses, les systèmes de transfert, tels que les conduites pour substances dangereuses, les principaux points d'émission dans l'atmosphère, et les limites et récepteurs sensibles. Il est important de tenir ce plan à jour.

(d) La situation par rapport aux récepteurs environnementaux

En fonction de la substance qui se dégage pendant un incident, les nuisances peuvent être considérées comme problématique globale ou bien l'impact de la pollution peut être significatif uniquement dans la zone entourant l'installation. Pour comprendre l'impact environnemental potentiel qu'une décharge accidentelle peut avoir, il est important de connaître la problématique environnementale locale. Bien que les sites partagent des aspects communs, il y a également des différences entre eux, par exemple les installations implantées dans des zones rurales, des secteurs résidentiels ou des zones industrielles auront très certainement des problématiques environnementales différentes. Les décharges accidentelles d'émissions atmosphériques et d'odeurs, ainsi que les hausses soudaines de niveaux sonores seront certainement tous des sujets cruciaux pour les installations situées à proximité de quartier résidentiels, tandis que l'impact sur les cours d'eau régionaux et la faune préoccuperont davantage les zones rurales. Les installations publiques devront être prises en compte, notamment dans les lieux où les eaux de surface ou les eaux usées épurées sont rejetées dans une rivière locale ou si la potentialité de contamination des eaux souterraines est élevée.

En outre, il est utile d'avoir quelques connaissances de base sur la géologie et l'hydrologie de la région d'implantation de l'installation. Si elle se trouve sur un sol argileux, les déversements accidentels prendront plus longtemps à atteindre les eaux souterraines que si elle était érigée sur un sol sableux ou perméable.

Un relevé topographique du site peut identifier tous les récepteurs environnementaux pour le site et identifier tout ceux particulièrement sensibles, par exemple :

- Un cours d'eau qui reçoit des eaux épurées et / ou des eaux de surface
- Des habitations sur le périmètre du site
- Une attraction touristique locale adjacente au site

- Établissements scolaires / hospitaliers locaux
- Zones aquifères sensibles
- Sites présentant un intérêt scientifique particulier
- Un cadre naturel magnifique.

(e) L'historique du site

En documentant l'histoire du site, l'objectif est de démontrer que le site n'est pas menacé par des problèmes environnementaux provoqués par d'anciennes activités. Les informations recueillies fournissent également une base à partir de laquelle on peut évaluer l'impact de toute décharge accidentelle qui pourrait survenir à l'avenir.

La préoccupation principale concerne normalement la pollution du sol ou des eaux souterraines. Cette pollution peut être causée par des équipements comme des cuves de stockage enterrées, une mauvaise rétention et protection contre les débordements, la mise en décharge par enfouissement sur le site, ou des conduites d'évacuation qui fuient. En documentant l'ancienne utilisation du terrain, on peut identifier les zones qui auraient pu être contaminées et, si nécessaire, on peut mener des enquêtes avec échantillonnage et analyse du sol / des eaux souterraines. Les investigations de ce type ont normalement lieu uniquement s'il y a des raisons de croire qu'il existe un risque raisonnable de contamination du sol ou des eaux souterraines.

(f) Des informations diverses

Les facteurs suivants contribuent également à définir les sources potentielles d'incidents environnementaux :

- Anciens incidents, y compris les incidents évités de justesse
- Contrôles technologique et opérationnels / de gestion existants et éventuelle défaillance de ces contrôles
- Comportement humain, interaction entre les agents d'exploitation et les opérations de fabrication, et incident environnemental éventuel causé par le comportement humain.

(g) Des techniques structurées

Des techniques structurées permettent d'identifier les incidents potentiels. Ces techniques examinent dans le détail les schémas de principe de l'opération de fabrication en cours d'étude. HAZOPS (Études des risques et de l'opérabilité), FMEA (Mode échec et analyse des effets) et SWIFT (Techniques structurées Et si ?) en sont quelques exemples. Ces techniques peuvent prendre beaucoup de temps et de ressources ; normalement, elles ne sont pas utilisées dans les usines où les procédés et l'exploitation des différentes unités sont relativement simples.

Arguments motivant la mise en application

Réduction des risques d'incident qui pourraient polluer l'environnement.

Domaines d'application

Applicable dans toutes les installations FDM. Toutefois, si des incidents potentiels sont repérés durant la phase d'étude d'une installation, leur prévention s'intègre plus aisément et plus économiquement que s'ils sont découverts ultérieurement.

Arguments motivant la mise en application

Baisse des risques d'incidents qui pourraient polluer l'environnement.

Exemples de site

Largement appliqué.

4.6.2 Analyse des risques

Description

L'analyse des risques joue un rôle important dans la procédure de gestion, car c'est en appliquant cette méthodologie que les dirigeants de l'entreprise montreront qu'ils considèrent que le risque d'incident est important.

Le niveau de détail et le type d'analyse des risques dépendront des caractéristiques de l'installation et de son emplacement. Il faudra prendre en compte l'étendue et la nature des activités menées par l'installation étudiée, ainsi que les risques environnementaux, y compris les risques encourus par les personnes.

Un danger est tout élément qui renferme la potentialité de nuire. Un risque est la probabilité qu'un danger cause un dommage spécifique à une personne ou à une chose ; par exemple que la probabilité soit forte ou faible, ce danger provoquera ce dommage spécifique.

(a) Gravité

Voici quelques exemples de gravité, sur une échelle de 0 à 4, 4 étant le degré de gravité le plus élevé :

- Le déversement accidentel de matières solides sur le site complètement confiné et en état d'utilisation ne provoque pas de nuisance environnementale. Il reçoit donc un 0
- Si le déversement accidentel causait une contamination très brève et bénigne d'une partie du site, il recevrait un 1. Toutefois, si le déversement accidentel pénétrait dans les eaux souterraines et entraînait des nuisances à l'échelle régionale en polluant les sources d'approvisionnement en eau, il recevrait entre 2 et 4, selon les quantités de polluant impliquées et la sensibilité des eaux souterraines, par exemple si ce sont des sources d'alimentation d'eau potable
- Si le déversement accidentel a pénétré dans le circuit d'évacuation des eaux de surface, il pourrait provoquer des dommages mineurs, modérés ou majeurs à l'environnement local. En fonction de l'étendue et de la toxicité de la décharge, il recevrait un 2, un 3 ou un 4.

(b) Probabilité

Le risque d'incident dépend si toutes les précautions nécessaires, comme les précautions imposées par la législation et celles acceptées, par exemple les normes nationales, internationales ou industrielles, sont déjà en place et actualisées pour les procédés et opérations spécifiques à l'installation. La probabilité peut également recevoir une note sur une échelle de 1 à 5, 5 étant la probabilité la plus forte.

(c) Analyse globale des risques

Le niveau global du risque est obtenu en multipliant la gravité par la probabilité.

L'application d'une méthode d'évaluation permet d'analyser systématiquement les incidents potentiels et contribue à prioriser les mesures de contrôle des risques, en s'assurant de traiter en priorité les risques les plus importants.

Arguments motivant la mise en application

Baisse des risques d'incident qui pourraient polluer l'environnement.

Données d'exploitation

Les analyses des risques sont périmées lorsque les conditions technologiques ou opératoires changent. Pour s'assurer de leur efficacité, il faut les mettre à jour régulièrement et lorsque surviennent des changements importants dans l'installation, tels que l'introduction d'une nouvelle unité.

La perception du public ne correspond pas toujours au dommage environnemental ou au respect de la réglementation. Pour l'évaluer, on prendra plutôt en compte le nombre de plaintes émanant des pouvoirs publics et des organismes de réglementation, ainsi que l'intérêt porté par parties aux activités associées au site.

Domaines d'application

Applicable dans toutes les installations FDM nouvelles et anciennes.

Arguments motivant la mise en application

Baisse des risques d'incident qui pourraient polluer l'environnement.

Exemples de site

Largement appliqué.

4.6.3 Identification des incidents potentiels devant être maîtrisés

Description

Après avoir terminé l'analyse des risques, il est alors nécessaire d'identifier les incidents qui peuvent avoir un impact significatif sur l'environnement et qui ne sont actuellement pas correctement maîtrisés. Pour cela, on part des résultats de l'analyse des risques. Le système de notation peut permettre de définir les actions prioritaires. Ces dernières peuvent évoluer dans le temps dans le cadre d'un programme d'amélioration continue de l'environnement.

Arguments motivant la mise en application

Baisse des risques d'incident qui pourraient polluer l'environnement.

Domaines d'application

Applicable dans toutes les installations FDM. Toutefois, si des incidents potentiels sont repérés durant la phase d'étude d'une installation, leur prévention s'intègre plus aisément et plus économiquement que s'ils sont identifiés ultérieurement.

Arguments motivant la mise en application

Baisse des risques d'incident qui pourraient polluer l'environnement.

Exemples de site

Largement appliqué.

4.6.4 Identification et mise en application des mesures de contrôle nécessaires

Description

Il faut évaluer les sources reconnues d'incidents potentiels afin de déterminer si de nouvelles mesures de contrôle doivent être prises ou si les mesures existantes doivent être améliorées.

On étudie généralement les mesures de contrôle suivantes :

- Procédures de gestion
- Procédures d'exploitation
- Techniques préventives
- Confinement
- Conception des procédés / contrôle de procédé.

(a) Procédures de gestion

Les procédures de système de gestion sont appliquées pour évaluer de nouvelles activités sur le site et pour assurer que les problématiques environnementales, entre autres la potentialité de rejets accidentels, ont été prises en compte. Ces procédures comprennent :

- Les procédures d'évaluation du risque environnemental lié à de nouvelles matières premières ;
- S'assurer de l'existence de mesures de contrôle adéquates ;
- Vérifier la compatibilité avec d'autres matières et matières d'alimentation avec lesquelles elles peuvent accidentellement entrer en contact ;
- Mettre en oeuvre des procédures d'évaluation des nouveaux procédés pour assurer l'intégration de mesures de contrôle adéquates dès la phase d'étude dans le but de prévenir ou minimiser les décharges accidentelles.

(b) Procédures d'exploitation

Il faut élaborer des procédures d'exploitation couvrant les procédés critiques pour veiller à minimiser le risque d'incidents.

Les instructions à l'intention de l'exploitant de l'installation de procédé comprennent entre autres :

- Contrôler régulièrement les sources potentielles de décharges accidentelles et toute mesure de contrôle en place ;
- Contrôler régulièrement les équipements d'abattement de la pollution tels que les filtres à poche, les cyclones et les unités de traitement des déchets ;
- Inspecter régulièrement les cuves de stockage enterrées et les dispositifs de rétention.

(c) Techniques préventives

En voici un exemple :

- Intégration de barrières adaptées pour que les véhicules en mouvement n'endommagent pas les équipements.

(d) Confinement

Ces mesures comprennent :

- L'application de dispositif de rétention au stockage en vrac des matières ;
- L'utilisation de dispositifs anti-déversement pour minimiser l'impact d'une décharge accidentelle ;
- Tuyaux d'évacuation isolants
- Le confinement ou la réduction des décharges accidentelles des soupapes de sécurité ou des éclatements des disques.

(e) Conception des procédés / contrôle de procédé

L'installation des procédés doit être conçue et contrôlée de sorte que le risque de décharges accidentelles de matières soit éliminé ou réduit à des niveaux acceptables.

Les mesures de conception / contrôles des procédés comprennent :

- L'application de techniques destinées à surveiller les performances des équipements d'abattement, par exemple la baisse de pression dans les filtres à poche ;
- L'application de techniques destinées à prévenir les trop-pleins des cuves de stockage, par exemple la mesure du niveau, les alarmes de niveau haut et les commandes de coupure pour niveau haut.

Arguments motivant la mise en application

Baisse des risques d'incident qui pourraient polluer l'environnement.

Domaines d'application

Applicable dans toutes les installations FDM nouvelles et anciennes.

Arguments motivant la mise en application

Baisse des risques d'incident qui pourraient polluer l'environnement.

Exemples de site

Largement appliqué.

4.6.5 Conception, mise en oeuvre et test d'un plan d'urgence

Description

Les procédures / plans d'urgence doivent être conçus et mis en oeuvre pour garantir que, en cas d'incident, la situation normale sera rétablie avec un minimum de conséquence sur l'environnement. Si le plan n'est pas testé, il peut ne pas se dérouler correctement si un incident se produit et qu'il doit être appliqué. Si des conditions ou des responsabilités changent au sein du site, il faudra revoir le plan d'urgence.

Normalement, les plans d'urgence doivent concerner l'ensemble du site, en couvrant les risques importants posés à la sécurité et à l'environnement. Les procédures d'urgence qui s'adressent aux risques environnementaux significatifs répertoriés peuvent être intégrées dans le plan d'urgence global.

Un plan d'urgence type relatif aux incidents environnementaux comprend les éléments suivants :

- Les rôles et responsabilités des personnes doivent être définis sans ambiguïté, entre autres :
 - Les procédures destinées aux opérateurs qui restent pour diriger l'exploitation d'unités critiques.
 - Les procédures et sorties de secours
 - Les procédures de comptage de l'ensemble du personnel
- La désignation des interventions médicales et de sauvetage
- Les procédures de communication des urgences et d'information des autorités environnementales concernées ; services d'urgence à mettre en œuvre / convenir
- Les actions à prendre pour minimiser l'impact de tout incident environnemental
- Liste des noms du personnel.

A titre d'exemple, il est recommandé de mettre en place des procédures d'urgence visant les incidents qui pourraient déclencher des décharges accidentelles des substances suivantes :

- Ammoniaque
- Matières premières liquides ou produit stocké en vrac, tel que l'huile comestible et le lait
- Poussières issues des opérations de séchage, comme le séchage par pulvérisation
- Matières secondaires potentiellement dangereuses, telles que les biocides et le gazol.

L'objectif principal d'un plan d'urgence consiste à rétablir les conditions normales aussi rapidement que possible, avec le minimum d'effet sur l'environnement. Les situations d'urgence diffèrent considérablement en étendue et en complexité ; pour cela, il est important que les plans d'urgence soient suffisamment souples pour pouvoir traiter les événements mineurs aussi bien que les événements graves, tout en restant simples pour pouvoir être rapidement déployés.

Les effets des catastrophes potentielles peuvent reculer de manière significative en élaborant systématiquement et en testant régulièrement et de manière approfondie des plans avec un personnel informé et formé. Dans une situation d'urgence, on n'a pas le temps de décider qui dirigera les opérations, de consulter les agences externes pour connaître les sources d'assistance, ou de former le personnel au comportement à adopter. Ces éléments doivent être connus avant l'événement.

On établit un plan d'urgence également pour les raisons suivantes :

- Après l'incident, réduire les temps de réflexion peut considérablement limiter les conséquences, en termes de blessures corporelles, de dommages matériels, de nuisances environnementales et de manque à gagner.
- Maîtriser la situation, plutôt que de subir une situation hors de contrôle.
- Diminuer la publicité négative, puisque les incidents graves peuvent porter atteinte à l'image de marque d'une société, et donc aux ventes et aux relations publiques.
- Remplir les obligations légales. Les plans d'urgence sont obligatoires dans de nombreux pays.
- Mettre en place des modalités d'informations destinées aux agences externes, au grand public, au media et aux grands directeurs de la société.

Le plan d'urgence peut par ailleurs assurer que les techniques de contrôles adéquates ont été mises en place pour limiter les retombées de tout incident, comme les appareils anti-déversement d'huile, l'isolation des conduites d'évacuation, le dispositif d'alerte des autorités concernées, les procédures d'évacuation, etc.

Arguments motivant la mise en application

Réduction à un minimum des effets de la pollution accidentelle.

Domaines d'application

Applicable dans les cas où le risque de pollution provoqué par un incident est important.

Arguments motivant la mise en application

Réduire à un minimum la pollution accidentelle, limiter les dommages subis par l'image de marque de la société et circonscrire les divers coûts liés à la restauration du site et aux amendes et responsabilités juridiques.

Exemples de site

Largement appliqué.

4.6.6 Mener une enquête sur tous les incidents et incidents évités de justesse

Description

On peut tirer des leçons des enquêtes menées sur les tous incidents et incidents évités de justesse. Les causes des incidents et incidents évités de justesse peuvent être identifiées et des actions prises pour empêcher qu'ils ne se reproduisent. Si les incidents évités de justesse ne font pas l'objet d'une enquête, on perd éventuellement une opportunité d'éviter un accident. La consignation des informations garantit la mise en pratique des mesures et du contrôle préventif.

Arguments motivant la mise en application

Baisse des risques d'incident qui pourraient polluer l'environnement.

Données d'exploitation

Comme exemple d'incident évité de justesse, prenons une personne qui signale que le robinet d'une cuve de stockage vide était ouvert, mais qu'il a eu le temps de le fermer avant le remplissage de la cuve. La mise en place et l'utilisation d'une solution technique et opérationnelle pour éviter cette situation peut empêcher qu'un incident ne se produise en pompant des liquides dans une cuve ouverte et en les acheminant directement dans la SEEU ou en les déversant dans une cour d'usine, où ils pénétreraient ensuite dans les eaux de surface et / ou souterraines. On évite ainsi à la fois le gaspillage et la décharge accidentelle.

Domaines d'application

Applicable dans toutes les installations FDM nouvelles et anciennes.

Arguments motivant la mise en application

Baisse des risques d'incident qui pourraient polluer l'environnement.

Exemples de site

Largement appliqué.

4.7 Techniques applicables individuellement à différents secteurs

4.7.1 Viande et volaille

4.7.1.1 Séparation des extrants, pour optimiser l'utilisation, la réutilisation, la récupération, le recyclage et la mise en décharge (et réduire à un minimum la consommation d'eau et la contamination des eaux usées)

Cette technique est décrite dans la section 4.1.7.6.

Exemples rapportés de situations où la technique est appliquée

Il existe sans nul doute bien d'autres occasions d'appliquer cette technique à l'intérieur du secteur.

- Récolter à sec tous les déchets solides au moyen de bacs ou de paniers pour les empêcher de tomber sur le sol et de pénétrer dans la SEEU.
- De nombreuses matières premières sont reçues ou transportées / stockées dans des cuves ouvertes ou des chariots. Une certaine quantité de jus de viande s'accumule au fond de ces conteneurs. Au lieu de vider ces jus dans la SEEU et donc d'augmenter la pollution des eaux usées, les destiner à la fabrication de produits carnés.
- Les opérations de découpage et de désossage ont généralement lieu après le refroidissement. Une fois refroidies, les carcasses sont plus faciles à manipuler, découper et désosser. Les os sont séparés de la chair et sont regroupés avec les déchets de viande et les graisses non destinés à la consommation humaine. Le tout est recueilli dans des bacs fixés aux équipements et envoyés dans des usines de sous-produits animaux pour être transformés ou mis en décharge.

Domaines d'application

Applicable dans les installations transformant de la viande.

Bibliographie de référence

[41, Nordic Council of Ministers, 2001]

4.7.1.2 Séchage à sec

Cette technique est décrite dans la section 4.3.1.

Exemples rapportés de situations où la technique est appliquée

Il existe sans nul doute bien d'autres occasions d'appliquer cette technique à l'intérieur du secteur.

- Lorsque des résidus carnés, notamment les mélanges de viande destinés à la fabrication de salamis ou de saucisses, laissés par les appareils tels que les hacheurs à bol, les remplisseurs de saucisses, ainsi que le résidu jonchant le sol ne sont pas enlevés, ils adhèrent aux surfaces et rendent le nettoyage difficile. Le nettoyage de ces appareils immédiatement après la fin de production est plus facile et diminue la consommation d'eau et de détergents. Les résidus de viande hachée sont retirés manuellement le plus possible avant de les nettoyer et de les neutraliser.
- Réaliser un nettoyage à sec des résidus de viande pendant les opérations de dégraissage et de découpage pour diminuer la charge polluante des eaux usées.

- Monter sur les bouches d'évacuation des couvercles d'un diamètre adéquat pour éviter que les résidus de viande ne pénètrent dans la SEEU.

Domaines d'application

Applicable dans les installations transformant de la viande.

Bibliographie de référence

[41, Nordic Council of Ministers, 2001]

4.7.1.3 Réduction de la production et de la consommation de la glace en paillette

Description

Lors de la transformation de viande hachée, on a souvent recours à de la glace en paillette pour refroidir le mélange carné. En utilisant un mélange adapté de matières premières refroidies et congelées, on peut se passer de glace en paillette, et donc diminuer sa production. On ajoute parfois de la glace en paillette lorsque les procédés tels que le hachage haussent la température de la viande, posant ainsi un risque sanitaire et qualitatif, ou bien lorsqu'une petite quantité d'eau doit être ajoutée au produit.

Arguments motivant la mise en application

Baisse de la consommation d'eau et d'énergie.

Domaines d'application

Applicable dans les installations transformant de la viande hachée.

Bibliographie de référence

[41, Nordic Council of Ministers, 2001]

4.7.2 Poisson et fruits de mer

4.7.2.1 Séparation des extrants, pour optimiser l'utilisation, la réutilisation, la récupération, le recyclage et la mise en décharge (et réduire à un minimum la consommation d'eau et la contamination des eaux usées)

Cette technique est décrite dans la section 4.1.7.6.

Exemples rapportés de situations où la technique est appliquée

Il existe sans nul doute bien d'autres occasions d'appliquer cette technique à l'intérieur du secteur.

- Récolter à sec tous les déchets solides au moyen de bacs ou de paniers pour les empêcher de tomber sur le sol et de pénétrer dans la SEEU.

Domaines d'application

Applicable dans toutes les installations transformant du poisson et des fruits de mer.

Bibliographie de référence

[134, AWARENET, 2002]

4.7.2.2 Nettoyage sec

Cette technique est décrite dans la section 4.3.1.

Exemples rapportés de situations où la technique est appliquée

Il existe sans nul doute bien d'autres occasions d'appliquer cette technique à l'intérieur du secteur.

- Les systèmes secs destinés à récolter les déchets solides des crustacés et des mollusques, tels que les filtres, et les dispositifs de récupération performants les empêchent d'entrer dans la SEEU et permettent de réduire les niveaux de DBO₅ jusqu'à 35 % selon les rapports.

Domaines d'application

Applicable dans toutes les installations transformant du poisson et des fruits de mer.

Bibliographie de référence

[134, AWARENET, 2002]

4.7.2.3 Utilisation uniquement de poisson de qualité

Description

Lorsque le poisson est de mauvaise qualité, les filets mous peuvent se coincer dans le couteau de pelage, ce qui diminue le rendement du procédé et augmente la production de sous-produits et de déchets. Le pelage des poissons gras produit de grandes quantités d'huile qui rejoignent les eaux usées, représentant environ 1/3 de la charge de DCO globale. L'eau est utilisée pour nettoyer et lubrifier les machines. Des couteaux bien aiguisés contribuent également à améliorer le pelage et à réduire les déchets.

Le poisson peut se détériorer dans les conditions de stockage anaérobie des bateaux de pêche. Par conséquent, une livraison et une transformation rapide, ainsi que des conditions de stockage conservant la qualité, contribuent à maintenir la qualité du produit. Sur les bateaux, les poissons sont conservés dans de la glace. Sur terre, ils peuvent être stockés dans de la glace et parfois dans des chambres froides. La méthode de stockage utilisée dépend de la durée écoulée entre le moment de la pêche et les opérations de transformation prévues (voir également la section 4.1.7.3). Le poisson de première qualité peut être sélectionné pour faire des filets et le poisson de qualité inférieure peut être destiné à fabriquer par exemple de la farine de poisson et de l'huile de poisson. Le poisson en morceaux peut servir aux aliments qui n'ont pas besoin de poissons entiers, tels que les produits moulés ou les soupes.

Le succès de cette technique demande la coopération des exploitants des bateaux de pêche et des intermédiaires, tels que les grossistes et les chalutiers.

Arguments motivant la mise en application

Production de déchets réduite.

Interactions entre les milieux

Le stockage peut exiger de l'énergie.

Domaines d'application

Applicable à la transformation du poisson.

Arguments motivant la mise en application

Production de déchets réduite.

Bibliographie de référence

[28, Nordic Council of Ministers, 1997, 134, AWARENET, 2002]

4.7.2.4 Transport par aspiration des peaux et des graisses à partir du tambour de pelage

Description

Cette technique comporte un appareil d'aspiration qui aspire les peaux et les graisses présentes dans le tambour de pelage. L'eau est destinée uniquement à mouiller le tambour pour maintenir l'effet d'aspiration.

Arguments motivant la mise en application

Baisse de la consommation d'eau. Recul de la pollution des eaux usées.

Interactions entre les milieux

Consommation d'énergie.

Données d'exploitation

La charge de DCO et la consommation d'eau diminuent de 95 – 98 %. Cette technique élimine le besoin en eau de transport et de rinçage régulier.

Domaines d'application

Applicable dans le secteur du poisson, par exemple pendant l'opération de pelage.

Données financières

Économies dans le traitement des eaux usées.

Exemples de site

Utilisé dans l'industrie danoise du hareng (voir la section 4.7.2.9.1).

Bibliographie de référence

[Nordic Council of Ministers, 1997 #28; Ministry for the Environment, 2001]

4.7.2.5 Élimination et transport des graisses et des viscères par aspiration

Description

Pendant les opérations de pelage et de découpage, le transport des graisses et des viscères vers l'installation de récupération a lieu au moyen de dispositifs fermés. Les graisses et les viscères sont séparés du poisson par air aspiré et non pas avec de l'eau. Le dispositif d'aspiration comprend une enceinte à vide terminée par une buse d'aspiration spécialement conçue et placée directement après la découpe de la tête.

Arguments motivant la mise en application

Baisse de la consommation d'eau. Recul de la pollution des eaux usées. Réduction des déchets ; les sous-produits peuvent être par exemple vendus pour fabriquer de la farine de poisson.

Interactions entre les milieux

Consommation d'énergie et pollution sonore.

Données d'exploitation

Réduction de 30 à 50 % de la charge polluante. La consommation énergétique est plus élevée que celle de l'élimination classique de la tête par découpage et lavage des viscères.

Domaines d'application

Applicable dans le secteur du poisson, par exemple aux opérations de découpage, éviscération et filetage. Cette technique était employée pour le filetage du hareng, mais elle a été abandonnée à cause de la consommation d'énergie et du bruit.

Données financières

Économies dans le traitement des eaux usées. Comme le sous-produit contient moins d'eau, il peut se vendre plus cher.

Exemples de site

Utilisé dans la transformation du maquereau dans les Pays Nordiques.

Bibliographie de référence

[28, Nordic Council of Ministers, 1997, 134, AWARENET, 2002]

4.7.2.6 Transport sec des graisses, des viscères, de la peau et des filets, avec des convoyeurs à grille

Description

Au lieu d'utiliser le transport hydraulique des filets, peaux, graisses et viscères, un convoyeur peut être placé sous chaque ligne ou bien un seul convoyeur filtrant peut desservir toutes les

machines. Le transport se fait par une goulotte de jetée inclinée à 20 % et montée sous la roue d'éviscération. Elle récupère les viscères, les bandes de graisses et l'eau provenant de la roue. La méthode mise en place sur la machine à fileter est illustrée dans la Figure 4.89. A la sortie de la goulotte, les morceaux de viscères et l'eau glissent sur un tapis convoyeur en grillage fin synthétique qui filtre l'eau. Les viscères sont acheminés vers un conteneur.

Dans le filetage du poisson blanc, le transport sec est réalisé à l'aide d'un convoyeur filtrant muni d'une grille dont les trous font 0,25 mm. L'eau sortant des machines et les petites particules traversent le filtre alors que les solides, comme la graisse et les viscères, sont retenus. Pour conserver la propreté des équipements et pour préserver la puissance filtrante, il peut être nécessaire d'installer un pulvérisateur à eau. Le filtrat peut servir d'eau de pulvérisation.

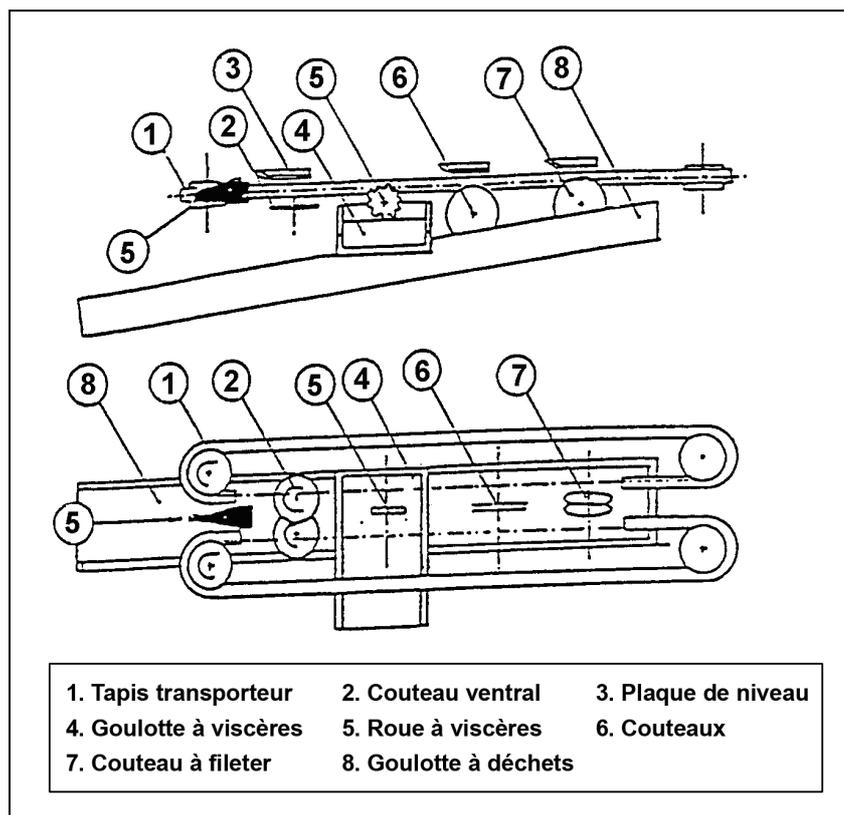


Figure 4.89 : Machines utilisées pour retirer à sec les viscères

Arguments motivant la mise en application

Réduction de la charge polluante des eaux usées. Réduction des déchets ; une grande quantité de sous-produits commercialisables est récoltée et peut être vendue pour la fabrication de farine de poisson.

Interactions entre les milieux

Consommation d'eau, par exemple pour refroidir les couteaux et les roues des machines, pour nettoyer le tapis filtrant et l'intérieur des poissons. Consommation d'énergie.

Données d'exploitation

La charge polluante des eaux usées recule de 29 – 52 %, comme l'indique le Tableau 4.176.

Paramètre	Eau (kg/t hareng cru)	Sec (kg/t hareng cru)	Réduction (%)
Total azote	1,4	0,99	30
Total phosphore	0,17	0,12	29
DCO	26,3	15,0	43
Matière sèche	17,8	10,9	39
Huile	7,3	3,5	52

Tableau 4.176 : Données de rejet avant et après la mise en place de l'enlèvement et du transport à sec des viscères

On estime que les convoyeurs filtrants placés sous les machines réduisent les rejets DCO total de 5 – 15 % pour les convoyeurs filtrants centraux et de 15 – 25 % pour les tamis à tambour.

Domaines d'application

Applicable dans le secteur du poisson, comme dans les opérations de pelage, d'éviscération, de filetage et de découpage.

Données financières

Économies dans le traitement des eaux usées. Comme le sous-produit contient moins d'eau, il peut se vendre plus cher.

Exemples de site

Utilisé dans l'industrie danoise du hareng (voir la section 4.7.2.9.1), dans la transformation du poisson blanc dans les Pays Nordiques et dans la transformation du poisson au Royaume-Uni (voir la section 4.7.2.9.2).

Bibliographie de référence

[28, Nordic Council of Ministers, 1997, 58, Envirowise (UK), 1999]

4.7.2.7 Ne pas exécuter l'opération d'écaillage si le poisson est pelé

Description

L'appareil à écailler se compose d'un tambour rotatif perforé et arrosé d'eau pour chasser les écailles. Si le poisson est ensuite pelé, on ne réalise pas l'opération d'écaillage.

Arguments motivant la mise en application

Baisse de la consommation d'eau. Baisse de la consommation énergétique.

Données d'exploitation

On économise entre 10 et 15 m³/t d'eau.

Domaines d'application

Applicable dans le secteur du poisson.

Bibliographie de référence

[134, AWARENET, 2002]

4.7.2.8 Utilisation des eaux usées d'écaillage filtrées et recirculées dans le rinçage préliminaire du poisson

Description

L'appareil à écailler se compose d'un tambour rotatif perforé et arrosé d'eau pour chasser les écailles. Utiliser les eaux usées d'écaillage filtrées et recirculées pour le rinçage préliminaire du poisson réduit la consommation d'eau globale. En outre, on règle correctement le fonctionnement de l'appareil à écailler en pesant la quantité d'écailles par rapport à un flux d'eau donné.

Arguments motivant la mise en application

Baisse de la consommation d'eau.

Données d'exploitation

Les rapports mentionnent des économies d'eau de 70 % maximum.

Domaines d'application

Applicable dans le secteur du poisson.

Bibliographie de référence

[134, AWARENET, 2002]

4.7.2.9 Études de cas**4.7.2.9.1 Transformation du hareng au Danemark**Description

Avant le début des années 90, l'industrie danoise de la pêche se caractérisait par une grande consommation d'eau et un important rejet de matières organiques dans les eaux usées. Du début des années 90 jusqu'en 1997, l'industrie a mis en œuvre des technologies plus propres, comme le montre le Tableau 4.177, et a obtenu une baisse de la consommation d'eau et des rejets organiques représentant entre 20 et 30 % maximum de la charge initiale.

Procédé	Mesure	Cible
Triage	Remplacement des buses à eau (voir la section 4.1.8.8)	Consommation d'eau
Éviscération	Retrait et transport sec de la graisse et des viscères (voir la section 4.7.2.6)	Énergie, pollution organique et nutritive des eaux usées, réutilisation des déchets
Filetage	Meilleure utilisation, dépose et / ou remplacement des buses à eau (voir la section 4.1.8.8)	Consommation d'eau
Pelage	Transport par aspiration de la peau et de la graisse à partir du tambour de pelage (voir la section 4.7.2.3)	Consommation d'eau, pollution organique des eaux usées

Tableau 4.177 : Techniques mises en œuvre dans l'industrie du filetage du hareng pour diminuer la consommation d'eau et la pollution des eaux usées

Ensuite, entre 1997 et 2000, les entreprises concernées par l'étude ont augmenté le raffinement de leurs produits. Au lieu de continuer à rejeter les eaux usées directement dans des eaux réceptrices, elles se sont branchées à une SEEUM. En 2000, seules trois sociétés dans l'étude exploitaient encore une décharge séparée dans des eaux réceptrices.

Les projets plus anciens qui consistaient à mettre en place des technologies plus propres dans ce secteur ont obtenu des résultats durables qui, dans la plupart des cas, ont continué à progresser en introduisant des programmes de gestion environnementale (voir la section 4.1.1). Certaines installations ont reçu la certification ISO 14001, tandis que d'autres ont appliqué des plans de gestion environnementale non-certifiés. En outre, toutes les entreprises ont employé des experts en environnement et, dans certains cas, également un responsable.

Arguments motivant la mise en application

Baisse de la consommation d'eau, d'énergie et de la pollution des eaux usées. Réduction des déchets, par exemple en les utilisant dans les sous-produits.

Données d'exploitation

En 1989, la consommation d'eau s'élevait environ à 2,5 – 9 m³/t de matières premières et la charge polluante à 20 – 120 kg de DCO/t de matières premières. En 2000, la consommation d'eau et les charges de DCO étaient descendues respectivement à 1,3 – 3,1 m³ d'eau/t de matières premières et à 10 – 24 kg de DCO/t de matières premières. Les variations de

performances que les sociétés avaient connu dans le passé ont également reculé de manière significative. La différence persistante dans les performances environnementales vient essentiellement des niveaux variés de raffinement du produit, de l'application différente des technologies d'abattement et du recours à différents types de planification de la production.

Bien que les résultats obtenus par la mise en oeuvre des mesures ci-dessus dans la transformation du hareng soient positifs et bénéfiques à l'environnement général, il est évident qu'un traitement « end-of-pipe » est toujours nécessaire. Le niveau de pollution, mesuré sous la forme de DCO ou éléments nutritifs, est toujours élevé dans les eaux usées non traitées, étant compris entre 2 000 et 10 000 mg de DCO/l, 200 et 600 mg N/l et 40 et 100 mg P/l.

Exemples de site

Cinq installations de transformation du poisson au Danemark.

Bibliographie de référence

[147, Lehman N. and Nielsen E.H, 2002]

4.7.2.9.2 Transformation du poisson au Royaume-Uni

Description

Une entreprise d'aliments à base de poisson produit 12 000 t/an de produits congelés ou réfrigérés à base de poisson sur ses deux sites de Hull au Royaume-Uni. Leurs premiers produits sont le maquereau et le hareng fumé à chaud, la morue fumée à froid, les filets de poisson blanc et les beignets pannés de poisson congelé.

En 1996, l'entreprise a mis en oeuvre un vaste projet de réduction des déchets qui se concentrait initialement sur les questions touchant l'eau et les eaux usées, mais qui s'est vite étendu pour englober les matières premières, le conditionnement et l'énergie. Une équipe de réduction des déchets a analysé la consommation d'eau et la production d'eaux usées pour différents procédés, avant de dresser des bilans des eaux pour les deux sites de l'entreprise.

Arguments motivant la mise en application

Baisse de la consommation d'eau. Rendement énergétique accru et conditions sanitaires améliorées.

Données d'exploitation

La consommation d'eau globale a diminué de 58 % par tonne de produit. Les mesures prises pour améliorer les performances comprennent :

- Utiliser de nouveaux équipements de décongélation pour éliminer les pertes d'eau provenant des fuites
- Améliorer les procédures de nettoyage, comme la réduction du nombre de flexibles, et encourager le personnel à utiliser des pelles en plastiques et des lames en caoutchouc pour enlever les déchets de poisson (voir la section 4.3.1)
- Utiliser le filetage sec (voir la section 4.7.2.6)
- Réparer les fuites (voir la section 4.1.5)
- Former et sensibiliser le personnel (voir la section 4.1.2).

Données financières

Le projet de réduction de la consommation d'eau et de la production d'eaux usées a apporté les avantages suivants :

- Économies de plus de 150 000 EUROS/an
- Période d'amortissement de 36 semaines pour le nouvel équipement de décongélation.

Arguments motivant la mise en application

En novembre 1996, la société a appris que les tarifs appliqués aux eaux usées connaîtraient une hausse importante en janvier 2001.

Exemples de site

Une entreprise de transformation du poisson à Hull, UK.

Bibliographie de référence

[58, Envirowise (UK), 1999]

4.7.3 Fruits et légumes**4.7.3.1 Séparation des extrants, pour optimiser l'utilisation, la réutilisation, la récupération, le recyclage et la mise en décharge (et réduire à un minimum la consommation d'eau et la contamination des eaux usées)**

Cette technique est décrite dans la section 4.1.7.6.

Exemples rapportés de situations où la technique est appliquée

Il existe sans nul doute bien d'autres occasions d'appliquer cette technique à l'intérieur du secteur.

- Extraction de matières organiques fines lorsque des légumes comme les pommes de terre sont apportées dans l'installation
- Limitation du triage, des déversements accidentels et des pertes par éclaboussures en installant des bacs collecteurs, des volets et des écrans
- Recours à la séparation sèche et récolte des solides, résidus semi-solides et matières premières rejetées, par exemple pendant les opérations de triage, rognage, extraction et filtration
- Séparation des matières organiques solides des eaux usées générées par le procédé de pelage, par exemple à l'aide de tamis, filtres et centrifugeuses, pour limiter le lessivage
- Installation de volets et d'écrans sur les tapis de convoyeur.

Domaines d'application

Applicable à toutes les installations de transformation des fruits et légumes.

Bibliographie de référence

[31, VITO, et al., 2001]

4.7.3.2 Nettoyage sec

Cette technique est décrite dans la section 4.3.1.

Exemples rapportés de situations où la technique est appliquée

Il existe sans nul doute bien d'autres occasions d'appliquer cette technique à l'intérieur du secteur.

- Nettoyer manuellement le plus possible les légumes renversés et éviter de les rincer à l'eau.

Domaines d'application

Applicable à toutes les installations de transformation des fruits et légumes.

Bibliographie de référence

[31, VITO, et al., 2001]

4.7.3.3 Stockage extérieur protégé des fruits et légumesDescription

On réduit le gaspillage si les fruits et légumes, ainsi que les déchets organiques, comme les pelures et les déchets de coupe, sont stockés dans une cour claire, à l'ombre et abrités de la pluie, ou bien complètement enfermés dans des conteneurs. Ces méthodes réduisent la contamination et protègent les aliments contre les dégâts causés par un temps pluvieux.

Arguments motivant la mise en application

Diminution du gaspillage.

Interactions entre les milieux

Le stockage en plein air peut attirer les insectes, les oiseaux et les rongeurs.

Données d'exploitation

Certains fruits et légumes risquent de s'abîmer dans des températures ambiantes élevées ou basses.

Domaines d'application

Applicable à toutes les installations qui doivent stocker des matières premières et des produits.

Arguments motivant la mise en application

Parfaite mise à profit du produit et diminution des déchets

Bibliographie de référence

[31, VITO, et al., 2001]

4.7.3.4 Pelage des fruits et légumes

Le pelage est décrit dans les sections 2.1.1.3 – 2.1.1.3.3. L'objectif du pelage est d'ôter la peau des fruits et légumes crus en enlevant la plus petite quantité d'aliment possible en dessous, tout en obtenant une surface nette. Le pelage est appliqué aux fruits et légumes à l'échelle industrielle. Les diverses méthodes qui existent sont décrites dans les sections ci-après (4.7.3.4.1 à 4.7.3.4.7). La séparation de matière indésirable ou non comestible dans les fruits et légumes, par exemple dans les poireaux et les artichauts, est classifiée comme opération de rognage (voir la section 2.1.1.2). Les rapports indiquent que l'eau de nettoyage des boîtes de conserve et des bocal peut servir au procédé de pelage.

4.7.3.4.1 Pelage à la vapeur – procédé en continu

Description

La peuleuse à la vapeur en continu est un tambour avec une vis à l'intérieur. La vapeur est acheminée directement dans le tambour, généralement à une pression plus basse que celle du procédé par charge successive (voir la section 4.7.3.4.2). Le produit est ensuite chauffé pendant une durée réglable. La plus grande partie de la purée de pelage est déchargée avec la vapeur. Toute trace restante est évacuée par pulvérisation d'eau. Cette eau peut être filtrée et utilisée pour le lavage des fruits et légumes crus.

Si le broyage à sec est utilisé pour retirer les pelures à l'aide d'un convoyeur à brosses à la place de l'eau, on note qu'une contamination bactérienne grave des brosses et que des dégâts aux tissus des fruits et légumes sont inévitables.

Arguments motivant la mise en application

Moindre production de déchets par rapport à d'autres techniques de pelage ; les pelures sont souvent récupérées pour servir d'alimentation animale. Consommation d'eau plus basse que celle des techniques combinées à l'échelle industrielle par abrasion et au couteau.

Interactions entre les milieux

Consommation de vapeur accrue en comparaison avec le pelage humide et caustique à sec. Consommation d'eau et contamination des eaux usées élevées. Des nuisances olfactives peuvent également se produire.

Données d'exploitation

Le pelage à la vapeur consomme environ cinq fois plus de vapeur, par exemple pour l'énergie, que le pelage caustique.

Le Tableau 4.178 indique les consommateurs d'énergie et la consommation du pelage à la vapeur avant la congélation des légumes.

Consommateur d'énergie	Consommation approximative
Eau chaude (kWh/t de légumes congelés)	0
Vapeur (t/t de légumes congelés)	0,9
Pression de la vapeur (bar)	7 – 15
Électricité (kWh/t de légumes congelés)	3,5

Tableau 4.178 : Consommateurs d'énergie et consommation du pelage à la la vapeur avant la congélation des légumes

Le pelage à la vapeur consomme de grandes quantités d'eau, jusqu'à cinq fois le volume exigé par le pelage caustique, mais la moitié pour la méthode combinée de pelage par frottement mécanique et au couteau. Il génère également des eaux usées contenant beaucoup de résidus de produit. Dans les installations de pelage des pommes de terre, les pelures peuvent participer à la DBO totale jusqu'à 80 %. Dans la transformation des fruits, les eaux usées de pelage peuvent représenter jusqu'à 10 % du flux d'eaux usées total et 60 % de la DBO. Lorsqu'on emploie le pelage à la vapeur, on peut condenser la vapeur avec de l'eau froide. Si on ne refroidit pas l'eau, la consommation d'eau et la production de déchets sont plus basses, et les eaux usées contiennent moins de polluants organiques. On perd entre 8 et 15 % de produit pendant le procédé de pelage.

Les déchets se composent de résidus de pelure solides ainsi que des substances dissoutes telles que l'amidon ou les fluides des tissus. Les matières solides sont généralement séparées par décantation, séchées et compostées. Cette partie contient des minéraux et des substances phénoliques bioactives, mais également pour les pommes de terre, des glycoalcoïdes qui limitent l'utilisation nutritionnelle directe.

Le procédé de pelage à la vapeur dans un exemple d'entreprise est schématisé dans la Figure 4.90. Ces chiffres peuvent être comparés aux résultats si on utilise le pelage par frottement mécanique suivi du pelage au couteau, comme le montre la Figure 4.91.

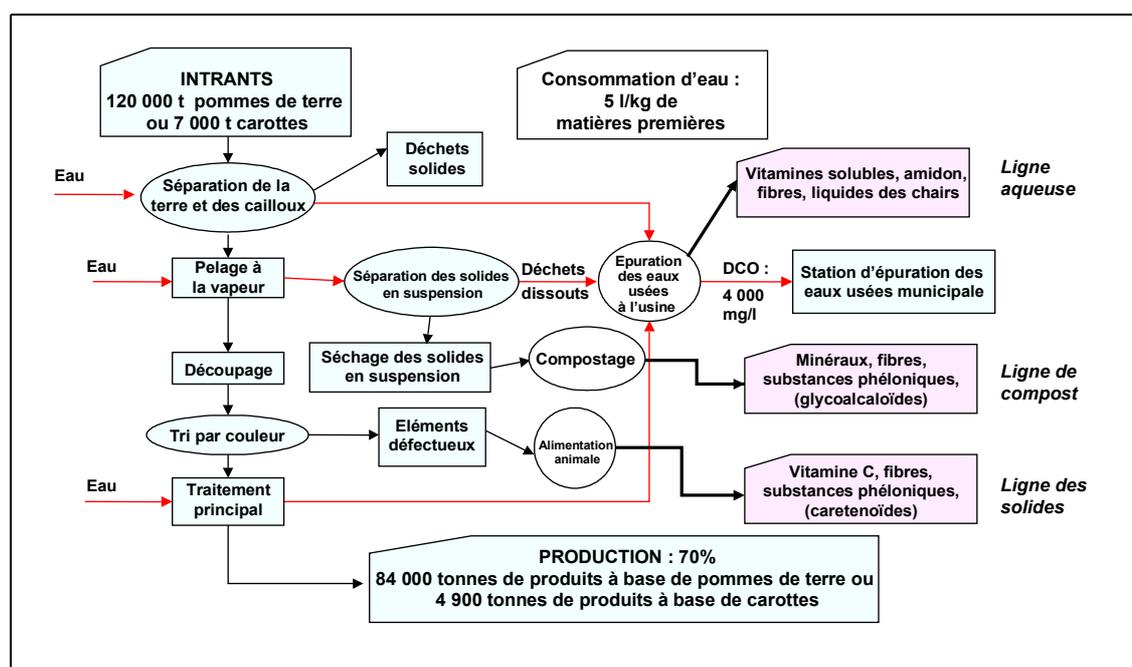


Figure 4.90 : Procédé de pelage à la vapeur dans un exemple d'entreprise en Finlande

Domaines d'application

Applicable à tous les fruits et légumes qui sont pelés, sauf si la peau est relativement dure par rapport à la chair, à moins qu'ils subissent ensuite un autre traitement pour la production de fruits en compote ou de jus.

Données financières

On note que le pelage à la vapeur est plus économique que le pelage par frottement mécanique, au couteau et caustique.

Exemples de site

Largement utilisé pour peler de grandes quantités de pommes de terre, des patates douces, des salsifis, des betteraves, des carottes et divers tubercules, ainsi que des tomates.

Bibliographie de référence

[31, VITO, et al., 2001, 32, Van Bael J., 1998, 134, AWARENET, 2002, 182, Germany, 2003]

4.7.3.4.2 Pelage à la vapeur – procédé par charges successives

Description

Le pelage à la vapeur par charges successives est également désigné par le terme « pelage par jet de vapeur ». Les matières premières telles que les betteraves et les tubercules sont exposées à une vapeur haute pression de 1 500 à 2 000 kPa dans une cuve rotative. La température élevée chauffe et cuit rapidement la surface en 15 - 30 secondes. La pression est alors immédiatement relâchée et la peau cuite se détache. La plus grande partie des pelures est déchargée avec la vapeur et rejoint un flux d'eaux usées concentrées. On a recours à l'eau uniquement pour éliminer les résidus qui restent.

Si le broissage sec est utilisé pour retirer les pelures à l'aide d'un convoyeur à brosses à la place de l'eau, on note qu'une contamination bactérienne grave des brosses et des dégâts aux tissus des fruits et légumes sont inévitables.

Arguments motivant la mise en application

Baisse de la consommation d'eau et de la production d'eaux usées en comparaison au pelage à la vapeur en continu, mais plus forte production de résidus. Moindre production de déchets en comparaison avec les autres techniques de pelage, et les pelures sont souvent récupérées pour servir d'alimentation animale. La charge polluante des eaux usées est plus basse que celle du pelage par frottement mécanique suivi du pelage au couteau.

Interactions entre les milieux

Consommation énergétique supérieure au pelage caustique. Des nuisances olfactives peuvent également se produire.

Données d'exploitation

Le Tableau 4.178 donne les consommateurs d'énergie et les consommations de pelage à la vapeur.

Le procédé consomme moins d'eau et génère moins d'eaux usées que le pelage à la vapeur en continu. Avec les tomates, la pression utilisée se situe entre 200 et 350 kPa. On rapporte que ce type de peleuse est en train de s'étendre en raison de sa faible consommation d'eau, d'une perte de produit minimale, du bon aspect des surfaces pelées et du rendement élevé pouvant aller jusqu'à 4 500 kg/h, avec commande automatique du cycle de pelage.

Les déchets se composent de résidus de pelure solides ainsi que de substances dissoutes telles que l'amidon ou les fluides des tissus. Les matières solides sont généralement séparées par décantation, séchées et compostées. Cette partie contient des minéraux et des substances phénoliques bioactives, mais également pour les pommes de terre, des glycoalcaloïdes qui limitent l'utilisation nutritionnelle directe.

Domaines d'application

Applicable à tous les fruits et légumes qui sont pelés, sauf si la peau est relativement dure par rapport à la chair, à moins qu'ils subissent ensuite un autre traitement pour la production de fruits en compote ou de jus.

Données financières

On note que le pelage à la vapeur est plus économique que le pelage par frottement mécanique, au couteau et caustique.

Exemples de site

Largement utilisé pour peler de grandes quantités de pommes de terre, des patates douces, des salsifis, des betteraves, des carottes et divers tubercules, ainsi que des tomates.

Bibliographie de référence

[31, VITO, et al., 2001, 32, Van Bael J., 1998, 134, AWARENET, 2002, 182, Germany, 2003]

4.7.3.4.3 Pelage par frottement mécaniqueDescription

Avec le pelage par frottement mécanique, la matière à peler est acheminée sur des rouleaux en carborundum ou introduite dans un bol rotatif doublé de carborundum. Le revêtement en carborundum enlève le peau qui est ensuite dégagée avec un grand volume d'eau. Le procédé se déroule normalement à température ambiante.

Arguments motivant la mise en application

Les pelures peuvent être récupérées pour l'alimentation animale. Consommation énergétique réduite.

Interactions entre les milieux

Cette technique consomme beaucoup d'eau. La perte de produit est importante, ainsi que la production d'eaux usées. Des nuisances olfactives peuvent également se produire. Le pelage par frottement mécanique et le pelage au couteau combinés produisent des eaux usées plus polluées que le pelage à la vapeur.

Données d'exploitation

Cette technique enregistre une perte de produit beaucoup plus élevée que le pelage à la vapeur, à savoir 25 % comparé à 8 – 15 % pour le pelage à la vapeur. Si les légumes sont triés et pelés après avoir été calibrés, cela permet de réduire la proportion de chair partant dans la purée de pelage. Elle génère également beaucoup plus d'eaux usées que le pelage à la vapeur. Ces eaux usées diluées contiennent beaucoup de purée de pelage ; elles sont difficiles et chères à traiter.

On ne consomme pas d'énergie pour chauffer l'eau ou produire de la vapeur, mais il en faut pour entraîner les rouleaux ou le bol rotatif.

Le rendement relativement faible provient du fait que tous les morceaux d'aliment doivent entrer en contact avec la surface abrasive. On rencontre parfois des problèmes d'hygiène car comme on n'ajoute pas d'eau de pelage, le refroidissement par l'eau n'a pas lieu et les températures peuvent être élevées à certains endroits. Néanmoins, on note que la qualité des pommes de terre est conservée pendant le pelage au carborundum.

Domaines d'application

Cette technique est employée pour peler les oignons, les pommes de terre, les carottes et les betteraves car la peau s'enlève facilement et la qualité du produit est conservée. Le pelage par frottement mécanique est parfois utilisé comme étape de pré-pelage précédant le pelage au couteau (voir Tableau 4.179).

Données financières

Les coûts d'investissement et d'énergie sont faibles. On note que le pelage à la vapeur est plus économique.

Exemples de site

Largement appliqué pour peler les pommes de terre et les oignons.

Bibliographie de référence

[1, CIAA, 2002, 31, VITO, et al., 2001, 182, Germany, 2003, 200, CIAA, 2003, 208, CIAA-AAC-UFE, 2003, 232, Fellows P J,]

4.7.3.4.4 Pelage au couteau

Description

Avec le pelage au couteau, les matières à peler sont comprimées contre des lames rotatives ou bien elles tournent contre des lames fixes. Bien que l'opération de pelage ne demande pas d'eau, la technique utilise de l'eau pour nettoyer en continu les rouleaux ou les lames, ce qui génère de l'eau contaminée.

Arguments motivant la mise en application

Les pelures peuvent être récupérées directement pour l'alimentation animale ou pour le recyclage des composants. La consommation énergétique est plus faible que celle du pelage à la vapeur.

Interactions entre les milieux

Émissions olfactives et pollution sonore. Le pelage par frottement mécanique et le pelage au couteau combinés produisent des eaux usées plus polluées que le pelage à la vapeur et consomment deux fois plus d'eau.

Données d'exploitation

La perte de produit avec le pelage au couteau s'élève à 16 – 17 %. Des lames bien aiguisées abîment moins les produits et réduisent du même coup les déchets. Une fois coupées, les morceaux defectueux, par exemple ceux qui sont trop sombres ou trop petits, peuvent être séparés et destinés à l'alimentation animale. Dans la transformation des carottes, plusieurs substances de valeur, comme la vitamine C, les fibres, les composés phénoliques et les caroténoïdes, peuvent être récupérés comme sous-produits.

Le Tableau 4.179 montre l'effet des techniques du pré-pelage par frottement mécanique et du pelage au couteau combinées sur la pollution de l'eau dans la fabrication de demi-poires au sirop.

	DBO (kg/t)	DCO (kg/t)	MES (kg/t)
Pré-pelage par frottement mécanique plus pelage au couteau	21,6	36,5	21,5
Consommation d'eau si l'eau n'est pas réutilisée pour refroidir les boîtes après la stérilisation : 29,6 m ³ /t			
Consommation d'eau si l'eau est réutilisée pour refroidir les boîtes après la stérilisation : 6,2 m ³ /t			

Tableau 4.179 : Effet des techniques du pré-pelage par frottement mécanique et du pelage au couteau combinées sur la pollution de l'eau dans la fabrication de demi-poires au sirop

La Figure 4.91 présente le schéma de principe et le rendement de la transformation des pommes de terre et des carottes si on utilise le pelage par frottement mécanique suivi du pelage au couteau. Ces chiffres peuvent être comparés à ceux de la Figure 4.90 qui illustre le pelage à la vapeur.

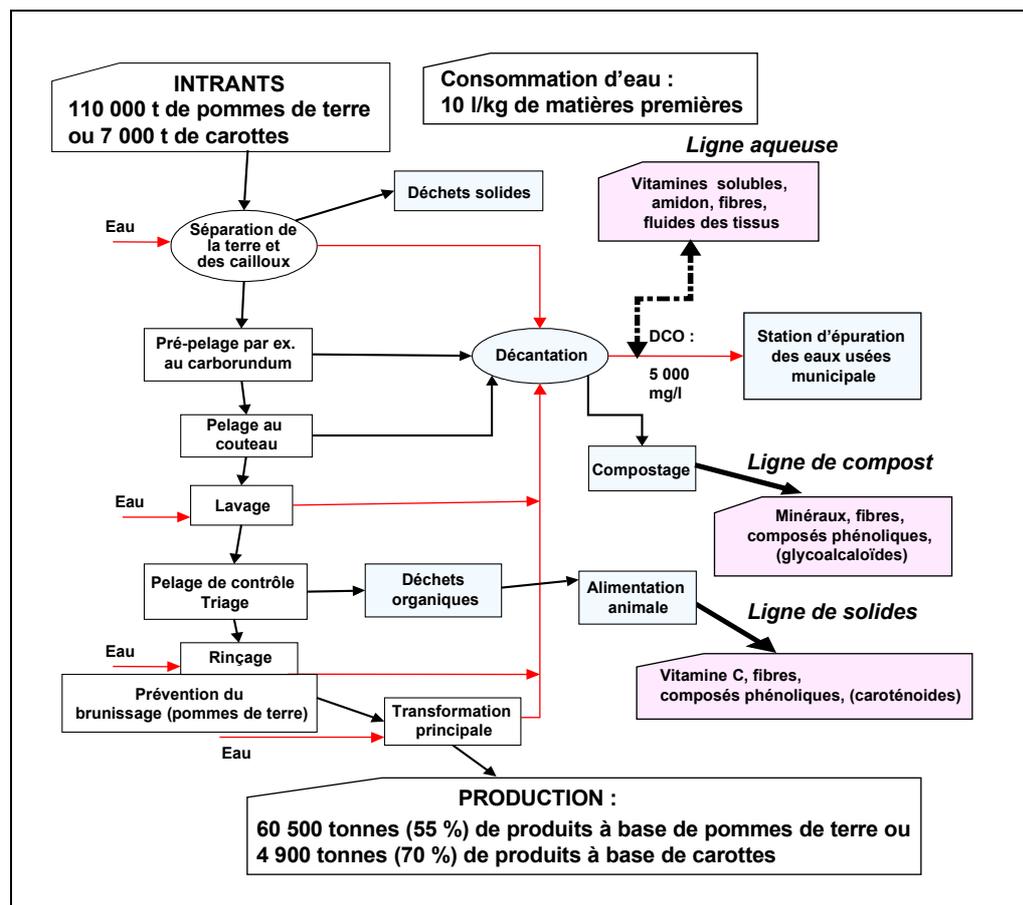


Figure 4.91 : Schéma de principe de la transformation des pommes de terre et des carottes dans une installation finlandaise

Domaines d'application

Le pelage au couteau est notamment utilisé pour peler les agrumes car la peau s'enlève aisément et les fruits sont peu endommagés, ainsi que pour peler de petites quantités de légumes, par exemple de pommes de terre, de carottes, de betteraves ou de pommes, ou bien lorsque les légumes sont destinés au service traiteur ou à la restauration d'entreprise. Les pêches et les poires peuvent également être pelées à l'aide de lames très petites montées sur des rouleaux.

Données financières

On note que le pelage au couteau est plus cher que le pelage à la vapeur.

Bibliographie de référence

[1, CIAA, 2002, 31, VITO, et al., 2001, 124, Italy, 2002, 134, AWARENET, 2002, 182, Germany, 2003, 200, CIAA, 2003, 208, CIAA-AAC-UFE, 2003]

4.7.3.4.5 Pelage par solution de soude caustique

Description

Les matières à peler traversent ou sont immergées dans une solution diluée à 1 ou 2 % par exemple, mais avec 20 % de soude caustique et chauffée à 80 – 120 °C. Cette opération ramollit la peau qui est alors enlevée par des jets d'aspersion haute pression. La concentration de la solution et la température sont fonction du type de fruit ou légume et du degré de pelage requis. Bien que l'opération de pelage ne demande pas d'eau, la technique utilise de l'eau pour nettoyer en continu les rouleaux ou les lames, ce qui génère de l'eau contaminée.

Arguments motivant la mise en application

Baisse de la consommation d'eau et d'énergie par rapport au pelage à la vapeur.

Interactions entre les milieux

Eaux usées avec un pH et une charge organique élevés. Production de déchets solides très alcalins ou salés, difficiles à mettre en décharge. Le recours à des produits chimiques risque de limiter la mise à profit des éléments nutritifs présents dans les pelures. Si ces dernières sont destinées à l'alimentation, il faut séparer les eaux usées. Émission d'odeur et pollution sonore. Le produit peut se décolorer.

Données d'exploitation

Le pelage par soude caustique peut faire fluctuer le pH dans les eaux usées. En outre, cette technique hausse la solubilisation des matières et par conséquent, également la DCO, la DBO et les MES. Les niveaux de DBO et de DCO sont plus élevés que ceux du pelage par frottement mécanique suivi par le pelage au couteau, mais la charge de MES est plus basse. Le pelage par soude caustique consomme moins d'énergie, aussi bien pour la consommation électrique que la consommation de vapeur, que le pelage à la vapeur, mais il augmente la charge de la SEEU. Le pelage par solution de soude caustique consomme quatre fois moins d'eau que le pelage à la vapeur. Certains produits, comme les tomates, exigent des solutions de soude caustique concentrée et l'ajout d'agents mouillants. Dans le cas des cornichons, la concentration de la solution s'élève à 2 % environ, pour les carottes à 10 % et pour les potirons à 20 %. La perte de produit se situe autour de 17 %.

Le Table 4.180 présente l'effet du pelage à la soude caustique sur la pollution de l'eau dans la production de demi-poires au sirop. Ces chiffres peuvent être comparés aux résultats du pelage par frottement mécanique suivi du pelage au couteau du Tableau 4.179. Le Table 4.181 indique les consommateurs d'énergie et les chiffres de consommation du pelage à la soude caustique avant de congeler les légumes.

	DBO (kg/t)	DCO (kg/t)	MES (kg/t)
Pelage à la soude caustique	39,7	66,3	11,4
Consommation d'eau si l'eau n'est pas réutilisée pour refroidir les boîtes après la stérilisation : 29,6 m ³ /t			
Consommation d'eau si l'eau est réutilisée pour refroidir les boîtes après la stérilisation : 6,2 m ³ /t			

Table 4.180: Effet du pelage à la soude caustique sur la pollution de l'eau dans la production de demi-poires au sirop

Consommateur d'énergie	Consommation approximative
Eau chaude (kWh/t de légumes congelés)	0
Vapeur (t/t de légumes congelés)	0,16
Pression de la vapeur (bar)	7
Électricité (kWh/t de légumes congelés)	2

Table 4.181: consommateurs d'énergie et consommation du pelage à la soude caustique avant de congeler les légumes

Dans un exemple d'installation, on a comparé la consommation d'eau et les eaux usées produites par le pelage par solution de soude caustique et le pelage caustique à sec (voir la section 4.7.3.4.6) sur un site transformant 72 t/d de betteraves comestibles. Pour la même quantité de produit transformée, le pelage caustique à sec a réduit la consommation d'eau de 75 % et les déchets solides de 90 % en comparaison avec le pelage à la solution de soude caustique. Par ailleurs, les eaux usées générées pendant le pelage caustique à sec contenaient 88 % de MES, 94 % de DCO et 93 % de DBO en moins que le pelage à la solution de soude caustique. Néanmoins, on note que les pelures contaminées par la soude sont, tout au moins dans certains cas, rejetées dans la SEEU en petites quantités après avoir séjourné dans une cuve-tampon. Le pelage caustique à sec a tendance à consommer moins de soude caustique que les méthodes avec solution.

Domaines d'application

Applicable à tous les fruits et légumes qui sont pelés. Cette technique convient aux fruits dont la peau est relativement dure par rapport à la chair et lorsque le pelage à la vapeur est impossible.

Données financières

Le pelage à la solution de soude caustique produit des eaux usées avec un pH et une charge organique très élevés, ce qui hausse les coûts de traitement de l'eau. On note que le pelage à la soude caustique est plus cher que le pelage à la vapeur.

Exemples de site

Utilisé pour peler les pommes de terre, les carottes, les betteraves, les salsifis, les pêches, les abricots, les pommes, les poires, les tomates, les poivrons, les potirons, les cornichons et les agrumes. On note que cette technique est utilisée pour peler les pommes car le pelage à la vapeur (voir la section 4.7.3.4.1) abîme la chair du fruit.

Bibliographie de référence

[1, CIAA, 2002, 13, Environment Agency of England and Wales, 2000, 31, VITO, et al., 2001, 32, Van Bael J., 1998, 45, Envirowise (UK) and Ashact, 2001, 124, Italy, 2002, 182, Germany, 2003, 200, CIAA, 2003, 208, CIAA-AAC-UFE, 2003]

4.7.3.4.6 Pelage caustique à sec

Description

Avec le pelage caustique à sec, les matières premières sont trempées rapidement dans une solution de soude caustique à 10 % et chauffée entre 80 et 120 °C, pour ramollir la peau qui est ensuite enlevée par des disques ou des rouleaux en plastique. Cette opération diminue la consommation d'eau et produit une pâte de soude concentrée qui est mise en décharge. Le pelage est suivi par un lavage qui enlève les peaux et les résidus de soude caustique.

Dans le cas du pelage des pêches et des abricots, leur peau est très fine et elle ne se distingue pas aussi facilement de la chair que celle par exemple des tomates, des poivrons et des pommes de terre. Elle « colle » à la chair, d'autant plus que le fruit est plus vert. Les pêches et les abricots sont immergés dans la solution de soude caustique et leur peau se décompose. Les résidus sont ensuite enlevés en aspergeant les fruits avec de l'eau. En pratique, les fruits présentant différents stades de maturité sont pelés ensemble et le procédé est plus long pour s'assurer que les fruits les plus verts seront pelés. Par exemple, dans le cas des pêches et des abricots destinés à un procédé de conservation, entiers ou coupés en deux, l'élimination mécanique de la peau ramollie abîmerait la surface de manière inacceptable.

Arguments motivant la mise en application

Moindre consommation d'eau en comparaison avec le pelage à la vapeur et le pelage par solution de soude caustique. Moindre production de déchets solides et d'eaux usées par rapport au pelage par solution de soude caustique. Consommation de soude caustique plus basse que celle du pelage par solution de soude caustique. Consommation énergétique plus faible que celle du pelage à la vapeur.

Interactions entre les milieux

Production de déchets solides très alcalins ou salés. Le recours à des produits chimiques risque de limiter la valorisation de la purée de pelage séparée. Émission d'odeur, éventuelle pollution sonore. Le produit peut se décolorer

Données d'exploitation

Les méthodes de pelage caustique à sec peuvent réduire de manière importante le volume et la concentration des eaux usées en comparaison avec le pelage à la vapeur et le pelage par solution de soude caustique. Les pelures peuvent être récupérées sous la forme d'une pâte liquide pompable qui devra être mise en décharge. On note que les pelures contaminées par la soude caustique sont, du moins dans certains cas, rejetées dans la SEEU en petites quantités après avoir séjourné dans des cuves-tampons. Le pelage caustique à sec a tendance à consommer moins de soude caustique que les méthodes avec solution de soude (voir la section 4.7.3.4.5).

Dans un exemple d'installation, on a comparé la consommation d'eau et les eaux usées produites par le pelage par solution de soude caustique et le pelage caustique à sec (voir la section 4.7.3.4.6) sur un site transformant 72 t/d de betteraves comestibles. Pour la même quantité de produit transformée, le pelage caustique à sec a réduit la consommation d'eau de 75 % et les déchets solides de 90 % en comparaison avec le pelage à la solution de soude caustique. Par ailleurs, les eaux usées générées pendant le pelage caustique à sec contenaient 88 % de MES, 94 % de DCO et 93 % de DBO en moins que le pelage à la solution de soude caustique.

Domaines d'application

Applicable à tous les fruits et légumes qui sont pelés. Cette technique convient aux fruits dont la peau est relativement dure par rapport à la chair et lorsque le pelage à la vapeur est impossible.

Données financières

Le pelage caustique à sec produit des eaux usées avec un pH très élevé, ce qui hausse les coûts de traitement de l'eau. Les rapports notent que le pelage caustique à sec est plus cher que le pelage à la vapeur

Exemples de site

Utilisé pour peler les pommes de terre, les carottes, les salsifis, les pommes, les pêches et les abricots.

Bibliographie de référence

[1, CIAA, 2002, 31, VITO, et al., 2001, 32, Van Bael J., 1998, 45, Envirowise (UK) and Ashact, 2001, 124, Italy, 2002, 182, Germany, 2003, 208, CIAA-AAC-UFE, 2003, 258, Federación Nacional de Asociaciones de la Industria de Conservas Vegetales, 2005]

4.7.3.4.7 Pelage à la flamme

Description

Cette technique a été mise au point pour les oignons. Le pelage à la flamme se compose d'un tapis convoyeur qui fait passer les matières premières en rotation à travers un four chauffé à des températures supérieures à 1 000 °C. La peau ou les radicelles sont brûlées puis retirées par des jets d'eau haute pression.

Arguments motivant la mise en application

Le pelage à la flamme demande de la chaleur, contrairement aux autres opérations de pelage qui consomment de l'électricité.

Interactions entre les milieux

Le procédé de pelage à la flamme produit une certaine poussière et des odeurs.

Données d'exploitation

Les pertes de produit moyennes s'élèvent à 9 %. On note que les poivrons rouges utilisés pour la recette espagnole "poivrons piquillo" ne se pèlent qu'avec le procédé du pelage à la flamme.

Domaines d'application

Le pelage à la flamme est utilisé pour peler les oignons et les poivrons.

Bibliographie de référence

[134, AWARENET, 2002]

4.7.3.5 Blanchiment des fruits et légumes

Le blanchiment est présenté dans la section 2.1.5.2. Il comprend généralement trois phases : le préchauffage, le blanchiment et le refroidissement. Il est suivi par d'autres procédés de transformation tels que la mise en conserve ou la congélation. Le Table 4.182 compare quantitativement les consommations d'énergie et d'eau entre les différentes techniques de blanchiment.

Technique de blanchiment	Énergie	Eau
Blanchiment à la vapeur avec refroidissement à l'air	3	1
Blanchiment sur tapis avec refroidissement à l'eau	1	3
Blanchiment sur tapis avec refroidissement à l'air	4	2
Blanchiment dans tambour avec refroidissement à l'eau à contre-courant	2	4
1: consommation la plus basse 4: consommation la plus élevée		

Table 4.182 : Comparaison des consommations d'énergie et d'eau entre les différentes techniques de blanchiment

4.7.3.5.1 Blanchiment à la vapeur avec refroidissement à l'air

Description

Le blanchiment à la vapeur est un procédé en continu durant lequel les aliments se déplacent sur un long tapis convoyeur perforé. Pendant le préchauffage, les aliments sont aspergés d'eau par le dessus et le dessous. L'eau de préchauffage est maintenue à 60 °C par de la vapeur.

Pendant l'opération de blanchiment, les aliments continuent d'être chauffés en injectant directement de la vapeur par le dessous. Pour diminuer les consommations d'eau et d'énergie, la vapeur est recyclée et le procédé se déroule dans un blancheur fermé, conçu pour économiser de la vapeur.

Pour terminer, les aliments sont refroidis à l'air avec des ventilateurs grande puissance. L'air est encore refroidi davantage par pulvérisation d'eau dans le flux d'air. Cette eau évite que les aliments se dessèchent. Si nécessaire, les aliments sont encore refroidis à l'eau dans la dernière enceinte de refroidissement. Il n'est pas rationnel de réutiliser cette eau de refroidissement dans la section de préchauffage car l'eau ne contient pas beaucoup d'énergie. Du point de vue énergétique, le refroidissement à l'air est moins performant que le refroidissement à l'eau car la chaleur ne peut pas être réutilisée et les ventilateurs qui aèrent les aliments consomment beaucoup d'électricité.

Arguments motivant la mise en application

Consommation d'eau et génération d'eaux usées les plus basses de tous les procédés de blanchiment. Consommation énergétique plus basse que le blanchiment à tapis avec refroidissement à l'air.

Interactions entre les milieux

Consommation énergétique plus élevée que le blanchiment à tapis avec refroidissement à l'eau et que le blanchiment à tambour avec refroidissement à l'eau à contre-courant. DBO élevée dans les eaux usées.

Données d'exploitation

La température et la durée de blanchiment optimales sont fonction du type d'aliment et de la taille des pièces à blanchir. Les conditions de blanchiment se situent entre 65 et 95 °C, pendant une minute minimum. Le blanchiment à la vapeur génère des eaux usées avec une forte teneur en DBO.

Le rendement énergétique peut dépendre de la méthode de rétention de la pression de vapeur. Les aliments peuvent entrer et quitter le blancheur par des vannes et des garnitures d'étanchéité rotatives qui diminuent les pertes de pression et augmentent le rendement énergétique, ou bien la vapeur peut être réutilisée en traversant des vannes venturi. Combiner des vannes hydrostatiques et venturi peut encore améliorer le rendement.

On a constaté que les blancheurs entraînaient une petite perte de composants et éléments nutritifs solubles dans l'eau. Le blanchiment peut être toutefois irrégulier si les piles d'aliments

sont trop hautes sur le tapis transporteur. Si certaines parties des produits sont en contact, elles risquent de ne pas être blanchies.

Domaines d'application

Applicable au blanchiment des fruits et légumes.

Bibliographie de référence

[1, CIAA, 2002, 31, VITO, et al., 2001, 87, Ullmann, 2001]

4.7.3.5.2 Blanchiment sur tapis avec refroidissement à l'eau

Description

Le blanchiment à la vapeur est un procédé en continu durant lequel les aliments se déplacent sur un long tapis convoyeur perforé. Les aliments sont préchauffés avec de l'eau pulvérisée par le dessus et le dessous, et coulant à contre-courant des aliments. L'eau de préchauffage est maintenue à 60 °C avec de la vapeur. L'eau de préchauffage refroidie peut être réutilisée dans d'autres procédés, comme le lavage et le découpage des produits, ainsi que le rinçage des tunnels de congélation.

Dans la section de blanchiment, les aliments sont également aspergés d'eau par le dessus et le dessous. Durant cette phase, l'eau est maintenue entre 80 et 95 °C en injectant de la vapeur.

Pour terminer, les aliments sont refroidis à l'eau. Le refroidissement se déroule dans une série d'enceintes. Dans chaque enceinte, les aliments sont aspergés d'eau par le dessus et le dessous. De l'eau de refroidissement propre à 2 – 15 °C pénètre dans la dernière enceinte de la section de refroidissement et est réutilisée dans les enceintes précédentes. L'eau provenant de la première enceinte de la section de refroidissement, c'est-à-dire immédiatement après le blanchiment, qui est tiède, est réutilisée dans la section de préchauffage. Ce système permet de récupérer de la chaleur et d'économiser de l'eau. Si l'eau la plus froide disponible est destinée au refroidissement, ceci diminue également la consommation énergétique, pour les phases de refroidissement et de blanchiment, et si les aliments sont destinés à un stockage basse température, par exemple au procédé de congélation.

Arguments motivant la mise en application

Consommation d'énergie la plus basse de tous les procédés de blanchiment. Consommation d'eau plus basse que le blanchiment à tambour avec refroidissement à l'eau à contre-courant.

Interactions entre les milieux

Consommation d'eau plus élevée que le blanchiment à la vapeur avec refroidissement à l'air et le blanchiment sur tapis avec refroidissement à l'air. DBO élevée dans les eaux usées

Données d'exploitation

La température et la durée de blanchiment optimales sont fonction du type et de la taille de l'aliment à blanchir. Le blanchiment à l'eau chaude génère des eaux usées avec une forte teneur en DBO

Si un blanchiment à tapis est utilisé avec un refroidissement à eau, la consommation électrique s'élève à 2 – 8 kWh/t de produit congelé. Le blanchiment à tapis avec refroidissement à eau représente la technique la moins exigeante en énergie, parce que la chaleur dégagée par le refroidissement des aliments dans la section de refroidissement sert à préchauffer les légumes avant la phase de blanchiment. Par ailleurs, la consommation d'eau est réduite à un minimum en la réutilisant dans les enceintes de refroidissement et pour le préchauffage.

Le Tableau 4.183 donne les consommateurs d'énergie et les consommations d'un blanchiment à tapis avec refroidissement à l'eau en terme de quantité de produit congelé, en supposant que le produit est congelé après le blanchiment.

Consommateur d'énergie	Consommation approximative
Eau chaude (kWh/t de légumes congelés)	0*
Vapeur (t/t de légumes congelés)	0,09
Pression de vapeur (bar)	7
Électricité (kWh _e /t de légumes congelés)	2 – 9
* L'eau chaude est nulle parce que l'eau est chauffée par l'injection de vapeur	

Tableau 4.183 : Consommateurs d'énergie et consommations d'un blancheur à tapis avec refroidissement à l'eau

Domaines d'application

Applicable au blanchiment des fruits et légumes.

Bibliographie de référence

[31, VITO, et al., 2001, 32, Van Bael J., 1998]

4.7.3.5.3 Blanchiment sur tapis avec refroidissement à l'air

Description

Le blanchiment à la vapeur est un procédé en continu durant lequel les aliments se déplacent sur un long tapis convoyeur perforé. Les aliments sont préchauffés avec de l'eau pulvérisée par le dessus et le dessous, et coulant à contre-courant des aliments. L'eau de préchauffage est maintenue à 60 °C avec de la vapeur. L'eau de préchauffage refroidie peut être réutilisée dans d'autres procédés, comme le lavage et le découpage, ainsi que le rinçage des tunnels de congélation.

Dans la section de blanchiment, les aliments sont également aspergés d'eau par le dessus et le dessous. L'eau est maintenue entre 80 et 95 °C en injectant de la vapeur.

Les aliments blanchis sont refroidis à l'air avec des ventilateurs grande puissance. L'air est encore refroidi davantage par pulvérisation d'eau dans le flux d'air. Cette eau évite que les aliments se dessèchent. Si nécessaire, les aliments sont encore refroidis à l'eau dans la dernière enceinte de refroidissement. Il n'est pas rationnel de réutiliser cette eau de refroidissement dans la section de préchauffage car l'eau ne contient pas beaucoup d'énergie. Cette technique offre un rendement énergétique moins bon, parce qu'avec le refroidissement à l'air, on ne peut pas réutiliser la chaleur et les ventilateurs qui aèrent les aliments consomment beaucoup d'énergie.

Arguments motivant la mise en application

Consommation d'eau plus basse que le blanchiment sur tapis avec refroidissement à l'eau et le blanchiment à tambour avec refroidissement à l'eau à contre-courant.

Interactions entre les milieux

Consommation énergétique la plus élevée des techniques de blanchiment. Consommation d'eau supérieure au blanchiment à la vapeur avec refroidissement à l'air. DBO élevée dans les eaux usées.

Données d'exploitation

La température et la durée de blanchiment optimales sont fonction du type et de la taille de l'aliment. Le blanchiment à l'eau chaude génère des eaux usées avec une forte teneur en DBO

Si un blancheur à tapis est utilisé avec un refroidissement à l'eau, la consommation électrique s'élève à 2 – 8 kWh_e/t de produit congelé. Les ventilateurs haute puissance consomme 60 kWh_e. Le Tableau 4.184 donne les consommateurs d'énergie et les consommations d'un blancheur à tapis avec refroidissement à l'air, exprimées en quantité de produit congelé.

Consommateurs d'énergie	Ordre de grandeur des indicateurs
Eau chaude (kWh/t de légumes congelés)	0*
Vapeur (t/t de légumes congelés)	0,16
Pression de vapeur (bar)	7
Électricité (kWh _e /t de légumes congelés)	7 – 30
* L'eau chaude est nulle parce que l'eau est chauffée par l'injection de vapeur	

Tableau 4.184 : Consommateurs d'énergie et consommations d'un blancheur à tapis avec refroidissement à l'air

Dans la mise en conserve, le refroidissement des aliments à 40 °C est suffisant car ils seront soumis à d'autres procédés de transformation à chaud qui préviendront le développement de bactéries. Les conserves subissent un traitement thermique lors d'une phase ultérieure, par exemple pendant la stérilisation et la pasteurisation. En d'autres termes, cette technique consomme moins d'énergie pour la mise en conserve, en comparaison avec d'autres applications pour lesquelles les fruits et légumes doivent être refroidis davantage, par exemple avant le procédé de congélation.

Domaines d'application

Applicable au blanchiment des fruits et légumes.

Bibliographie de référence

[31, VITO, et al., 2001, 32, Van Bael J., 1998]

4.7.3.5.4 Blancheur à tambour avec refroidissement à l'eau à contre-courant

Description

Il s'agit d'un procédé par charges successives où les aliments pénètrent dans le système par un bac et une vis rotative. L'eau destinée au blancheur est chauffée par injection de chaleur. Les aliments quittent le système par une palette perforée. Le produit est ensuite refroidi avec de l'eau circulant à contre-courant. Une fois réchauffée, l'eau de refroidissement peut servir à d'autres procédés, par exemple pour préchauffer simultanément les aliments frais et les transporter vers le blancheur à tambour.

Arguments motivant la mise en application

Consommation énergétique plus basse que le blanchiment sur tapis avec refroidissement à l'air et le blanchiment à la vapeur avec refroidissement à l'air.

Interactions entre les milieux

Consommation d'eau la plus élevée des techniques de blanchiment. DBO élevée dans les eaux usées. Consommation d'énergie supérieure au blanchiment sur tapis avec refroidissement à l'eau.

Données d'exploitation

La température et la durée de blanchiment optimales sont fonction du type et de la taille de l'aliment. Le blancheur à tambour avec refroidissement à contre-courant d'eau génère des eaux usées avec une forte teneur en DBO

Le blancheur à tambour avec refroidissement à contre-courant consomme 1 – 2.6 kWh_e/t de produit congelé. Le refroidisseur à contre-courant du tambour consomme entre 2 et 4 litres d'eau par kilogramme d'aliment.

Le Tableau 4.185 donne les consommateurs d'énergie et les consommations d'un blancheur à tambour, exprimées en quantité de produit congelé, en supposant que le produit soit congelé.

Consommateur d'énergie	Consommation approximative
Eau chaude (kWh/t de légumes congelés)	0*
Vapeur (t/t de légumes congelés)	0,16
Pression de vapeur (bar)	7
Électricité (kWh _e /t de légumes congelés)	0,5 – 1,3
* L'eau chaude est nulle parce que l'eau est chauffée par l'injection de vapeur	

Tableau 4.185 : Consommateurs d'énergie et ordre d'indicateurs de grandeur du blancher à tambour

Tableau 4.186 donne les consommateurs d'énergie et les consommations d'un blancher à tambour à contre-courant, exprimées en quantité de produit congelé, en supposant que le produit soit congelé.

Consommateur d'énergie	Consommation approximative
Eau chaude (kWh/t de légumes congelés)	0
Vapeur (t/t de légumes congelés)	0
Pression de vapeur (bar)	0
Électricité (kWh _e /t de légumes congelés)	0,5 – 1,3

Tableau 4.186 : consommateurs d'énergie et consommations d'un blancher à tambour avec refroidissement à contre-courant d'eau

Domaines d'application

Applicable au blanchiment des fruits et légumes.

Bibliographie de référence

[31, VITO, et al., 2001, 32, Van Bael J., 1998, 232, Fellows P J,]

4.7.3.6 Refroidissement des fruits et légumes avant de les congeler

Description

La température des fruits et légumes lorsqu'ils pénètrent dans le tunnel de congélation constitue un facteur important qui détermine également la consommation énergétique du système. Plus la température des fruits et légumes est basse, plus la charge de refroidissement est basse, ainsi que la consommation énergétique. La température des fruits et légumes peut diminuer en les mettant en contact avec un volume d'eau suffisant pendant un certain temps. Il s'agit en général de la phase de refroidissement qui suit le blanchiment. Si la température ambiante de l'eau dépasse 4 °C, un bac d'eau glacé peut être utilisé pour refroidir les fruits et / ou légumes à 4 °C. En outre, l'eau qui circule dans le bac d'eau glacée peut être refroidie en permanence en montant un refroidisseur d'eau supplémentaires dans le bac d'eau glacée (voir la Figure 4.92) ou en plaçant une plaque d'évaporation sous le bac (voir la Figure 4.93). Cette dernière est connectée à l'installation de congélation comme un échangeur thermique pour la production d'eau glacée. Si l'eau est transportée dans le tunnel de congélation, elle gèle et ajoute à la charge énergétique. Pour éviter cela, on peut faire passer les aliments sur une grille vibrante ou un tapis perforé qui permet à l'eau de s'écouler des aliments et d'être recueillie pour être recyclée dans le procédé de refroidissement.

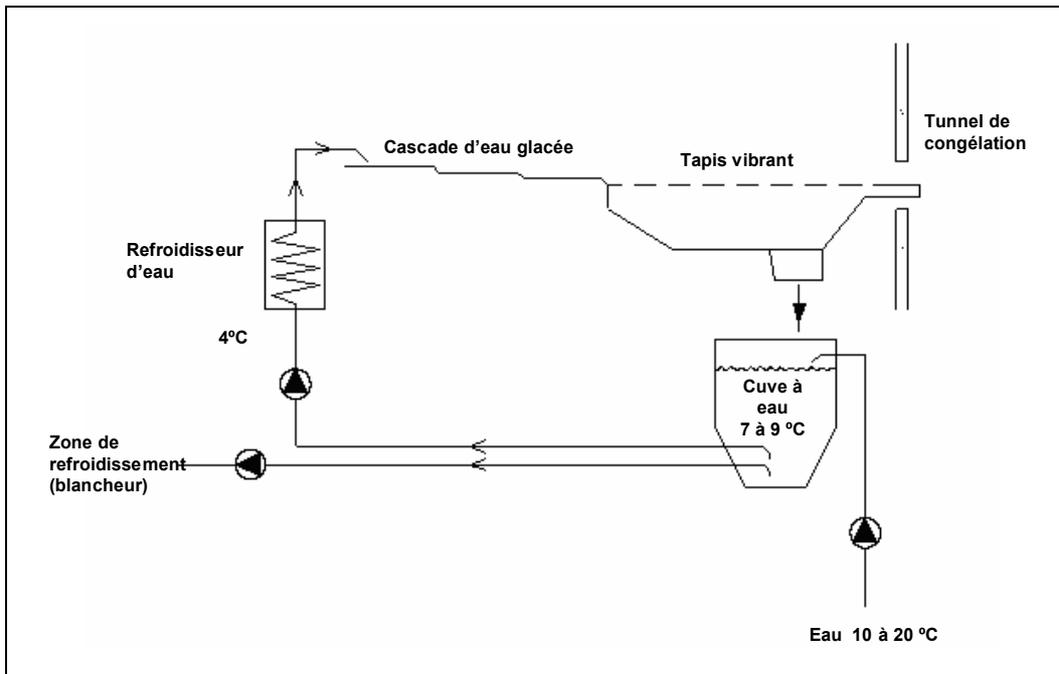


Figure 4.92 : Installation d'un refroidisseur d'eau dans le bac d'eau glacée

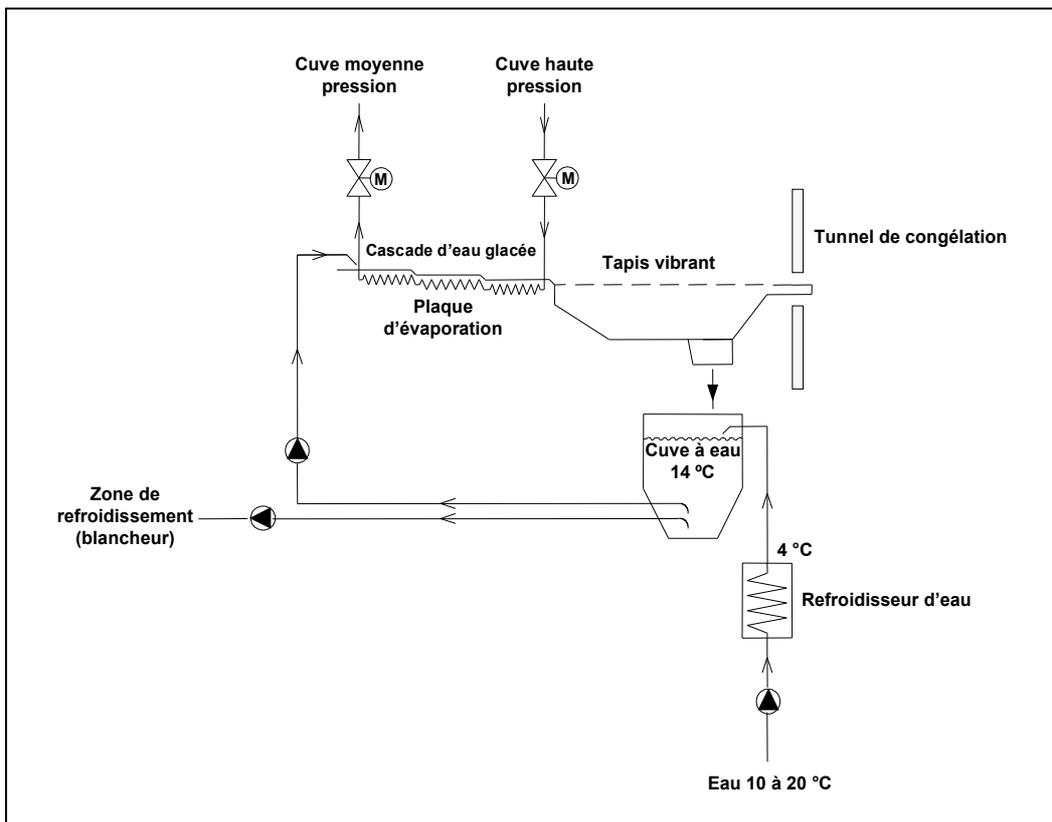


Figure 4.93 : Installation d'une plaque d'évaporation sous le bac d'eau glacée

Arguments motivant la mise en application

Moindre consommation énergétique par le procédé de congélation.

Interactions entre les milieux

Consommation énergétique par le procédé de refroidissement avant la congélation.

Données d'exploitation

Les rapports constatent qu'une diminution de la température du produit de 10 °C entraîne :

- Une réduction de la charge du compresseur qui abaisse la température entre -30 et -40 °C, réduisant la consommation électrique de 5 à 7 kWh/t ;
- Une hausse de la charge du compresseur qui abaisse la température à 0 °C, réduisant la consommation électrique de 1,5 à 2 kWh/t ;
- Une réduction totale de la charge électrique de 3 à 5,5 kWh/t.

On note également que, lorsqu'un tunnel de congélation fonctionne à une cadence de 10 t de produits par heure, la charge électrique baisse de 30, pour faire 55 kW si la température des fruits ou des légumes passe de 30 à 20 °C avant qu'ils pénètrent dans le tunnel. Par ailleurs, lorsque le refroidissement est à l'eau, le transfert thermique est d'un ordre de grandeur plus élevé que lorsque le refroidissement a lieu à l'air. En outre, il est préférable que les fruits et légumes traversant le tunnel de congélation soient aussi froids et secs que possible afin de diminuer la charge de congélation, ce qui est facilité en laissant s'égoutter les fruits et légumes après leur immersion dans l'eau froide.

Domaines d'application

Appliqué à la congélation des fruits et légumes.

Bibliographie de référence

[31, VITO, et al., 2001, 32, Van Bael J., 1998]

4.7.3.7 Réutilisation de l'eau dans la transformation des fruits et légumesDescription

Les installations anciennes aussi bien que nouvelles peuvent avoir des opportunités de réutiliser l'eau, soit directement dans l'exploitation d'une unité, soit indirectement comme source de chaleur ou de froid par exemple. Dans les installations existantes notamment, ces opportunités varient en fonction par exemple de l'exploitation de l'unité, des dispositifs d'épuration des eaux usées disponibles sur le site et des critères d'hygiène imposés à l'eau utilisée sur le site. Il peut être possible de réutiliser l'eau dans la même unité soit sans traitement, soit après une simple filtration.

On peut analyser systématiquement toutes les consommations d'eau et la qualité requise pour chaque utilisation et réutilisation. Le Tableau 4.187 représente un exemple de relevé de ces opportunités.

EXEMPLES						
			A	B	C	D

E X E M P L E S		Application de réutilisation de l'eau	Techniques de procédé qui ne demande pas un TEU complet (indiquer tout traitement qui pourrait être nécessaire en premier, par ex. le criblage ou la désinfection)		Nettoyage différencier si possible les différentes phases de nettoyage)	Toutes les exploitations d'unité qui n'exigent pas de l'eau potable.
		Utilisation de l'eau				
	1					
	2					
	3					
	4			Après filtration pour éliminer les morceaux de légumes		
	5					
	6	Refroidissement indirect (pas de contact avec le produit)				
	7					
8						

Tableau 4.187 : Exemples de réutilisation de l'eau dans le secteur des fruits et légumes

Arguments motivant la mise en application

Moindre consommation d'eau et, en utilisant de l'eau chauffée, moindre consommation d'énergie.

Interactions entre les milieux

Si l'eau doit être traitée avant d'être réutilisée, consommation d'énergie et éventuellement de produits chimiques.

Données d'exploitation

Dans le secteur des fruits et légumes, on note la séparation des eaux de pluie, de l'eau de lavage, par exemple l'eau provenant du lavage des matières premières et des opérations de nettoyage, et l'eau de procédé, comme l'eau utilisée dans le pelage, le triage, la mise en conserve. Par ailleurs, l'eau qui a été utilisée uniquement pour laver les produits entrant et qui a une faible concentration de DBO peut être simplement filtrée au lieu de subir un traitement complet. La même règle vaut pour l'eau de décongélation du congélateur.

Concrètement, dans le blanchiment sur tapis avec refroidissement à l'eau, l'eau provenant de la première enceinte de la section de refroidissement, c'est-à-dire immédiatement après le blanchiment, qui est chaude, est réutilisée dans la section de préchauffage avant le blanchiment. Dans cet exemple, le système récupère de la chaleur et la consommation d'eau baisse grâce à la recirculation. On note également que certaines eaux de blanchiment des fruits et légumes peuvent servir au nettoyage préliminaire des tunnels de congélation.

L'eau du blanchiment et l'eau de la phase de refroidissement après le blanchiment peut servir à laver les matières premières sans être traitée.

L'eau utilisée pour faire bouillir les fruits et légumes peut également servir au lavage des matières premières, sans être traitée.

On note que l'eau de refroidissement des boîtes et des bocaux dans la mise en conserve des fruits et légumes peut servir à refroidir l'eau après la stérilisation des boîtes et des bocaux, au lavage des matières premières, au lavage des fruits et légumes pelés, pour chauffer l'eau froide utilisée dans le blanchiment, ou comme eau de nettoyage.

On note également que l'eau issue des procédés de stérilisation peut servir à prélever les matières premières. Si cette eau est chauffée, elle risque de nuire à la durée de conservation des aliments en favorisant la croissance bactérienne. L'eau chauffée peut servir au lavage si les fruits et légumes sont soumis à un procédé thermique en aval.

Après le traitement biologique et la chloration des eaux usées, l'eau peut servir à nettoyer les sols.

Après le traitement biologique, l'OI et la désinfection UV, l'eau peut servir à des applications qui exigent de l'eau potable. Un exemple rapporte que l'eau est réutilisée pour laver les salades (voir la section 4.5.7.3.4).

Domaines d'application

Applicable dans les installations anciennes et nouvelles. Une meilleure réutilisation de l'eau dans les installations existantes, à l'aide d'équipements qui seront remplacés à terme par des MTD, peut permettre de réutiliser l'eau pour minimiser l'impact environnemental des équipements existants.

Arguments motivant la mise en application

Moindre consommation d'eau et, dans certains cas, moindre consommation d'énergie.

Bibliographie de référence

[31, VITO, et al., 2001, 200, CIAA, 2003]

4.7.4 Huiles et graisses végétales

4.7.4.1 Extraction bi-phase de l'huile d'olive

Description

La production de l'huile d'olive est traditionnellement l'une des principales sources de pollution industrielle dans les régions de cette activité, comme en Andalousie en Espagne. Dans la transformation traditionnelle de l'huile d'olive, à savoir la production tri-phase, l'extraction des fruits d'olive génère trois flux : le flux huileux, le flux aqueux et le flux solide.

Le flux huileux est l'huile vierge. Son débit de production atteint 200 kg/t d'olives s'il est obtenu en séparation continue par des décanteurs centrifuges, ou 150 kg/t en utilisant des presses à olives.

Les déchets aqueux, à savoir les eaux usées, parfois appelés « eau végétale » ", sont très pollués. Leur volume est fonction de la technique appliquée mais, en général, une tonne d'olives transformées donne un m³ d'eaux usées. La pollution spécifique est estimée autour de 65 kg de DBO₅/t d'olives transformées. Au début des années quatre-vingt-dix, les eaux usées générées par une campagne de 100 jours représentaient environ le même volume d'eau que celui rejeté par la population totale de l'Andalousie pour l'année entière. A cette époque, seules les presses classiques et la séparation continue tri-phase par décanteur centrifuge étaient utilisées.

Les déchets solides se divisent en deux grandes parties, à savoir les noyaux ou graines, et le grignon / le marc d'huile brute. Les noyaux s'accumulent dans les installations où sont produites les olives dénoyautées ou les olives de table farcies. Ils peuvent servir de combustible de chauffage, de matériaux de construction, ou pour le charbon de bois activé. Il reste toujours un peu d'huile dans le grignon d'olive issu de la première pression des olives, qui peut être extraite.

Sa teneur en eau et sa composition varient selon la technique d'extraction employée. Si sa transformation s'arrête là, ce grignon est souvent utilisé comme combustible de chauffage, comme complément d'alimentation animale ou bien renvoyé dans l'oliveraie sous forme de débris végétaux pour traiter le sol.

Dans une nouvelle technique mise en place pour la première fois en 1991 – 1992, on modifie les décanteurs centrifuges pour que les olives (mêlées) écrasées soient séparées en deux phases, une phase huileuse et une phase solide. Cette technique n'a pas besoin d'eau dans le mélange d'olive. En 2000, pratiquement tous les moulins à huile d'olive d'Andalousie s'étaient convertis au procédé bi-phase.

La Figure 4.94 compare l'étendue de l'adoption des procédés bi-phase et tri-phase en Andalousie.

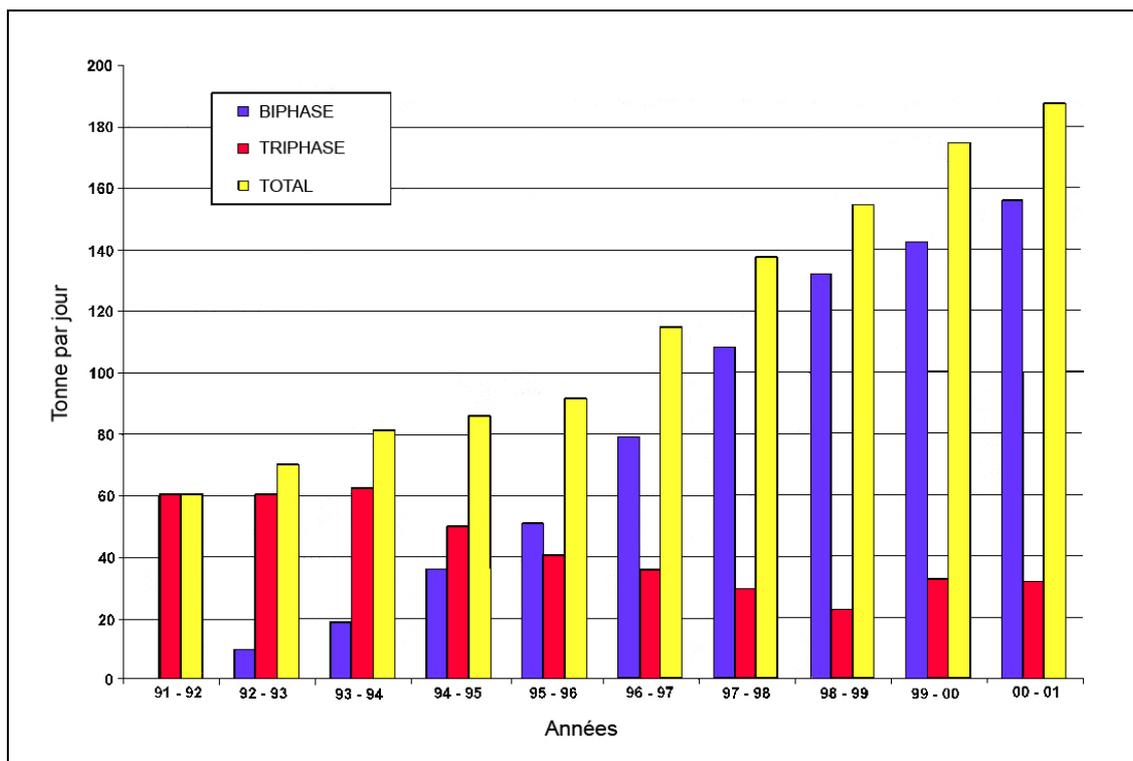


Figure 4.94 : Procédés d'extraction de l'huile d'olive bi-phase et tri-phase [86, Junta de Andalucia and Agencia de Medio Ambiente, 1994]

Arguments motivant la mise en application

La phase d'extraction du procédé bi-phase économise de l'eau. Le volume d'eaux usées et sa charge de contaminants sont également réduits. Les économies d'eau sont particulièrement sensibles parce que les olives sont cultivées et transformées dans des régions peu pluvieuses. L'emplacement rural d'un nombre important d'activités implique également que l'accès aux SEEUM est difficile. Les déchets solides plus humides sont jugés moins problématiques que les eaux usées produites par le procédé tri-phase.

Interactions entre les milieux

Les déchets solides, comme le grignon ou le marc (« alpeorujo » en espagnol) sont produits en plus grandes quantités qu'avec le procédé tri-phase, et ils contiennent entre 7 et 21 % plus d'eau. Après avoir extrait encore de l'hexane, on obtient le grignon d'olive dit « épuisé » qui sert souvent de combustible de chauffage, de complément à l'alimentation animale ou qui est renvoyé dans les oliveraies comme débris végétales. Le grignon d'olive épuisé est normalement séché avant sa mise en décharge. La demande en énergie et le coût du séchage sont plus élevés. Par ailleurs, le séchage est également plus difficile en raison de la teneur élevée du « alpeorujo » en eau, polysaccharides et polyphénols.

Données d'exploitation

La phase d'extraction du procédé bi-phase ne nécessite pas d'eau et, par conséquent, aucun traitement n'est requis. Les économies d'énergie s'élèvent à 20 %. Le volume et la charge polluante des eaux usées reculent. Dans le procédé traditionnel, la transformation d'une tonne d'olives générerait environ 1 m³ d'eaux usées d'une teneur moyenne en DBO₅ de 60 000 mg/l. Le volume d'eaux usées produites avec la technique bi-phase avoisine 0,3 m³/tonne d'olives, avec une DBO₅ moyenne de 20 000 mg/l, soit une charge polluante de 1/10. Comme l'opération d'extraction ne nécessite pas d'eau, les entreprises enregistrent également des économies d'eau.

La manipulation du grignon d'olive est difficile. Il présente un taux d'humidité plus élevé que le grignon traditionnel et il n'est pas accepté par les installations d'extraction traditionnelles. On note en outre qu'il est moins rentable d'extraire de l'huile à partir du grignon en raison de sa plus faible teneur en huile qu'avec les méthodes traditionnelles ou tri-phase. On a constaté que le compostage est une solution dans tous les cas. On note que son utilisation comme biocombustible constitue un débouché si une masse critique de grignon d'olive est atteinte, ce qui n'est pas le cas avec des installations individuelles dispersées et isolées.

Les rendements des procédés d'extraction d'huile d'olive bi-phase et tri-phase sont comparés dans le Tableau 4.188.

		Procédé bi-phase		Procédé tri-phase	
		Données de projet IMPEL	Données espagnoles	Données de projet IMPEL	Données espagnoles
Entrée	Olives (t)	1	1	1	1
	Eau (t ou m³)	0	0	0,5	0,7 – 1
Sortie	Huile (t)	0,18	0,2	0,18	0,2
	Eaux usées (t ou m³)	0	0	0,72	1 – 1,2
	Marc (t)	0,82	0,8	0,60	0,5 – 0,6
	Polluants organiques (par tonne d'huile d'olive produite)	1,5 (comme marc)	27 (comme eaux usées et marc)	1,5 (comme eaux usées et marc)	27 (comme marc)

Tableau 4.188 : Comparaison des rendements des procédés d'extraction d'huile d'olive bi-phase et tri-phase

L'extraction bi-phase de l'huile d'olive ne requiert pas d'eau chaude. On note que la consommation énergétique des deux systèmes est inférieure à < 90 – 117 kWh/t. Par ailleurs, les deux systèmes consomment le même volume d'eau de lavage, soit 0,08 – 0,3 m³/t d'olives. Cette consommation d'eau est indépendante du procédé d'extraction, bien que dans certains cas, elle soit mélangée aux eaux usées ou au marc humide provenant du procédé d'extraction. Certains moulins n'utilisent pas d'eau de lavage car ils récoltent les olives directement sur l'arbre.

En Espagne, les rendements globaux communiqués pour l'extraction bi-phase et tri-phase de l'huile d'olive, pour la campagne 2004 – 2005, s'élèvent respectivement à 20,68 et 20,29 %.

Domaines d'application

Les décanteurs centrifuges tri-phase existants peuvent être transformés pour fonctionner en bi-phase. Les séchoirs de marc utilisés à l'origine pour l'extraction tri-phase sont inadaptés au séchage du marc produit à l'aide de la technique bi-phase. Par rapport au marc produit par l'extraction tri-phase, le marc provenant de l'extraction bi-phase contient beaucoup plus d'humidité et de polluants organiques. Si le marc d'extraction bi-phase n'est pas séché dans des conditions appropriées, l'huile extraite de ce marc peut contenir des niveaux PAH dépassant ceux autorisés par la réglementation sur la sécurité alimentaire (RÉGLEMENTATION DE LA COMMISSION (EC) N° 208/2005 datée du 4 février 2005 modifiant la Réglementation (EC) N° 466/2001 en matière d'hydrocarbures aromatiques polycycliques (texte concernant l'EEA)).

Données financières

Les entreprises réalisent des économies sur les factures d'eau, d'énergie et de traitement des eaux usées. Les décanteurs centrifuges destinés à la séparation bi-phase coûtent approximativement le même prix que ceux utilisés dans la séparation tri-phase. Le séchoir de grignon / marc peut être plus onéreux que le décanteur centrifuge, mais ces dépenses peuvent être prises en charge par plusieurs petites exploitations voisines. Les frais de remplacement des « séchoirs tri-phase » par des « séchoirs bi-phase » risquent d'être prohibitifs pour les petites installations isolées, en raison des économies d'échelle et / ou faute de pouvoir partager ces frais entre plusieurs exploitations voisines.

Les coûts d'exploitation d'un exemple d'installation d'extraction ont été réduits de 12 – 24 EUROS/t d'huile d'olive produite. En Andalousie, 30 % des olives ont été transformées avec la nouvelle méthode dans les deux premières années. On a estimé que pendant les campagnes 1992/93 et 1993/94, les investissements ont atteint respectivement 1,150 milliard d'ESP (environ 6,9 millions d'EUROS) et 7,200 milliards d'ESP (environ 43,3 millions d'EUROS).

Arguments motivant la mise en application

Conformité avec les réglementations sur les rejets des eaux usées pour un secteur en développement. Aide financière publique accordée à la gestion des déchets solides produits.

Le Tableau 4.189 récapitule les avantages et inconvénients de la méthode bi-phase par rapport aux systèmes traditionnels.

Avantages	Inconvénients
Production d'effluents liquides plus basse	Un certain volume d'eaux usées est encore fortement contaminé (DBO de 20 000 mg/l), ce qui exige un traitement
Économies d'eau	La teneur en eau des déchets solides est beaucoup plus élevée
Recul des coûts de production	Coûts de stockage et de transport des déchets solides plus élevés
Production d'huile d'olive accrue (rendement plus élevé et moins de sous-produits)	Coûts de séchage des déchets solides plus élevés
Faibles coûts de modernisation des systèmes existants et facilité d'exécution.	La teneur en sucre accrue des déchets solides risque de poser des problèmes de séchage à cause de la caramélisation

Tableau 4.189 : Avantages et inconvénients de la séparation bi-phase comparés au système tri-phase dans la production d'huile d'olive

Exemples de site

Pratiquement l'ensemble des installations d'huile d'olive en Espagne, plus de la moitié en Croatie. Autour de 25 % des entreprises d'extraction d'huile d'olive en Europe.

Bibliographie de référence

[86, Junta de Andalucía and Agencia de Medio Ambiente, 1994, 142, IMPEL, 2002, 211, IMPEL, 2003, 212, The olive oil source, 2004, 251, EC, 2005, 252, Greece, 2005, 253, Spain, 2005]

4.7.4.2 Désolvanteur-toasteur à contre-courant (DT) utilisé dans l'extraction de l'huile végétale

Description

Une fois l'huile extraite, le tourteau contient entre 25 et 40 % de solvant. Le solvant est extrait par évaporation dans le désolvanteur-toasteur (DT) par vapeur directe et indirecte. La cuve du DT présente plusieurs plateaux de prédésolvantation et de désolvantation / extraction. A la sortie de l'extracteur, le tourteau pénètre dans le DT par le haut et arrive au premier plateau de prédésolvantation. Les plateaux de prédésolvantation sont chauffés uniquement par vapeur indirecte qui enlève le solvant de surface. Cette configuration réduit la quantité d'eau condensée

sur le tourteau sur les sections d'extraction, diminuant simultanément l'apport énergétique requis par la phase séchage qui suit.

On introduit ensuite directement de la vapeur dans le dispositif par un plateau de vapeur de rinçage placé au fond du DT. La vapeur monte et traverse les couches de tourteau sur chaque plateau. En se condensant sur le tourteau, la vapeur extrait une grande partie de l'hexane présent dans le tourteau. Le DT est doté d'un véritable contre-courant de vapeur de rinçage vive et de tourteau. La consommation de vapeur est réduite à un minimum par le flux à contre-courant et l'utilisation de plateaux de prédésolvantation. Les vapeurs provenant des plateaux d'extraction et des plateaux de prédésolvantation sont mélangées dans la cuve du DT puis réutilisées dans une autre opération du procédé d'extraction comme chauffage dans la distillation du miscella après lavage (voir la section 4.7.4.3). En rentrant en contact avec le tourteau, ce dernier est également toasté. Le procédé de toastage inactive les enzymes, ce qui permet au tourteau destiné à l'alimentation animale de conserver ses protéines et d'améliorer sa digestibilité.

La Figure 4.95 représente le schéma de principe du DT à contre-courant.

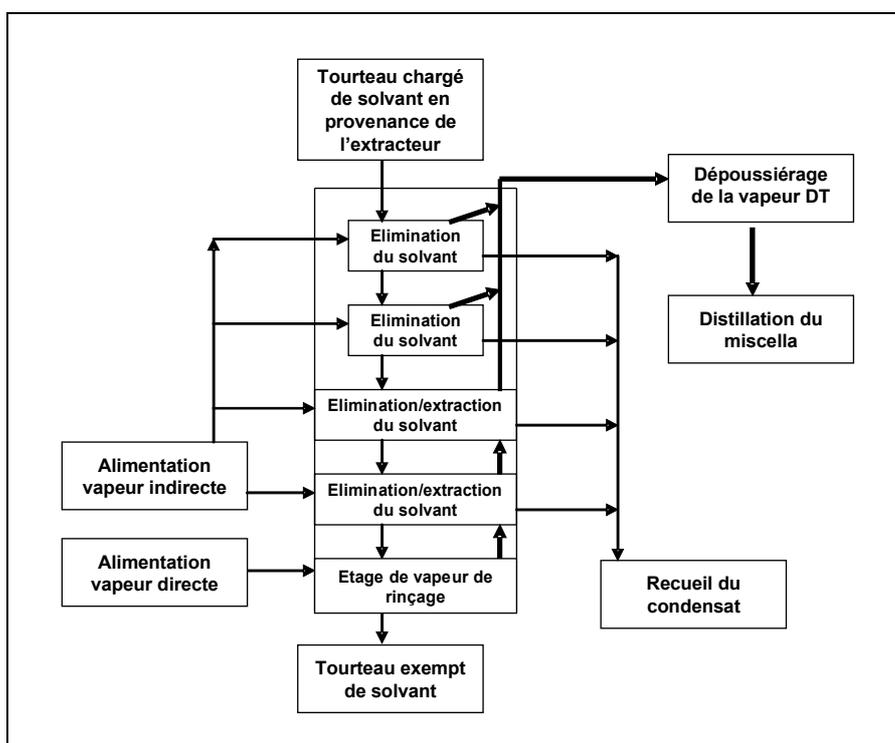


Figure 4.95 : Schéma de principe du DT à contre-courant

Arguments motivant la mise en application

Diminution des pertes de solvant à l'intérieur du tourteau et dans l'environnement. Moindre consommation de vapeur destinée aux procédés de désolvantation et séchage du tourteau. Moindre volume d'eaux usées. Valorisation plus équilibrée de la chaleur et du système de distillation du miscella, réduisant ainsi les besoins en eau de réseau froide et chaude.

Données d'exploitation

Normalement, la consommation énergétique est exprimée globalement pour le DT et l'opération de séchage en aval. À titre d'exemple, la prédésolvantation de l'étage supérieure par vapeur indirecte permet de réduire le volume d'eau qui se condense sur le tourteau aux sections d'extraction, par rapport à la méthode par vapeur directe. La phase de séchage du tourteau consomme à son tour moins d'énergie. Le Table 4.190 indique les consommations d'énergie du DT et de l'opération de séchage en aval dans l'extraction des graines oléagineuses.

Vapeur de chauffage	15,55 – 31,11	kWh/t
	56 – 112	MJ/t
	20 – 40	kg/t
Vapeur d'extraction	54,44 – 116,66	kWh/t
	196 – 420	MJ/t
	70 – 150	kg/t
Électricité pour entraînement du DT	2 – 5	kWh/t
	7 – 18	MJ/t

Table 4.190 : Consommations d'énergie du DT et de l'opération de séchage en aval dans l'extraction des graines oléagineuses

On a constaté que le flux à contre-courant permet à l'exploitant de conserver des niveaux de solvant résiduel acceptables dans le tourteau qui quitte le DT, de réduire à un minimum les pertes en hexane ainsi que la température du mélange de vapeur quittant le DT en même temps. Les vapeurs plus chaudes font augmenter la consommation de vapeur indirecte.

Les vapeurs du DT sont réutilisées dans le premier évaporateur du système de distillation du miscella (voir la section 4.7.4.3). L'évaporation finale et l'extraction sont réalisées avec de la vapeur. Le condensat mixte d'eau et d'hexane est séparé dans un séparateur solvant-eau. L'hexane est réutilisé et les eaux usées sont rejetées dans la SEEU. Les eaux usées contiennent uniquement de la DCO et de l'azote Kjeldahl.

Domaines d'application

Adapté aux installations anciennes et nouvelles. Ce système est facile à se procurer et il offre une bonne fiabilité d'exploitation.

Données financières

Coûts d'investissements initiaux élevés. Réduction des dépenses énergétiques liées à l'installation d'extraction.

Arguments motivant la mise en application

Potentialité de réduire les niveaux de solvant résiduel dans le tourteau. Baisse des coûts d'exploitation de l'installation. Sécurité du travail améliorée. Sûreté opérationnelle des procédés en aval. Conformité aux réglementations contrôlant les COV.

Bibliographie de référence

[141, FEDIOL, 2002]

4.7.4.3 Réutilisation des vapeurs du DT dans la distillation du miscella dans l'extraction de l'huile végétale

Description

Le DT extrait l'hexane du tourteau (voir la section 4.7.4.2). Les vapeurs générées par le DT (mélange vapeur/hexane) sont acheminées vers la première étape du pré-évaporateur de distillation du miscella pour fournir une source thermique, récupérant ainsi de l'énergie. Le schéma de principe de l'intégration de la chaleur de vapeurs dans le DT est illustré dans la Figure 4.96.

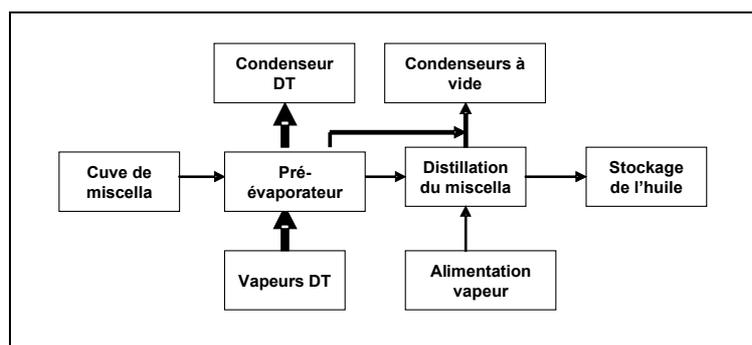


Figure 4.96 : Schéma de principe de l'intégration de la chaleur de vapeurs dans le DT

Arguments motivant la mise en application

Réduction de la consommation d'énergie et de solvant.

Données d'exploitation

Les économies énergétiques communiquées pour le procédé d'extraction s'élèvent environ à 37,5 kWh/t (135 MJ/t) (60 kg de vapeur/t) de graines. On économise de l'énergie également en réduisant la charge thermique supportée par le dispositif d'eau de refroidissement de l'installation.

Dans le pré-évaporateur, la concentration de miscella (% huile dans le mélange hexane / huile) passe de 20 – 30 % à 60 – 75 %. Concrètement, lors de la transformation du soja, la configuration du pré-évaporateur permet d'évaporer environ 0,4 tonne d'hexane par tonne de graines en utilisant la chaleur résiduelle produite par les vapeurs du DT. Ceci permet d'extraire une quantité importante de solvant non traité. La réutilisation de la valeur énergétique réduit la charge thermique allant vers le condensateur du DT. Les besoins en vapeur de la distillation du miscella en aval reculent également.

Domaines d'application

Largement applicable dans l'extraction des graines oléagineuses huile. Ce système est facile à se procurer et il offre une bonne fiabilité d'exploitation.

Données financières

Coûts d'investissements initiaux élevés. Réduction des dépenses énergétiques liées à l'installation d'extraction.

Arguments motivant la mise en application

Optimisation de l'équilibre énergétique de la distillation du miscella. Sécurité du travail améliorée. Sûreté opérationnelle des procédés en aval. Respect des programmes d'économies d'énergie nationaux.

Bibliographie de référence

[141, FEDIOL, 2002]

4.7.4.4 Rétutilisation de la chaleur dans le durcissement des huiles végétalesDescription

La réaction d'hydrogénation qui intervient pendant le durcissement des huiles qui se transforment en matières grasses destinées à la cuisine, à la table et à la fabrication de savon est un procédé exotherme. La réaction produit une chaleur de 41.67 - 152.78 kWh/t (150 – 550 MJ/t) de matières source. La chaleur générée est fonction des matières source, ainsi que des spécifications et de la gamme du produit ; si on fabrique par exemple peu de produits hydrogénés, on générera moins de vapeur. Cette chaleur sert à chauffer le produit à la température de réaction désirée et générer de la vapeur durant la phase ultérieure de la réaction.

Arguments motivant la mise en application

Moindre consommation énergétique, par exemple par un rendement amélioré en récupérant la chaleur. Réduction des émissions issues de la production d'énergie.

Données d'exploitation

Dans une raffinerie d'huile comestible, la vapeur générée est introduite à 350 000 Pa (3,5 bars) dans la conduite principale de l'installation, ce qui réduit la consommation de vapeur primaire globale. On a noté que la production énergétique (vapeur) s'élevait à 25 – 125 kWh/t (90 – 450 MJ/t) (40 – 200 kg/t) d'huile non raffinée. En outre, en utilisant l'énergie exotherme de l'hydrogénation, le site sélectionné obtient une réduction comprise entre 5 et 10 % de la consommation d'énergie primaire.

Domaines d'application

Largement applicable et exploitation fiable. Les points suivants peuvent limiter ses domaines d'application :

- Proportion de produit qui demande une hydrogénation
- Stratégie d'alimentation énergétique existante au niveau global, par exemple l'alimentation externe
- Mélange d'énergie existant dans l'installation au niveau global, par exemple le rapport électricité - vapeur
- Type d'accords énergétiques signés avec les fournisseurs / consommateurs externes.

Données financières

Budget d'investissements supplémentaire. Moindre coûts d'exploitation grâce à une production réduite de vapeur.

Arguments motivant la mise en application

Gestion énergétique de précaution.

Bibliographie de référence

[65, Germany, 2002, 185, CIAA-FEDIOL, 2004]

4.7.4.5 Laveur à l'huile minérale pour récupérer l'hexane

Description

Les vapeurs d'hexane et les vapeurs émises par le désolvantier-toasteur, la distillation du miscella, le rebouilleur et la colonne d'extraction du système à huile minérale traversent toutes un condenseur. Les composants que le condenseur ne peut pas traiter, comme les très faibles volumes d'air d'évacuation avec des traces d'hexane, sont absorbés par un laveur à huile minérale.

Le laveur à huile minérale se compose d'une colonne d'absorption où une huile minérale froide de qualité alimentaire absorbe l'hexane. L'huile minérale chargée d'hexane traverse ensuite une colonne d'extraction à vapeur pour récupérer l'hexane. L'huile minérale est refroidie et réutilisée dans la colonne d'absorption.

Les vapeurs d'hexane et les vapeurs produites par la colonne d'extraction sont condensées dans le condenseur. Le condensat hexane – eau est ensuite introduit dans le séparateur hexane – eau. Les eaux usées sont décantées dans le séparateur hexane – eau et l'hexane est recirculé vers le procédé d'extraction. Ce procédé est illustré dans la Figure 4.97.

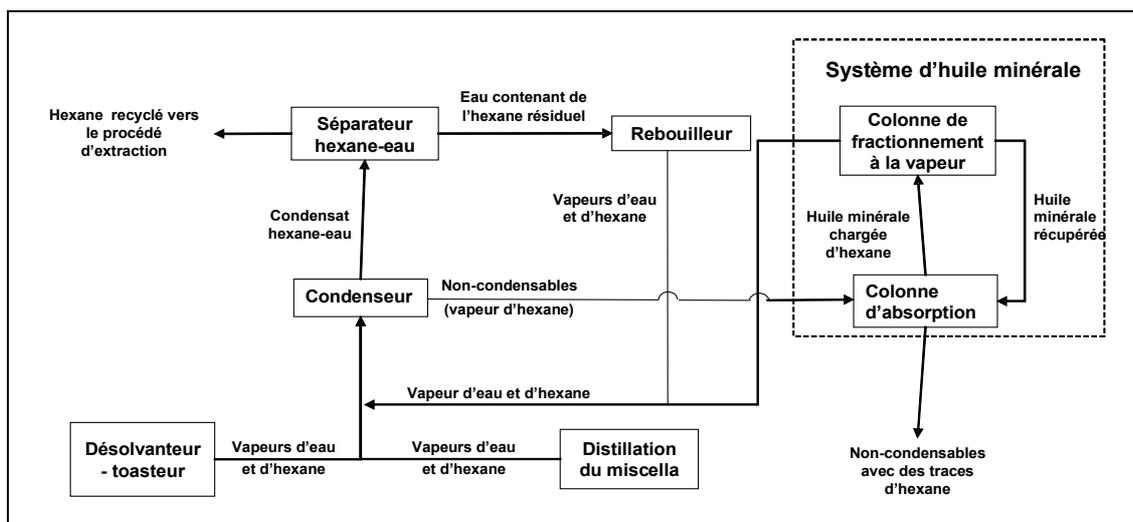


Figure 4.97 : Système à l'huile minérale et stades de procédé correspondants [141, FEDIOL, 2002]

Arguments motivant la mise en application

Récupération de l'hexane pour sa réutilisation et réduction des niveaux d'émissions de COV.

Interactions entre les milieux

Hausse de la consommation énergétique essentiellement due au chauffage de l'huile minérale, à l'utilisation de vapeur d'extraction et au pompage électrique de l'huile.

Données d'exploitation

On peut obtenir des concentrations d'émissions d'hexane inférieures à la limite d'explosion, par exemple 40 g/m³ environ. La consommation énergétique revient à 25 kg de vapeur / tonne de graines et à 0,5 kWh / tonne de graines.

Domaines d'application

Adapté aux installations anciennes et nouvelles. Bonne fiabilité d'exploitation et facile à se procurer.

Données financières

Les coûts d'investissements sont élevés et les installations enregistrent des coûts d'exploitation supplémentaires dus à une augmentation de la consommation énergétique. La récupération de l'hexane fait faire des économies.

Arguments motivant la mise en application

Sûreté du travail améliorée, récupération et réutilisation de l'hexane, respect de la réglementation qui contrôle les émissions de COV. L'huile minérale de qualité alimentaire est actuellement le meilleur liquide d'absorption.

Bibliographie de référence

[141, FEDIOL, 2002]

4.7.4.6 Récupération de l'hexane à l'aide d'un rebouilleur et d'un séparateur par gravité

Description

Le procédé d'extraction de l'huile utilise comme solvant de l'hexane. Il en résulte une vapeur riche en hexane qui se condense pour former de l'eau de procédé contenant de l'hexane à des températures de 50 °C. La plus grande partie de l'hexane non dissous est séparé à l'aide d'un séparateur par phase gravitationnelle, à savoir un séparateur hexane - eau.

Tout solvant résiduel présent dans la phase aqueuse du séparateur hexane – eau est séparé par distillation en chauffant la phase aqueuse à 80 – 95 °C dans le rebouilleur. Les vapeurs hexane – eau générées sont condensées avec les vapeurs provenant de l'opération de distillation du miscella. Les matières gazeuses incondensables des vapeurs sont traitées dans le laveur à huile minérale en aval du condenseur qui absorbe l'hexane résiduel (voir la section 4.7.4.5).

Le procédé d'extraction utilise tout l'hexane récupéré. Une fois bouillie, l'eau pratiquement exempte d'hexane est véhiculée dans le circuit des eaux usées. Cette technique élimine également les risques d'explosion posés par les déchets riches en solvant dans le système de traitement des eaux usées en aval. Le procédé est illustré dans la Figure 4.98.

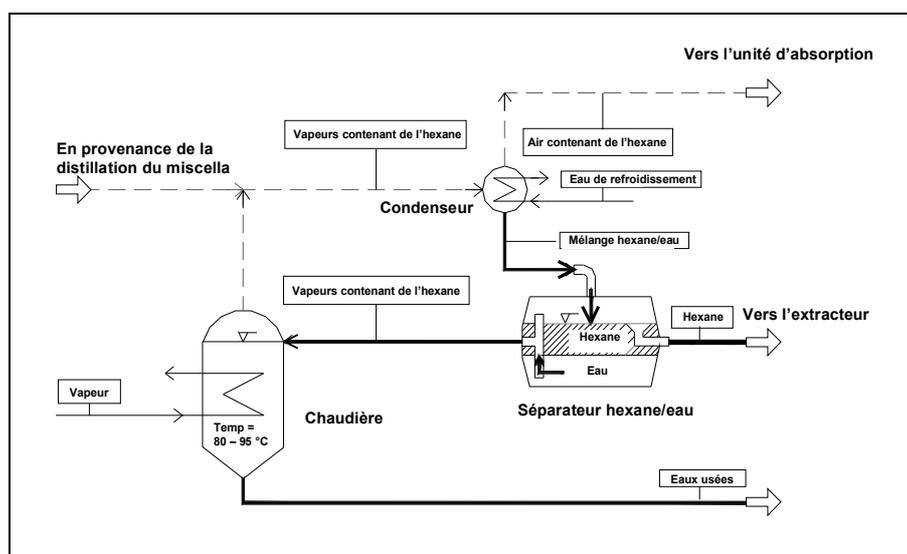


Figure 4.98 : Schéma de principe de la récupération d'hexane dans l'eau de procédé des installations d'extraction d'huiles végétales non raffinées

Arguments motivant la mise en application

Consommation et émission d'hexane réduites. Le système de traitement des eaux usées est protégé contre les mélanges hexane – air explosifs. Réduction à un minimum des pertes de solvant et des charges de DCO / DBO dans les eaux usées.

Interactions entre les milieux

Augmentation de la production thermique. Hausse de la température des eaux usées.

Données d'exploitation

La vapeur est consommée à un débit de 0,778 kWh/m³ d'eau (1 kg/m³). La teneur des eaux usées en hexane est inférieure à 3 mg/l. La récupération de l'hexane s'élève à 5 kg/t de graines.

Domaines d'application

Application universelle et facile à se procurer, sans aucune restriction. L'exploitation de ce système est très fiable grâce à la conception multi-stade, le contrôle de la température et la surveillance.

Données financières

Réduction des coûts grâce à des pertes plus faibles d'hexane et hausse des coûts par les besoins énergétiques accrus.

Arguments motivant la mise en application

Cette méthode permet de sécuriser l'installation, de respecter les valeurs-plafonds locales en matière d'hydrocarbures et de se conformer aux exigences sur la rétention des solvants, y compris la réglementation sur les COV, à savoir la directive EC/99/13 et les réglementations nationales concernées.

Bibliographie de référence

[65, Germany, 2002, 141, FEDIOL, 2002, 189, Bockisch M, 1993]

4.7.4.7 Raffinage des huiles végétales

Les huiles comestibles brutes contiennent différents types de substances indésirables, par exemple entre 0,5 et 7,0 % d'AGL, de gommes (également désignées sous le nom de phosphatides, phospholipides ou lécithine), des traces de métaux, des composants colorants et des composants volatils. On élimine les AGL (< 0,1 % AGL dans l'huile raffinée) par un raffinage chimique ou physique.

4.7.4.7.1 Raffinage chimique

Description

Avec la neutralisation chimique, on ajoute de la soude caustique à 75 – 110 °C pour saponifier les AGL, précipiter les savons dans la phase aqueuse dense puis les extraire de cette phase, appelée pâte de neutralisation, par sédimentation ou centrifugation. L'extraction des gommés non-hydratables et des acides phosphatides peut être intégrée dans ce procédé lors d'une étape d'acidification précédente, c'est-à-dire en utilisant de l'acide phosphorique ou citrique (voir la description du dégommage à la section 2.2.4.2).

Ensuite, la pâte de neutralisation peut être transformée en huiles acides par fractionnement, ou bien elle peut être vendue à un tiers ; dans le cas d'une installation intégrée, on peut la recycler dans le procédé. Lors du fractionnement de la pâte de neutralisation, les savons d'acides gras réagissent avec l'acide sulfurique pour recréer des acides gras. Le procédé peut être continu ou intermittent. Le milieu de réaction est chauffé jusqu'à 70 – 100 °C pour accélérer la vitesse de réaction et améliorer la séparation de la phase huileuse supérieure de la phase aqueuse inférieure. Selon la quantité de phosphatides toujours présents dans l'huile brute entre la phase aqueuse et les acides gras, une couche intermédiaire de phosphatides peut se former. Le raffinage chimique des huiles végétales est illustré dans la Figure 4.99.

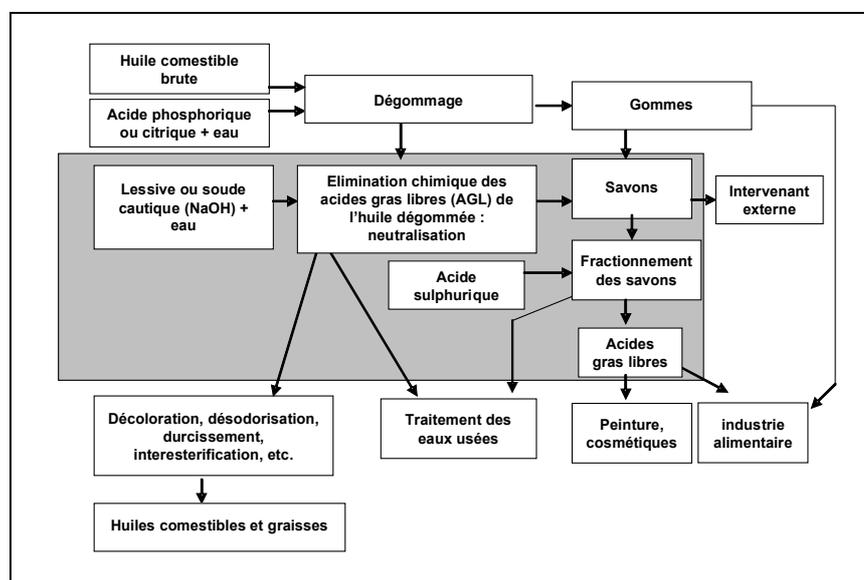


Figure 4.99 : Schéma de principe du raffinage chimique des huiles végétales

Arguments motivant la mise en application

Extrait et récupération des AGL. Forte potentialité de récupération et de valorisation des sous-produits pour l'alimentation animale ou pour des applications techniques dans d'autres industries. Besoins réduits en terre décolorante.

Interactions entre les milieux

Le traitement des eaux usées voit sa complexité accrue car la charge en phosphore destiné au fractionnement de la pâte de neutralisation est accrue si l'acide phosphorique est utilisé pour le dégommage. Augmentation de la charge DCO / DBO destinée au fractionnement de la pâte de neutralisation. Utilisation d'acide citrique pour le dégommage et augmentation de la charge de sulfate.

Données d'exploitation

On a constaté que la consommation de produits chimiques dépend de la composition des matières premières et que la quantité requise peut diminuer en mélangeant mécaniquement les substances chimiques et les huiles / graisses. A titre d'exemple, la plus grande partie des huiles brutes contiennent entre 0,5 et 3,0 % d'AGL, mais d'autres, comme l'huile de palmier brute et l'huile de graines de palmier, l'huile d'olive et l'huile de noix de coco contiennent jusqu'à 7 % d'AGL et elles consomment davantage d'agents chimiques.

Le Tableau 4.191 donne les consommations et les niveaux d'émissions liés au raffinage chimique des huiles végétales.

Paramètre	Données générales	Exemple allemand
Soude caustique (100 %) pour la neutralisation. La quantité est fonction de la teneur en AGL (maximum 3 %)	1 – 6 kg/t d'huile	
Vapeur pour la neutralisation et le fractionnement des savons. La quantité est fonction de la teneur en phosphatide et en eau	117 kWh/t de savon (150 kg/t) Extraction d'AGL	117 kWh/t d'huile non raffinée (150 kg/t)
	156 – 778 kWh/t savon (200 – 1 000 kg/t savon) Fractionnement de la pâte de neutralisation	
Acide phosphorique (75 %) pour le dégommage *. La quantité est fonction de la teneur en phosphatide	0.8 – 5 kg H ₃ PO ₄ /t d'huile	
Acide sulfurique (96 %) pour le fractionnement de la pâte de neutralisation **. La quantité est fonction de la teneur en soude caustique	100 – 250 kg/t de savon	50 – 250 kg/t de savon
Eau de lavage de l'huile	50 – 300 l/t de savon	200 kg/t d'huile non raffinée
Électricité	5 – 15 kWh/t d'huile (18 – 54 MJ/t)	
Eaux usées		
Volume		Jusqu'à 0,3 m ³ /t d'huile non raffinée
DCO		Jusqu'à 15 000 mg/l
Sulphate		Jusqu'à 15 000 mg/l
Phosphore organique		Jusqu'à 2 000 mg/l
* Si, à la place de l'acide phosphorique, on utilise de l'acide citrique, il y a risque d'un empoisonnement du catalyseur d'hydrogénation (Ni) par des traces d'acide citrique, ce qui réduirait le débit des procédés en aval.		
** Pour réduire la teneur en sulfate des eaux usées, il faut avoir recours au dosage optimal de l'acide sulfurique pendant le procédé de fractionnement de la pâte de neutralisation.		

Tableau 4.191 : Consommations et niveaux d'émissions liés au raffinage chimique des huiles végétales

Domaines d'application

Adapté aux installations anciennes et nouvelles. Cette technique convient aux huiles brutes avec une faible teneur en AGL, c'est-à-dire < 3 %. Elle est facile à se procurer et présente une bonne fiabilité d'exploitation pour un large éventail de matières premières et de produits.

Données financières

La forte potentialité de récupération des sous-produits fait faire des économies. Dépenses associées à l'achat des équipements de manutention, de traitement et d'opération de l'eau acide.

Arguments motivant la mise en application

Produit de meilleure qualité, qui se traduit par une réduction des AGL, une durée de conservation plus longue et un procédé plus fiable. Cette technique s'adresse à un vaste éventail de matières premières et de produits.

Bibliographie de référence

[65, Germany, 2002, 141, FEDIOL, 2002]

4.7.4.7.2 Raffinage physique

Description

Il est possible d'extraire tous les AGL présents dans l'huile par distillation dans un désodoriseur. On peut réaliser un prétraitement physique pour abaisser la teneur en phospholipide en ayant recours au procédé de dégommeage et à la terre décolorante. Les AGL peuvent alors être extraits de l'huile physiquement prétraitée, avec de la vapeur sous vide chauffée à des températures de 250 °C. On peut omettre les procédés de neutralisation précédents car la neutralisation et la désodorisation sont associées et exécutées en continu, dans une unité à séquence unique ou multiple, avec des échangeurs thermiques intégrés et injection de vapeur d'extraction. A cette phase succède directement un laveur qui condense la plus grande partie des graisses contenues dans la vapeur comme produit sans eau. Cette opération est généralement réalisée, mais elle est fonction des matières premières et des produits, et si l'huile à raffiner est riche en AGL et pauvre en phospholipide. Le dispositif de lavage situé après le désodoriseur doit retirer une quantité beaucoup plus grande d'AGL que dans le cas d'une désodorisation simple.

Arguments motivant la mise en application

Récupération d'AGL fortement concentrés. La consommation de produits chimiques diminue puisqu'il n'y a pas de phase de neutralisation chimique, donc pas d'utilisation de soude caustique ou d'acide sulfurique (pour une raffinerie autonome). Le raffinage physique donne un meilleur rendement d'huile, consomme moins d'eau et produit moins d'eaux usées. Moindre concentration de graisses, de sulfate et de phosphate dans les eaux usées.

Interactions entre les milieux

La consommation de terre décolorante est jusqu'à quatre fois plus importante que celle requise par le raffinage chimique. Consommation de vapeur d'extraction plus élevée que la méthode chimique.

Données d'exploitation

On peut récupérer une haute concentration d'AGL (jusqu'à 85 %). On note que la consommation de vapeur s'élève à 116,7 – 311 kWh/t d'huile (150 – 400 kg/t) et la consommation électrique à 15 – 40 kWh/t d'huile (54 – 144MJ/t).

Domaines d'application

Adapté aux nouvelles installations. Cette technique s'adresse aux huiles brutes avec une haute teneur en AGL, soit > 2 %, et une faible teneur en phospholipides avant le procédé de désodorisation, soit 10 ppm maximum. Elle est facile à mettre en œuvre et son exploitation est fiable.

Données financières

En comparaison avec le raffinage chimique, puisqu'il n'y a pas de phase de neutralisation chimique, ces coûts n'existent pas ; les frais de main-d'œuvre sont plus bas car il n'y a pas d'opération de fractionnement de la pâte de neutralisation. Les frais de traitement des eaux usées sont réduits car l'eau est moins polluée. Augmentation des frais liés à la consommation accrue de terre décolorante. Rendement de raffinage plus élevé que celui de la méthode chimique.

Arguments motivant la mise en application

Rendement de raffinage plus élevé, charge polluante plus faible et pas d'eau acide.

Bibliographie de référence

[65, Germany, 2002, 141, FEDIOL, 2002]

4.7.4.8 Remplacement de l'acide phosphorique par de l'acide citrique pour l'opération de dégommeage

Description

On peut remplacer l'acide phosphorique par de l'acide citrique pour l'opération de dégommeage, c'est-à-dire l'extraction de phosphatides / phospholipides / lécithines.

Le dégommeage peut être réalisé séparément ou être intégré au raffinage chimique, pendant la neutralisation (voir la section 4.7.4.7.1). L'huile dégommee, dont la teneur en phosphore est inférieure à 30 ppm, peut également servir à d'autres traitements dans les procédés de raffinage physique (voir la section 4.7.4.7.2).

Il existe deux types de gommes d'AGL : les gommes hydratables et les gommes non-hydratables. Les gommes hydratables peuvent être séparées de l'huile par brassage de l'huile avec de l'eau dans une centrifugeuse. On peut ensuite les ajouter au tourteau produit par une installation d'extraction de graines oléagineuses intégrée, avant de les transformer à nouveau pour obtenir de la lécithine de qualité alimentaire ou les vendre comme matières premières pour l'alimentation animale.

Si les gommes non-hydratables et les acides phosphatides sont d'abord acidifiés, on peut les séparer de l'huile brute en ajoutant de l'eau puis en les centrifugeant. Ce procédé s'appelle également le dégommeage acide. Le marché demande une huile raffinée d'une teneur en phosphore inférieure à 5 ppm. Le phosphore sera inévitablement présent dans les eaux usées à cause des résidus d'acide phosphorique et de la présence de phosphore lié organiquement, sous la forme de phosphatides. On note que ces phosphatides ne peuvent pas être éliminés par un prétraitement. Si l'acidification utilise de l'acide citrique au lieu de l'acide phosphorique, la charge de phosphore des eaux usées sera réduite. Le phosphore résultant de la teneur en phosphatides de l'huile brute ne diminuera pas en utilisant l'acide citrique. Toutefois, l'acide citrique augmente les charges de DCO et de DBO des eaux usées. la Figure 4.100 reprend le schéma de principe du dégommeage acide.

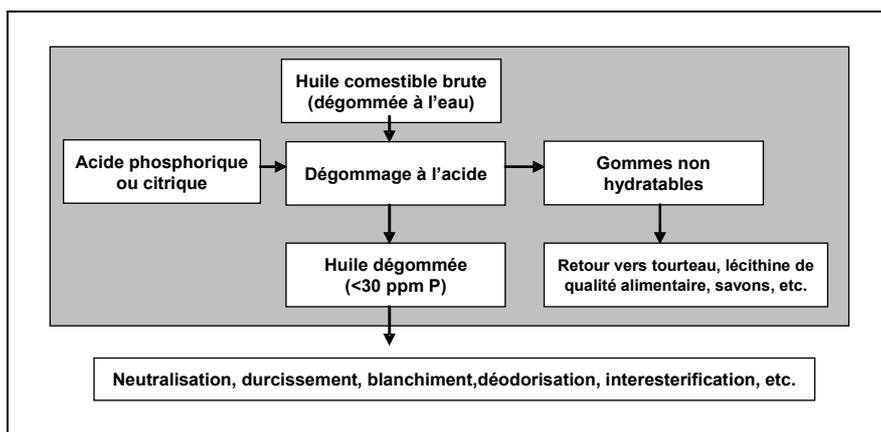


Figure 4.100 : Schéma de principe du dégommeage acide de l'huile végétale

Arguments motivant la mise en application

Les phosphatides peuvent subir des transformations supplémentaires pour devenir de la lécithine de qualité alimentaire comme sous-produit ou ajoutés au tourteau d'une installation intégrée qui réutilise les sous-produits. Moindre charge de phosphore dans les eaux usées. Légère réduction de boues.

Interactions entre les milieux

Charges de DCO et DBO accrues dans les eaux usées.

Données d'exploitation

Les rapports notent une réduction supérieure à 50 % de la charge de phosphore dans les eaux usées, en fonction de la gamme de produits. Ils notent également que l'utilisation d'un kg d'acide citrique génère une charge de DCO de 0,75 kg dans les eaux usées. La consommation d'acide citrique est nettement plus élevée que la consommation d'acide phosphorique. Le recours à l'acide citrique risque de nuire au dégommeage de certains types d'huile brute ayant une haute teneur en phosphatides.

On note que les phospholipides hydratables sont extraits à une température de 60 - 70 °C, alors que l'extraction des phospholipides non-hydratables demande des températures plus élevées, de l'ordre de 75 – 110 °C.

Domaines d'application

Cette technique est universellement applicable et adaptée aux installations anciennes et nouvelles. L'utilisation de l'acide citrique au lieu de l'acide phosphorique risque de réduire le rendement des procédés en aval. En outre, l'acide citrique résiduel peut empoisonner le catalyseur Ni pendant le procédé de durcissement si l'huile est destinée à la fabrication de margarine ; ce facteur peut peser dans le choix de l'acide destiné au dégommeage. Facile à obtenir, cette technique présente une exploitation fiable.

Données financières

Baisse des coûts de traitement des eaux usées. Hausse des dépenses en produits chimiques. Pour obtenir un bon dégommeage de l'huile brute, il faut jusqu'à cinq fois plus d'acide citrique que d'acide phosphorique. L'acide citrique a un poids moléculaire plus élevé et c'est un acide plus faible. Les sous-produits ont une valeur marchande.

Arguments motivant la mise en application

Réglementation plus sévère sur la qualité des eaux usées. La valeur des sous-produits, comme les phospholipides, peut peser dans le choix entre le dégommeage séparé et l'extraction des AGL avec dégommeage intégré.

Bibliographie de référence

[65, Germany, 2002, 141, FEDIOL, 2002, 189, Bockisch M, 1993]

4.7.4.9 Dégommeage enzymatique

Description

Pour raffiner les huiles végétales brutes, le raffinage physique (voir la section 4.7.4.7.2) offre des coûts plus bas, des rendements plus élevés et une consommation moindre de substances chimiques. La condition préalable au raffinage physique impose que l'huile qui arrive au stade de désodorisation finale ait une faible teneur en phosphatides. L'opération de dégommeage réduit la teneur en phosphatides. Le dégommeage peut être réalisé par l'hydrolyse enzymatique des phosphatides. L'enzyme phospholipase-A₂ catalyse le fractionnement de l'ester d'acide gras dans des conditions douces. L'enzyme liquide est dispersée dans l'huile à 60 °C avec un pH de 5. L'acide citrique et la soude caustique servent de tampon pour le citrate de sodium. Pour accélérer le temps de réaction lent de la réaction enzymatique, on utilise une batterie de réacteurs agités en continu. La molécule de lysolécithine créée est hydrosoluble et peut être séparée par centrifugation.

Arguments motivant la mise en application

Moindre consommation de soude caustique, d'acides phosphorique et sulfurique, d'eau et d'énergie.

Données d'exploitation

Dans un exemple d'installation, des problèmes opératoires sont apparus après le début de la production. Les valeurs limites d'émission ont été atteintes au bout de trois mois et les coûts ont nettement baissé en améliorant la qualité de la phospholipase.

Dans l'exemple d'installation, la méthode classique génère un flux d'eaux usées d'un débit approximatif de 3 200 kg/h, qui contient également du sulfate et du phosphate. Le procédé enzymatique en produit 400 kg/h. En outre, le volume des boues est réduit par un facteur de huit. Les consommations du dégommeage traditionnel et du dégommeage enzymatique sont comparées dans le Tableau 4.192.

Ressource	Unité	Consommation (unités/t d'huile brute)	
		Méthode traditionnelle	Dégommage enzymatique
Soude caustique (100 %)	kg	5,3	0,3
Acide phosphorique (75 %)	kg	2,0	
Acide sulfurique (96 %)	kg	5,3	
Acide citrique	kg		1,
Eau propre	kg	127,8	10,6
Eau de refroidissement	m ³	1,5	
Électricité	kWh	7,7	7
	MJ	28	25
Vapeur	kWh	75	22
	MJ	270	80
	kg	95,5	28
Solution enzymatique	kg		0,014

Tableau 4.192 : Consommations du dégomme traditionnel et du dégomme enzymatique de l'huile végétale
[35, OECD, 2001, 182, Germany, 2003]

Domaines d'application

Applicable à tous les types d'huiles de colza et de graines de soja.

Données financières

Le coût du dégomme traditionnel et du dégomme enzymatique sont comparés dans le Tableau 4.193.

Ressource	Coûts ventilés (USD / unité)	Coût total	
		Méthode traditionnelle (USD/t oil)	Dégommage enzymatique (USD/t d'huile)
Soude caustique (100 %)	0,6/kg	3,18	0,26
Acide phosphorique (75 %)	0,672/kg	1,34	
Acide sulfurique (96 %)	0,075/kg	0,39	
Eau propre	0,013/kg	1,66	0,14
Vapeur	0,01 – 0,09/kg ^{3*}	1,24	0,36
Eau de refroidissement	0,09/m ³	0,69	
Électricité	0,09/kWh	0,69	0,63
Acide citrique	1,87/kg		1,87
Solution enzymatique	143,75/kg		2,01
Total	147,173	9,19	5,27

* Différence due à différentes pressions de vapeur

Tableau 4.193 : Coût du dégomme traditionnel et du dégomme enzymatique de l'huile végétale
[35, OECD, 2001]

Arguments motivant la mise en application

Réduction des coûts.

Exemples de site

Cette technique est mise en oeuvre dans au moins une activité de broyage des graines oléagineuses, de raffinage de l'huile, et d'embouteillage et conditionnement de l'huile en Allemagne.

Bibliographie de référence

[35, OECD, 2001]

4.7.4.10 Utilisation de cyclones pour réduire les émissions de poussière humide dans l'extraction de l'huile végétale

Description

Les flocons désolvantés et toastés issus de la transformation de l'huile sont acheminés dans un séchoir où l'excès d'humidité est éliminé par de l'air ambiant chauffé ; il sont ensuite transportés dans un refroidisseur où l'air ambiant réduit la température du tourteau séché. L'air s'échappant des dispositifs de séchage et de refroidissement contient des poussières. En raison de l'humidité relativement importante de l'air dégagé par la phase de séchage, les poussières sont humides et poisseuses, et difficiles à recueillir. Elles sont éliminées avec des cyclones puis renvoyées vers le tourteau séché qui peut servir comme alimentation animale. La Figure 4.101 présente le schéma de principe d'une séparation des émissions de poussière humide avec des cyclones.

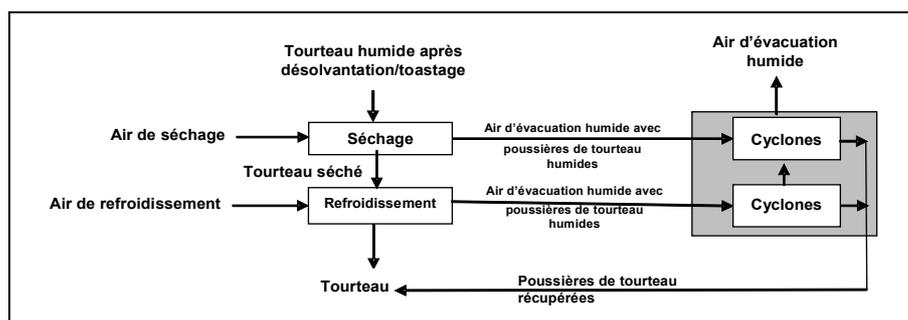


Figure 4.101 : Schéma de principe d'une séparation des émissions de poussière humide avec des cyclones

Arguments motivant la mise en application

Moindre émissions de poussière, récupération de produit et réduction des risques d'incendie.

Interactions entre les milieux

Consommation électrique pour compenser la perte de pression dans les cyclones.

Données d'exploitation

On utilise les cyclones pour des raisons pratiques et sécuritaires.

L'utilisation de systèmes filtrants en textiles ferait condenser l'humidité, entraînant une déposition des poussières qui obstrueraient les canalisations. Le mélange d'air de séchage très chaud et de poussières déposées peut à la longue conduire à une inflammation spontanée des poussières et déclencher un feu. Ces feux sont particulièrement dangereux à cause de la proximité des flocons mouillés d'hexane dans la section amont de désolvantation - toastage.

Les précipitateurs électrostatiques créent également des risques d'incendie et d'explosion à cause de la production d'étincelles dans un air d'échappement parfois fortement chargé d'hexane. Les particules de tourteau fines, humides et poisseuses ont tendance à s'agglutiner, ce qui réduit la proportion de particules fines dans les gaz d'échappement. Dans ce sens, ces séparateurs, normalement conçus pour éliminer les particules fines, ne sont pas adaptés. En outre, les particules de tourteau séchées s'humidifieraient dans le laveur et le tourteau récolté devrait être séché à nouveau.

On note que les cyclones offrent une exploitation fiable et ils sont faciles à mettre en œuvre. Ils permettent d'atteindre des concentrations de poussières humides inférieures à $< 50 \text{ mg/Nm}^3$.

Domaines d'application

Applicable dans les installations anciennes et nouvelles.

Données financières

Les cyclones et les systèmes de transport du tourteau récupéré demandent des investissements. Les coûts d'exploitation sont élevés, à cause par exemple d'une consommation énergétique accrue.

Arguments motivant la mise en application

Moindre perte de produit et prévention des incendies. On note également que cette technique est bonne du point de vue technique et opératoire.

Bibliographie de référence

[141, FEDIOL, 2002]

4.7.4.11 Pompes à vide à anneau d'eau créant un vide auxiliaire de 40 à 120 mbars

Description

Les pompes à vide à anneau d'eau créent un vide faible et stable convenant au dégazage et séchage des huiles et des graisses d'origine animale ou végétale. Pour l'opération de dégazage, on utilise le vide pendant l'hydrogénation, avec de l'H₂, et après l'interestérification, qui utilise de l'eau pour inactiver le catalyseur. Pendant le séchage de l'huile, le vide est utilisé après le dégommeage, après la neutralisation, avant et après l'interestérification et avant l'hydrogénation. Le vide est également utilisé pour fournir un atmosphère sans oxygène dans le réacteur / réacteur d'évacuation pendant l'hydrogénation et l'interestérification.

Arguments motivant la mise en application

Moindre consommation d'énergie. Faible pollution des eaux usées. Réduction des émissions provenant de la production d'énergie.

Interactions entre les milieux

Production d'eaux usées.

Données d'exploitation

Les eaux usées proviennent de l'eau d'entraînement des pompes. Chaque unité consomme généralement un faible volume. En raison de l'application, cette eau n'est que légèrement polluée à la source, même si elle contient des condensats des procédés de séchage. La charge peut être caractérisée par son niveau de DCO parce que les composés azotés ou phosphorés ne peuvent pas s'intégrer dans cette eau en grosses quantités dans ces conditions de procédé, par exemple en présence de températures inférieures ou égales à 100 °C. On note que le volume d'eaux usées s'élève à 1,7 m³/t d'huile non raffinée et le niveau de DCO à 75 mg/l.

Domaines d'application

Applicable lorsqu'il faut fournir une plage de vide comprise entre 40 et 120 mbars. Cette méthode offre une facilité de mise en œuvre et une exploitation très fiable qui permet une production en séries. Elle affiche un faible rendement.

Données financières

Réduction des coûts grâce aux conditions de vide appropriées.

Arguments motivant la mise en application

Diversité des systèmes concernés. Conditions de vide complètement différentes de celles requises par la neutralisation / désodorisation distillative.

Bibliographie de référence

[65, Germany, 2002, 189, Bockisch M, 1993]

4.7.4.12 Désodorisation

La désodorisation constitue l'étape finale du procédé de raffinage qui convertit l'huile brute en huile transformée. L'huile prétraitée est chauffée à la température désodorisante, soit 180 – 270 °C, avec un échangeur thermique et de la vapeur indirecte. Pour éviter l'oxydation de

l'huile, l'atmosphère à l'intérieur de l'unité de désodorisation est presque au vide absolu, soit 0, 5 – 8 mbars. Dans ces conditions de vide et de température, la vapeur d'extraction procure la force et le milieu transporteur qui vont éliminer les composants volatils dans la matière à traiter.

Les vapeurs de la cuve de désodorisation contiennent de l'air, de la vapeur d'eau, des acides gras et autres composants volatils. Avant de pénétrer dans l'enceinte à vide, les vapeurs traversent un dépoussiéreur. Un liquide de dépoussiéreur est pulvérisé dans la vapeur. Les acides gras et les volatils se condensent partiellement sur les gouttelettes nettoyantes ou bien sur le matériau de garnissage. Puisque le dépoussiéreur est au même vide que le désodoriseur, la vapeur d'eau ne se condense pas.

La vapeur prénettoyée passe ensuite dans l'injecteur de vapeur haute-puissance du système de vide multi-stade. L'injecteur de vapeur est un thermocompresseur qui projette la vapeur à une pression de 30 – 50 mbars. Dans la conception classique, les vapeurs sont ensuite condensées dans un condenseur barométrique ouvert. La vapeur d'eau issue de la vapeur d'extraction et la vapeur sous pression se condensent, ce qui réduit considérablement leur volume. Cette réaction contribue à conserver le vide aux valeurs spécifiées. Les composants non condensables issus du condenseur barométrique principal sont extraits par un dispositif de dégazage comprenant un ou plusieurs condenseurs intermédiaires et un ou plusieurs petits injecteurs de vapeur. Les condenseurs utilisent également de l'eau de refroidissement. Entre 10 et 15 % d'eau de refroidissement traverse le condenseur principal. L'eau quittant les condenseurs barométriques peut être polluée. La fonction d'un ou deux injecteurs de vapeur peut être remplacée par une pompe à vide à anneau d'eau (voir la section 4.7.4.11).

Les sections 4.7.4.12.1 - 4.7.4.12.3 présentent certaines techniques de désodorisation. Le Tableau 4.194 compare les systèmes de refroidissement utilisés pour générer le vide dans la désodorisation de l'huile végétale en créant un vide modéré d'environ 4 mbars.

Système de refroidissement pour générer le vide	Vapeur	Électricité	Entrée d'énergie primaire totale	Eaux usées	Coûts d'investissements	Complexité du système
Système passage unique	–	++	++	--	++	++
Boucle alcaline	--	+	-/+	–	+	+
Boucle alcaline avec agent refroidisseur	+	–	–	+	–	–
Condensation à sec	++	--	–	++	--	--
+ (++) = (le plus) favorable – (--) = (le plus) défavorable Remarque : l'entrée d'énergie primaire totale pour le système de vide donné représente la puissance énergétique totale requise par l'installation pour générer de la vapeur, ainsi que la quantité d'énergie que doit fournir la station électrique externe pour produire l'électricité demandée.						

Tableau 4.194 : Comparaison des systèmes de refroidissement pour générer le vide dans la désodorisation de l'huile végétale
[141, FEDIOL, 2002]

4.7.4.12.1 Dépoussiéreur double associé à un système de refroidissement à passage unique dans la désodorisation de l'huile végétale

Description

Les vapeurs désodorisantes sont traitées dans un dépoussiéreur. La vapeur prétraitée est mélangée à la vapeur d'entraînement de l'injecteur de vapeur haute-puissance. L'installation d'un second dépoussiéreur entre l'injecteur de vapeur haute-puissance et le condenseur principal permet de condenser à nouveau les composés volatils, en remplaçant la vapeur d'extraction et d'entraînement avant le mixage à l'eau de refroidissement provenant du système de refroidissement à passage unique. Le second dépoussiéreur peut avoir un matériau de garnissage

fixe ou être équipé de sa propre boucle de dépoussiérage, d'un échangeur thermique pour éliminer la chaleur de condensation et d'un débrumiseur. Le second dépoussiéreur fonctionne à

une pression plus élevée. L'ajout de vapeur via l'injecteur haute-puissance fait baisser la pression partielle des composés volatils. Ces deux facteurs permettent de poursuivre la condensation.

La conception du double dépoussiéreur permet un meilleur dépoussiérage des vapeurs désodorisantes. La seconde condensation des composés volatils dans le second dépoussiéreur réduit le flux massique du système. Mais le second dépoussiéreur accentue en même temps les pertes thermiques. Néanmoins, le besoin énergétique total du système est faible.

L'eau de refroidissement est de l'eau de surface qui est renvoyée dans le milieu naturel après avoir traversé un piège à graisses. La présence de substances grasses dans l'eau de refroidissement est très limitée. En outre, l'utilisation d'un second dépoussiéreur réduit sa charge polluante et améliore les caractéristiques environnementales du système de refroidissement.

La Figure 4.102 présente le schéma de principe du procédé.

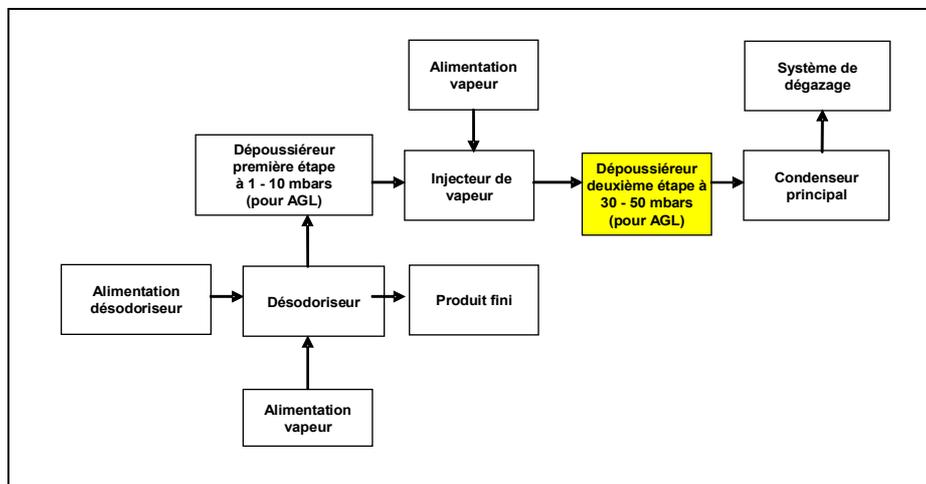


Figure 4.102 : Schéma de principe de la conception du double dépoussiéreur dans le procédé de désodorisation

Arguments motivant la mise en application

Faibles besoins énergétiques pour le système du vide. Réduction de la pollution DCO. Meilleure récupération des co-produits que le système de refroidissement à passage unique avec un seul dépoussiéreur.

Interactions entre les milieux

Consommation électrique pour la boucle du second dépoussiéreur.

Données d'exploitation

L'efficacité du dépoussiérage du premier dépoussiéreur est nettement supérieure à 90 % lorsque la matière à traiter a été raffinée chimiquement. Cette phase de traitement réalise la première extraction de la majorité des acides gras. Le second dépoussiéreur contribue entre 2 et 5 % à l'efficacité de dépoussiérage totale. L'efficacité des dépoussiéreurs est liée à la présence d'acides gras dans la matière à traiter.

Les rapports indiquent que la conception avec dépoussiéreur double associé à un système de refroidissement à passage unique n'a pas d'échangeur thermique. Il n'y donc pas de problème d'encrassement des échangeurs ou de mauvais transferts de chaleur. La stabilité du procédé est élevée grâce à la simplicité de réalisation du système.

Comme le système de refroidissement est conçu avec des injecteurs de vapeur et des condenseurs ouverts avec eau de refroidissement directe, sa consommation d'électricité et de vapeur requise pour créer le vide désiré est extrêmement basse. Toutefois, ce système produit un flux d'eau de refroidissement avec une teneur accrue en DCO. Cette augmentation peut varier entre 50 et 150 mg/l selon le flux d'eau et la qualité de la matière à désodoriser. La conception du double dépoussiéreur produit une augmentation limitée de DCO, soit 40 – 100 mg/l. On note que le volume d'eaux usées est compris entre 1 et 10 m³/t d'huile non raffinée. Le Tableau 4.195 donne les valeurs énergétiques d'un double dépoussiéreur associé à un système de refroidissement à passage unique.

Consommation énergétique	Valeurs spécifiques
Électricité (selon la teneur en AGL de l'huile non raffinée)	2 – 5 kWh/t d'huile non raffinée
Vapeur	39 – 50 kWh/t (50 – 100 kg/t d'huile non raffinée)

Tableau 4.195 : Valeurs énergétiques d'un double dépoussiéreur associé à un système de refroidissement à passage unique

Domaines d'application

Adapté aux installations anciennes et nouvelles. Bonne fiabilité d'exploitation et mise en oeuvre aisée. La matière à désodoriser ne doit pas contenir de fortes concentrations d'acides gras à chaîne courte, comme l'huile de noix de coco. Il faut prévoir de l'espace pour le second dépoussiéreur.

Données financières

Investissements liés au second dépoussiéreur. Moindres coûts d'exploitation de l'installation.

Arguments motivant la mise en application

La stabilité opératoire du système de désodoriseur à vide est garantie. Conformité avec la réglementation sur la pollution de l'eau et les programmes d'économies d'énergies nationaux.

Bibliographie de référence

[141, FEDIOL, 2002]

4.7.4.12.2 Dépoussiéreur unique associé à un système alcalin en circuit fermé dans la désodorisation de l'huile végétale

Description

Les vapeurs désodorisantes sont traitées dans un dépoussiéreur d'acides gras. La vapeur pré-nettoyée est mélangée à la vapeur d'entraînement de l'injecteur haute-puissance. Lorsque la matière à désodoriser contient de fortes concentrations d'acides gras à chaîne courte, comme l'huile de noix de coco, l'installation d'un second dépoussiéreur entre l'injecteur haute-puissance et le condenseur barométrique principal ne réduira pas à un niveau acceptable la charge polluante de DCO produite par le système à passage unique. Dans ce cas, l'analyse globale de la technique peut conclure que la charge polluante de l'eau de refroidissement n'est pas acceptable malgré le faible besoin énergétique du système de refroidissement à passage unique. Dans ce cas ou dans une situation semblable, on peut avoir recours aux systèmes alcalins en circuit fermé. L'installation d'un tel système évite de devoir investir dans un deuxième dépoussiéreur.

Dans le système de refroidissement, l'eau circule dans un circuit fermé et la plus grande partie des composés volatils de la vapeur de désodorisation sont emprisonnés dans le condenseur principal. Les condenseurs principal et intermédiaire du système de vide peuvent être intégrés au circuit d'eau de refroidissement interne, avec une purge conduisant au dispositif de traitement des eaux usées via l'unité de fractionnement du savon. Deux échangeurs thermiques sont nécessaires pour le nettoyage. Il faut ajouter de la soude caustique pour éviter un encrassement rapide par les substances grasses. Le pH augmente et passe à 9 dans le circuit du condenseur barométrique primaire. Le condensat de la vapeur d'extraction de l'huile et de la vapeur de l'injecteur fournit l'eau nécessaire au circuit alcalin. L'excédent d'eau est retiré du circuit alcalin

sous la forme d'une solution savonneuse. Le savon est fractionné dans une enceinte séparée. La phase aqueuse fait partie des eaux usées acides. La mise en place d'un système à circuit fermé augmente la consommation de vapeur requise pour générer le même vide.

La température d'entrée au condenseur principal est 5 °C plus élevée que celle du système à condenseur ouvert, ce qui hausse la demande en vapeur des injecteurs de vapeur, et donc également la demande en eau de refroidissement. Ces éléments peuvent rendre l'application de ce procédé impossible dans les conditions physiques nécessaires à la qualité du produit. Par ailleurs, le circuit fermé interne peut être réfrigéré, augmentant ainsi la consommation électrique tout en réduisant la consommation de vapeur d'entraînement. Dans ce cas, le circuit d'eau de refroidissement fonctionne à une température plus basse parce qu'il est refroidi par un condenseur. Ce système est généralement utilisé par des températures ambiantes élevées, par exemple en été.

La Figure 4.103 représente le schéma de principe du système d'eau de refroidissement alcalin en circuit fermé comme composant d'un système de désodorisation à vide.

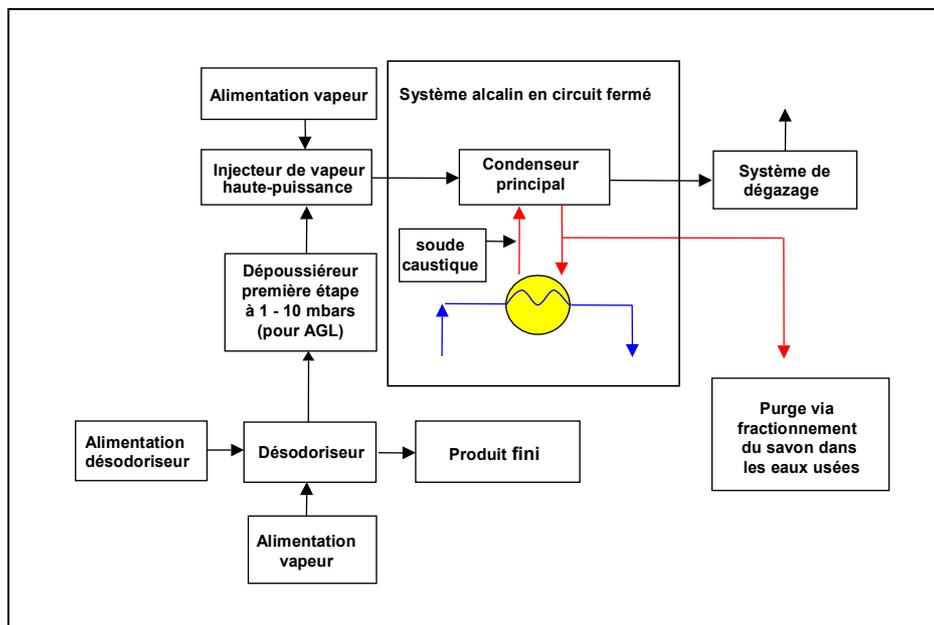


Figure 4.103 : Schéma de principe du système d'eau de refroidissement alcalin en circuit fermé comme composant d'un système de désodorisation à vide

Arguments motivant la mise en application

Les systèmes alcalins et refroidis à circuit fermé éliminent la charge polluante de DCO présente dans les eaux usées et réduisent la concentration des eaux usées. Le circuit fermé réduit le besoin en eau propre.

Interactions entre les milieux

Besoin accru en soude caustique pour le circuit alcalin. Utilisation accrue d'acide sulfurique pour le fractionnement du savon. Augmentation du volume d'eau acide. Hausse de la charge rejetée dans la SEEU. Consommation accrue d'électricité et de vapeur. Hausse des risques posés à la sécurité et à l'environnement et liés à l'utilisation de réfrigérants tels que l'ammoniaque.

Données d'exploitation

On note une réduction de 99 % du volume des eaux usées par rapport au refroidissement à passage unique (voir la section 4.7.4.12.1). Le volume d'eaux usées générées représente 0,06 – 0,15 m³/t d'huile non raffinée. On a constaté qu'en utilisant un système à circuit fermé, la complexité opératoire augmente et la fiabilité décroît. Les systèmes en circuit fermé demandent des échangeurs thermiques internes, des pompes de plus grande puissance et une installation de réfrigération. Dans une raffinerie, les besoins énergétiques de la phase de désodorisation correspondent à plus de 50 % de la consommation énergétique totale de la raffinerie. Les solutions

à circuit fermé enregistrent donc des consommations énergétiques entre 10 et 20 % plus élevées. Le Tableau 4.196 indique les valeurs énergétiques d'un système alcalin en circuit fermé.

Consommation énergétique	Valeurs spécifiques	
	Données de l'exemple d'installation allemande	Données de rapport
Électricité (selon la teneur en AGL de l'huile non raffinée)	8 – 10 kWh/t d'huile non raffinée	8 – 20 kWh/t d'huile non raffinée
Vapeur	47 – 117 kWh/t d'huile non raffinée (60 – 150 kg/t)	39 – 117 kWh/t d'huile non raffinée (50 – 150 kg/t)

Tableau 4.196 : Valeurs énergétiques d'un système alcalin en circuit fermé

Domaines d'application

Applicable dans les cas où la matière à désodoriser contient de fortes concentrations d'acides gras à chaînes courtes, comme l'huile de noix de coco. Adapté aux installations anciennes et existantes. Mise en œuvre aisée. L'encombrement du dispositif peut restreindre son application.

Dans les climats chauds, où le risque d'instabilité du procédé est plus important, par exemple des fluctuations du vide, la fiabilité d'exploitation est acceptable, accompagnée de contrôles de procédé adéquats. Dans les climats tempérés et après l'extraction des graisses par les vapeurs de désodorisation, si la technique est exploitée correctement, sa fiabilité peut être très bonne, essentiellement grâce aux robustes pompes à vide pour l'injection de vapeur.

Données financières

Les systèmes en circuit fermé demandent des coûts d'investissements, d'exploitation et de consommation énergétique plus élevés que ceux des systèmes à passage unique. Les systèmes à circuit fermé réfrigérés présentent également des coûts d'investissements plus élevés.

Bibliographie de référence

[65, Germany, 2002, 141, FEDIOL, 2002, 189, Bockisch M, 1993]

4.7.4.12.3 Dépoussiéreur unique associé à un dispositif de condensation à sec dans la désodorisation de l'huile végétale

Description

Le système de condensation à sec (DC), désigné également par le terme système de condensation à glace, s'installe entre le dépoussiéreur et le système de dégazage. Le dépoussiéreur enlève la majeure partie des AGL. Le système DC retire les AGL restant ainsi que la vapeur d'extraction destinée à extraire les AGL. La vapeur et les AGL se condensent sur les serpentins (échangeur thermique) du système DC à des températures très basses, soit -30 °C. Ces températures sont produites par la compression mécanique de l'ammoniaque qui s'évapore ensuite dans les serpentins. L'unité de réfrigération consomme de l'électricité et de l'eau de refroidissement supplémentaire. Seules les vapeurs non-condensables traverseront le dépoussiéreur et le système DC pour aller dans le système de vide. La Figure 4.104 représente le schéma de principe du dépoussiéreur unique associé à un système DC.

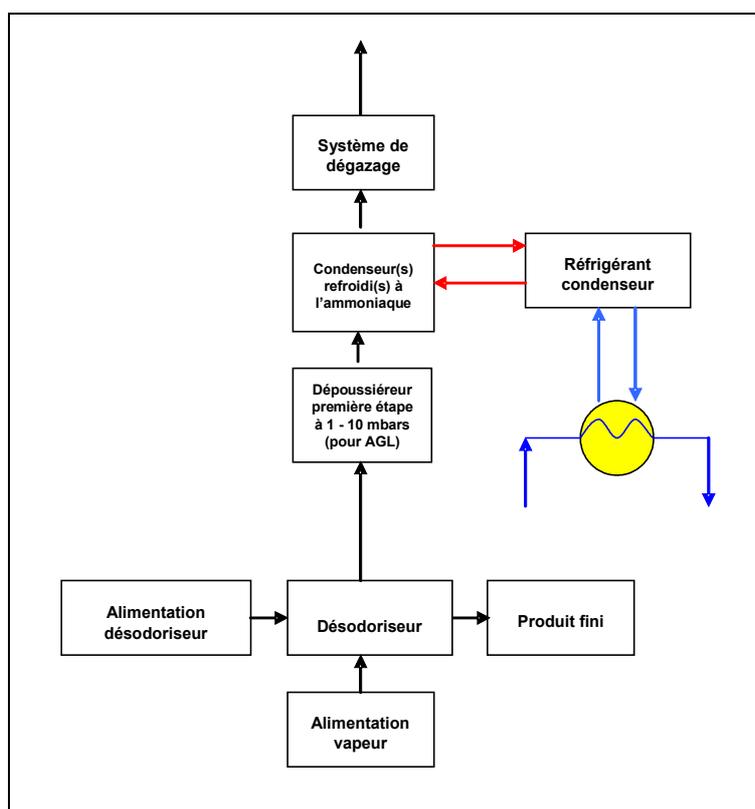


Figure 4.104 : Schéma de principe du dépollueur unique associé à un système DC

Arguments motivant la mise en application

Récupération d'acides gras fortement concentrés. Moindre consommation d'eau et de vapeur. Volume et charge des eaux usées réduits.

Interactions entre les milieux

Besoin électrique accru nécessité par le système de réfrigération. L'utilisation d'ammoniaque pour la réfrigération pose des risques sanitaires au personnel et des problèmes de sécurité en raison d'éventuelles décharges d'ammoniaque.

Données d'exploitation

On a constaté que plus de 95 % des vapeurs condensables sont éliminées par le système DC, ce qui permet de réduire la taille du système de vide. Le Tableau 4.197 donne les performances d'un système DC relevées lors d'une étude de cas.

Niveau de consommation	Valeurs spécifiques
Eau destinée aux pompes à anneau d'eau et au refroidissement de l'unité de réfrigération pour la condensation à la glace	300 kg/t d'huile non raffinée
Électricité (selon la teneur en AGL de l'huile non raffinée)	10.5 – 21.5 kWh/t d'huile non raffinée
Vapeur	5.5 – 15.5 kWh/t (20 – 150 kg/t) d'huile non raffinée
Eaux usées	Jusqu'à 0,350 m ³ /t d'huile non raffinée. Pas de phosphate ou de sulfate

Tableau 4.197 : Performances d'un système DC

Domaines d'application

Applicable pour l'opération de neutralisation / désodorisation distillative (raffinage physique). Adapté aux installations anciennes et nouvelles. L'encombrement, la faible teneur en graisses de vapeur, la puissance de l'installation et les conditions de sécurité externes, par exemple en raison

de l'utilisation d'ammoniaque dans le dispositif de réfrigération, peuvent restreindre ses domaines d'application. Son exploitation est fiable grâce à la technologie de contrôle. Le système de vide est meilleur car il n'est pas soumis aux conditions météorologiques.

Données financières

Coûts d'investissements élevés. Facture d'électricité accrue. Coûts de maintenance élevés. Moindre besoin en vapeur. Hausse des coûts liés à l'énergie électrique. Coûts plus bas grâce à une consommation de vapeur et d'eau de refroidissement réduite.

Arguments motivant la mise en application

Il est possible de générer des vides plus poussés pour répondre à des spécifications produit plus strictes. Économies d'eau. Conformité avec la réglementation sur la pollution de l'eau.

Bibliographie de référence

[65, Germany, 2002, 141, FEDIOL, 2002, 189, Bockisch M, 1993]

4.7.5 Produits laitiers

4.7.5.1 Séparation des extrants, pour optimiser l'utilisation, la réutilisation, la récupération et la mise en décharge (et réduire à un minimum le besoin en eau et la contamination des eaux usées)

Cette technique est décrite dans la section 4.1.7.6.

Exemples rapportés de situations où la technique est appliquée

Il existe sans nul doute bien d'autres occasions d'appliquer cette technique à l'intérieur du secteur.

- Récupération des ingrédients qui ont fui ou ont été renversés et des matières partiellement ou entièrement transformées
- Récupération du petit lait non destiné à la fabrication du fromage mitzithra, aux aliments pour bébé et à d'autres produits
- Récupération des eaux usées laiteuses générées au démarrage des pasteurisateurs
- Empêcher que les déchets solides obtenus après la centrifugation ne pénètrent dans les eaux usées
- Récupération et recyclage des produits / mélanges de produit provenant des changements produit
- Séparation et récupération du babeurre, des matières des premiers rinçages et de la graisse résiduelle dans les opérations de barattage, et utilisation de ces matières dans d'autres procédés, par exemple comme base pour les pâtes à tartiner basses calories
- Récupération des matières de rinçage dans les cuves à yaourt
- Récupération des liquides d'égouttage des yaourts et des fruits dans l'ensemble de la laiterie
- Récupération des produits placés par erreur dans les mauvais conteneurs pour les destiner à l'alimentation animale, par exemple en faisant macérer les emballages.

Domaines d'application

Applicable à toutes les laiteries.

Bibliographie de référence

[13, Environment Agency of England and Wales, 2000, 39, Verband der Deutschen Milchwirtschaft (German Dairy Association), 2001, 42, Nordic Council of Ministers, et al., 2001, 74, Greek Ministry for the Environment, 2001, 134, AWARENET, 2002]

4.7.5.2 Nettoyage par voie sèche

Cette technique est décrite dans la section 4.3.1.

Exemples rapportés de situations où la technique est appliquée

Il existe sans nul doute bien d'autres occasions d'appliquer cette technique à l'intérieur du secteur.

- Adoption des méthodes de nettoyage par voie sèche pour récolter les résidus solides de la fabrication du fromage
- Récupération au balai du lait caillé perdu au lieu de le rejeter dans la bouche d'évacuation
- Traitement des mélanges de petit lait, de yaourt ou de crème glacée en tant que des déchets au lieu de les rejeter simplement dans la bouche d'évacuation
- Application de procédés secs pour récolter les excédents de sel au lieu de les rejeter simplement dans la bouche d'évacuation
- Installation de filtres et / ou de collecteurs de matières sur les bouches d'évacuation pour empêcher que les matières solides rejoignent les eaux usées.

Domaines d'application

Applicable à toutes les laiteries.

Bibliographie de référence

[13, Environment Agency of England and Wales, 2000, 39, Verband der Deutschen Milchwirtschaft (German Dairy Association), 2001, 42, Nordic Council of Ministers, et al., 2001, 74, Greek Ministry for the Environment, 2001, 134, AWARENET, 2002]

4.7.5.3 Homogénéisation partielle du lait de consommation

Description

La crème est homogénéisée avec une petite quantité de lait écrémé. La teneur en graisses optimale s'élève à 12 %. Le lait écrémé restant est directement acheminé du séparateur centrifuge vers la section de pasteurisation du pasteurisateur. La crème homogénéisée est mélangée à nouveau avec le flux de lait écrémé avant de passer dans la section de chauffe finale. Avec cette technique, l'homogénéisateur peut être beaucoup plus petit et il peut faire réaliser des économies d'énergie.

Arguments motivant la mise en application

Moindre consommation d'énergie.

Données d'exploitation

Dans un exemple de laiterie, l'introduction de l'homogénéisation partielle dans la ligne de pasteurisation d'une capacité nominale de 25 000 l/h a permis de réduire la capacité d'homogénéisation à 8 500 l/h. La facture électrique totale a diminué de 65 % en installant un homogénéisateur plus petit de 55 kW.

Domaines d'application

Applicable aux laiteries.

Données financières

Les petits homogénéisateurs reviennent moins chers en terme d'investissements et d'exploitation. Le prix d'un petit homogénéisateur représente 55 % du prix d'un appareil qui peut traiter la capacité nominale de la ligne.

Arguments motivant la mise en application

Moindre coûts d'investissement et d'énergie.

Exemples de site

Cette technique est largement utilisée dans les laiteries modernes.

Bibliographie de référence

[42, Nordic Council of Ministers, et al., 2001]

4.7.5.4 Utilisation des appareils de transfert du lait, de pasteurisation, d'homogénéisation et de lavage en place commandés par ordinateur

Description

Un exemple d'installation laitière (décrite également dans la section 4.7.5.9) reçoit 450 000 litres de lait, d'une qualité conforme à la Directive 92/46/EEC. L'entreprise demande à ses fournisseurs d'utiliser la traite mécanique, d'avoir une capacité de réfrigération suffisante, et d'adopter la HACCP. L'organigramme du circuit de transformation est illustré dans la Figure 4.105.

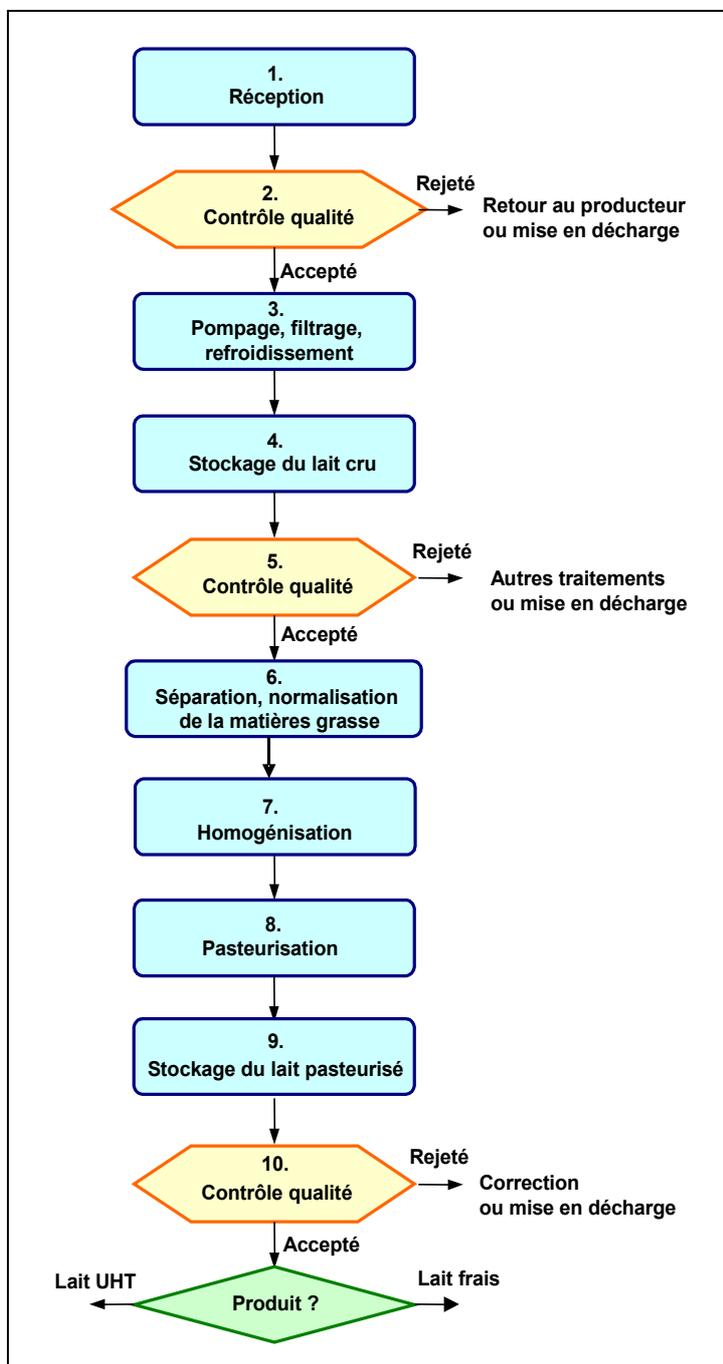


Figure 4.105 : Organigramme du circuit de transformation dans une entreprise laitière

Le lait est réceptionné par des systèmes fermés parallèles commandé par API. La mise en place d'une technique qui utilise des vannes spéciales a réduit de manière importante le gaspillage de lait. Avec l'installation des vannes, on constate la disparition totale du gaspillage de lait pendant le transfert entre les tuyaux, lors du remplissage des cuves, et par erreur humaine. Ce résultat a donc réduit la pollution des eaux rejetées par le procédé.

Le lait est également pasteurisé par des échangeurs thermiques à plaques commandés par ordinateur, qui présentent une plus grande surface d'échange thermique que les autres et qui sont munis d'unités d'homogénéisation et de normalisation des graisses.

L'opération se déroule dans un système fermé. Le stockage et le pompage des matières premières, des matières intermédiaires et des produits vers les diverses unités de transformation est commandé par un dispositif assisté par ordinateur. Ce système a permis de minimiser le gaspillage. Le même système commande l'unité CIP où l'eau du dernier rinçage est utilisée par le cycle de nettoyage suivant.

Le lait frais pasteurisé est conditionné dans des sacs en polyéthylène (PE) ou des bouteilles en polyéthylène téréphtalate (PET).

Arguments motivant la mise en application

Diminution du gaspillage du lait et de la contamination des eaux usées. Le système CIP informatisé a également contribué à économiser de l'eau et des réactifs.

Données d'exploitation

Les rapports relèvent que, pendant la pasteurisation, la plus grande surface d'échange thermique et la recirculation de l'eau chaude produisent des économies d'énergie de 25 % et des économies d'eau de 50 % par rapport à l'ancien pasteurisateur utilisé auparavant.

Le contrôle de procédé informatisé élimine ou diminue le lait perdu à la réception et pendant la transformation.

On a constaté que le dosage automatique génère environ 15 % d'économie d'eau et d'agents nettoyants et désinfectants.

Domaines d'application

Applicable dans les installations anciennes et nouvelles.

Données financières

Coûts d'investissements élevés.

Arguments motivant la mise en application

Moindres coûts d'énergie et d'eau.

Exemples de site

Au moins une laiterie en Hongrie.

Bibliographie de référence

[148, Sole, 2003]

4.7.5.5 Utilisation de pasteurisateurs continus

Description

La pasteurisation continue a recours à des échangeurs thermiques à flux continue, comme les échangeurs tubulaires, à plaques ou à grille. Ils comportent des sections de chauffage, de rétention et de refroidissement. Pour diminuer la consommation d'énergie et le volume d'eaux usées, les pasteurisateurs continus remplacent les pasteurisateurs par charges successives.

Arguments motivant la mise en application

Consommation énergétique et de production d'eaux usées plus basses que celles des pasteurisateurs par charges successives.

Données d'exploitation

La pasteurisation par charges successives utilise une température de 62 à 65 °C pendant 30 minutes maximum. Les pasteurisateurs continus réalisent la pasteurisation haute température courte durée (HTST) et la pasteurisation très haute température très courte durée (HHST). La

HTST chauffe à des températures comprises entre 72 et 75 °C pendant 15 à 240 secondes. La HHST applique des températures comprises entre 85 et 90 °C pendant 1 à 25 secondes.

Domaines d'application

Applicable aux laiteries.

Données financières

Réduction des dépenses énergétiques et des coûts de traitement des eaux usées.

Bibliographie de référence

[134, AWARENET, 2002]

4.7.5.6 Échange thermique régénératif dans un procédé de pasteurisation

Description

Les pasteurisateurs sont normalement équipés de sections de chauffage avec flux à contre-courant régénératif. Le lait entrant est préchauffé par le lait chaud qui quitte le secteur de pasteurisation.

Arguments motivant la mise en application

Moindre consommation d'énergie.

Données d'exploitation

On peut réaliser des économies énergétiques type supérieures à 90 %.

On note que, dans un exemple de laiterie, en utilisant l'échange thermique indirect entre les produits traités thermiquement et les produits d'entrée, la consommation d'énergie spécifique de 148 000 kcal/t peut descendre de 80 %, soit 29 000 kcal/t. Les températures enregistrées pendant le procédé sont les suivantes :

- Température initiale de 4 °C
- Température de chauffage de régénération de 65 °C
- Température de pasteurisation de 78 °C
- Température de refroidissement de régénération de 20 °C
- Température du lait pasteurisé de 4 °C.

Par ailleurs, les échangeurs thermiques ont été utilisés dans la laiterie entre le produit froid entrant, c'est-à-dire le lait froid, et la vapeur produite par l'extraction pendant l'expansion sous vide faisant suite au traitement UHT. La consommation énergétique spécifique de 251 000 kcal/t peut être réduite de 26 %, soit 185 000 kcal/t. Les températures enregistrées pendant le procédé sont les suivantes :

- Température initiale de 4 °C
- Température de chauffage de régénération de 70 °C
- Température de traitement UHT de 140 °C
- Température de conditionnement du lait UHT de 25 °C

Un autre exemple communiqué vient d'une nouvelle laiterie qui a installé neuf échangeurs à plaques et enregistré une efficacité de régénération plus élevée. Des calculs ont été réalisés pour augmenter l'efficacité de 85 à 91 % ou de 91 à 95 %. Les économies d'énergie de chauffage ont été estimées à 2 712 MWh/an et celles d'électricité à 542 MWh/an, pour des coûts d'investissements de 370 000 EUROS amortis sur une période de 3,6 ans.

Domaines d'application

Cette méthode est largement appliquée dans les laiteries. Dans les anciennes laiteries, l'énergie de chauffage et de refroidissement peut être encore plus réduite en remplaçant les anciens échangeurs à plaques par des appareils plus efficaces.

Données financières

Baisse des coûts énergétiques.

Arguments motivant la mise en application

Baisse des coûts énergétiques.

Exemples de site

Une laiterie au Danemark.

Bibliographie de référence

[42, Nordic Council of Ministers, et al., 2001, 75, Italian contribution, 2002]

4.7.5.7 Nettoyage des centrifugeuses facilité en améliorant la filtration et la clarification préliminaire du lait

Description

En améliorant les procédés de filtration et de clarification préliminaire du lait, on réduit l'importance des dépôts dans les séparateurs centrifuges, ce qui espace les procédures de nettoyage.

Arguments motivant la mise en application

Baisse de la consommation d'eau et de la pollution des eaux usées.

Domaines d'application

Applicable aux laiteries.

Bibliographie de référence

[134, AWARENET, 2002]

4.7.5.8 Séchage bi-stade dans la production de poudre de lait

Description

Une fois que le lait a été épaissi de 11 % à 50 – 60 % de matière sèche dans un évaporateur, le lait condensé peut être séché à nouveau pour atteindre 95 – 97 % de matière sèche. La fabrication de la poudre de lait utilise des séchoirs à pulvérisation ou des séchoirs à rouleaux. Bien que ces derniers existent dans le secteur laitier et qu'ils sont parfois utiles pour les produits spécialisés, les séchoirs à pulvérisation avec FDB intégré ou en aval sont devenus plus courants (voir la Figure 2.13). Ceci est dû à leur consommation énergétique plus faible, à l'obtention d'un produit pratiquement sans poussière et à la contrainte thermique diminuée.

Le procédé de séchage à pulvérisation utilisant un FDB en aval s'appelle également un séchage bi-stade. La Figure 4.106 illustre un procédé de séchage bi-stade réalisé avec un séchoir à pulvérisation muni d'un atomiseur rotatif et un FDB externe séparé. L'air sortant est filtré par un filtre CIP qui comprend un filtre tubulaire sans cyclone (voir la section 4.4.3.7.1).

Le séchage bi-stade permet de réduire l'humidité résiduelle du produit tout en obtenant une meilleure qualité produit et une rationalisation de la consommation énergétique. Les solides quittent le séchoir à pulvérisation avec une humidité résiduelle comprise entre 3 et 5 %. La phase finale intervient dans des conditions douces avec un faible besoin d'énergie.

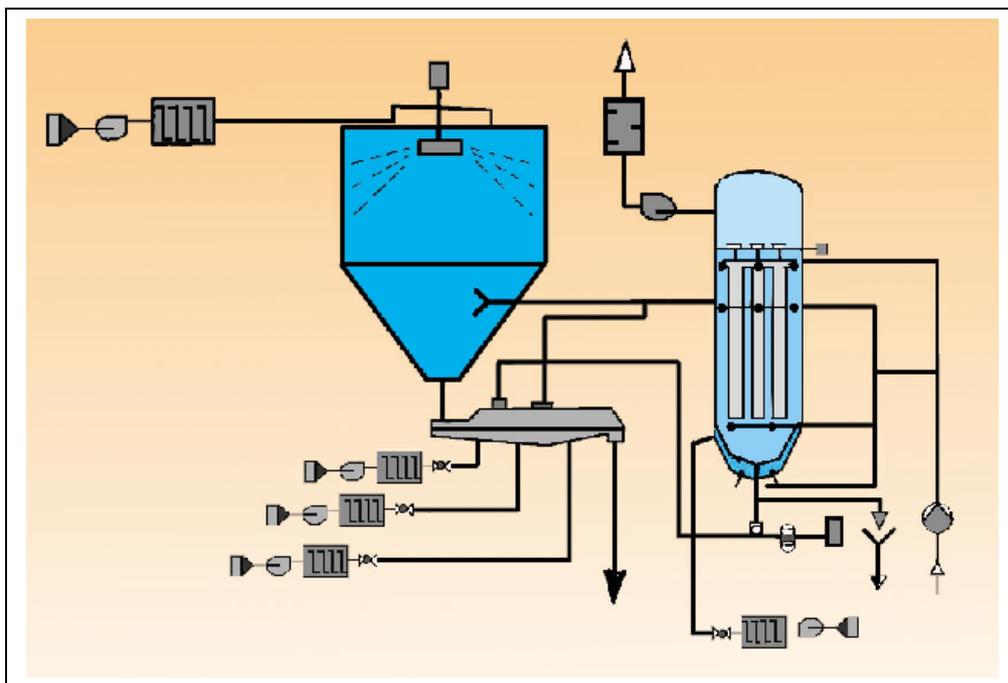


Figure 4.106 : Procédé de séchage bi-stade dans une grande laiterie

Arguments motivant la mise en application

Consommation d'eau et d'énergie réduite. Baisse des émissions de poussière.

Interactions entre les milieux

Les séchoirs à pulvérisation sont bruyants et ils peuvent créer des mélanges poussières / air explosifs.

Données d'exploitation

Une grande laiterie en Allemagne fabrique du lait écrémé et de la poudre de petit lait sucré. Elle transforme 240 000 t de lait cru et produit 19 000 t de poudre de lait et de petit lait. L'entreprise a mis en place un système de séchage bi-stade avec un rendement d'une t/h. Le volume des effluents gazeux s'élève à 45 000 m³/h. Le procédé de séchage constitue le premier consommateur d'énergie thermique de l'installation, soit 58 %, qui se chiffre à 39 millions kWh sur une consommation totale de 67,5 millions kWh en 2000. Autour de 30 % de la consommation électrique totale, soit 18 millions kWh, a été attribuée au procédé de séchage.

Dans l'exemple de cette laiterie, la consommation électrique spécifique était égale à 315,8 kWh/t de produit ou 25 kWh/t de lait cru. La consommation thermique spécifique était de 2 052,6 kWh/t de produit ou 162,5 kWh/t de lait cru. En considérant qu'environ 600 kWh d'énergie sont nécessaires pour évaporer une tonne d'eau, ces chiffres s'approchent des besoins énergétiques théoriques. La consommation d'eau totale de l'opération de séchage était également faible, soit 9 500 m³ ou 0,5 m³/t de produit ou 0,04 m³/t de lait cru.

Les rapports indiquent qu'avec un FBD, la consommation énergétique du séchage peut baisser d'environ 20 %. Cette configuration implique des coûts d'investissements et d'exploitation plus élevés.

Une protection contre le feu et l'explosion est exigée. Une alarme anti-incendie précoce peut être par exemple un détecteur de CO.

Domaines d'application

Applicable dans le secteur de la laiterie.

Données financières

Coûts d'investissement élevés.

Arguments motivant la mise en application

Baisse des factures d'énergie et d'eau.

Exemples de site

Une grande laiterie qui fabrique du lait en poudre en Allemagne.

Bibliographie de référence

[39, Verband der Deutschen Milchwirtschaft (German Dairy Association), 2001]

4.7.5.9 Utilisation d'un système de conditionnement aseptique qui n'exige pas de chambre aseptique

Description

Un exemple d'installation laitière (décrite également dans la section 4.7.5.4) reçoit 450 000 litres de lait, d'une qualité conforme à la Directive 92/46/EEC. L'entreprise demande à ses fournisseurs d'utiliser la traite mécanique, d'avoir une capacité de réfrigération suffisante et d'appliquer le système HACCP.

Le traitement UHT du lait est réalisé, suivi par l'homogénéisation et le conditionnement aseptique en ligne. Des échangeurs thermiques tubulaires haut rendement sont utilisés pour ce procédé. Les emballages en forme de brique sont fabriqués dans un matériau laminé à base de papier, qui comprend plusieurs couches de film plastique et de feuille d'aluminium. Les emballages sont formés à partir d'une bande continue de matériau qui pénètre dans la soutireuse en passant dans un bain stérilisant au peroxyde d'hydrogène. La bande est ensuite façonnée en forme de tube autour de la ligne d'alimentation des produits stérilisés. La machine exécute les coutures longitudinales et transversales appropriées en thermosoudant les faces internes en plastique tandis qu'elle remplit l'emballage. Ce système de conditionnement aseptique en continu ne demande pas de chambre aseptique.

La Figure 4.107 illustre sous la forme d'un schéma le procédé de conditionnement. Les numéros visibles dans les opérations d'unité de la Figure 4.107 suivent ceux de la Figure 4.105.

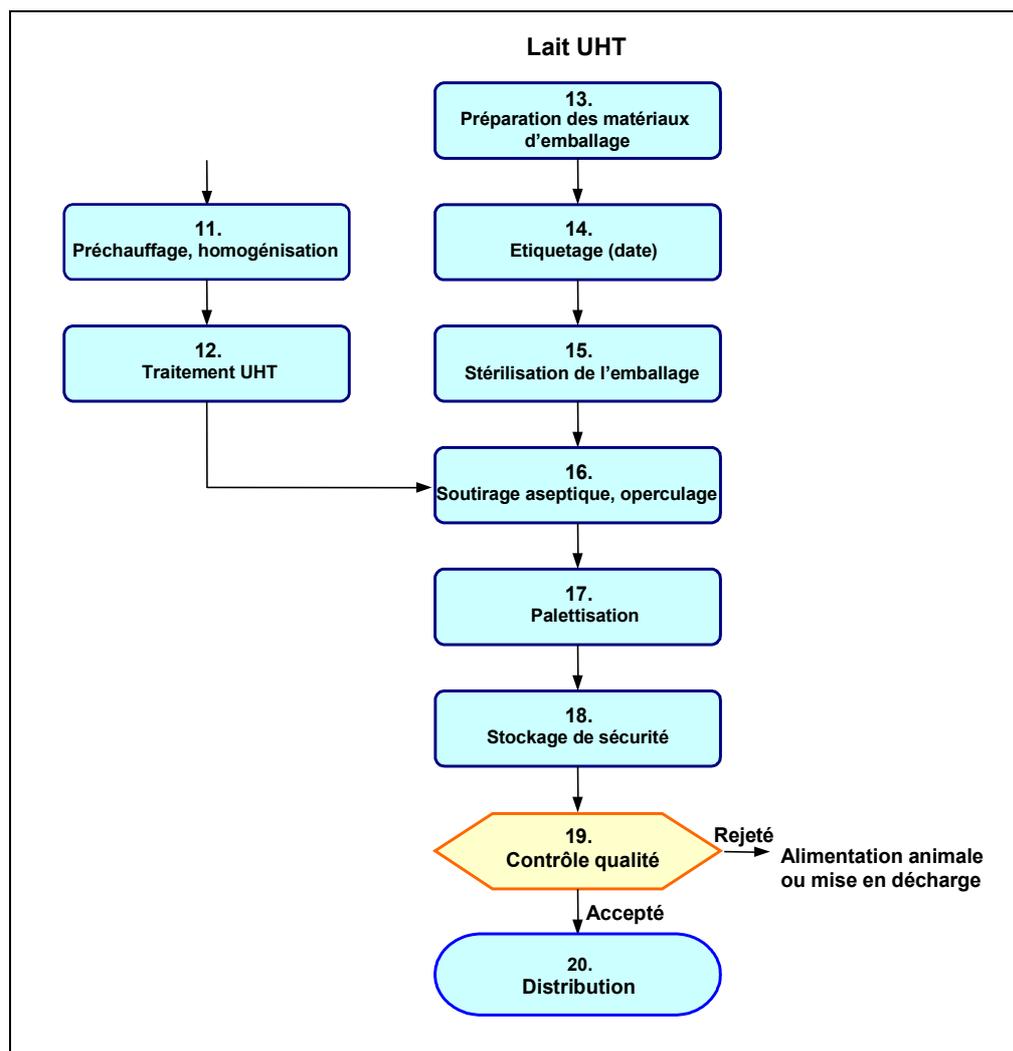


Figure 4.107 : Conditionnement aseptique du lait UHT, sans chambre aseptique

Arguments motivant la mise en application

Économies d'énergie dans le traitement thermique, déchets d'emballage réduits. Moins de lait perdu.

Données d'exploitation

On note qu'avec ce système, le gaspillage est inférieur à 0,5 %.

Domaines d'application

Applicable dans les installations anciennes et nouvelles.

Données financières

Les coûts d'investissement sont élevés.

Arguments motivant la mise en application

Coûts d'énergie et d'eau réduits.

Exemples de site

Au moins une laiterie en Hongrie.

Bibliographie de référence

[148, Sole, 2003]

4.7.5.10 Détection en ligne des points de transition entre la phase produit et la phase aqueuse

Description

Les conduites sont habituellement remplies d'eau avant le démarrage. Cette eau est ensuite expulsée par le produit par une vanne de vidange. Selon la méthode traditionnelle, ces vannes de vidange étaient fermées manuellement par contrôle visuel ou automatiquement en calculant le temps nécessaire pour remplir les conduites de produit. Pour détecter avec précision les points de transition entre la phase produit et la phase aqueuse, des méthodes en ligne sont maintenant utilisées sur des lignes de production entièrement automatisées. A titre d'exemple, une fonction mesure le volume à l'aide de transmetteurs de flux (voir la section 4.1.8.4) ou de densité, une autre mesure la densité avec des transmetteurs de conductivité (voir la section 4.1.8.5.2), ou bien encore une autre utilise des capteurs optiques (voir la section 4.1.8.5.3) pour différencier l'eau du produit.

Ces techniques peuvent servir à récupérer du produit dans les rinçages CIP initiaux, les démarrages HTST, les arrêts de production et les changements de produits, et dans le rinçage d'autres équipements et tuyauteries.

Arguments motivant la mise en application

Eaux usées moins polluées.

Données d'exploitation

On note que les capteurs optiques sont les appareils les plus fiables, les plus précis, et qu'ils présentent un temps de réponse plus court que les autres méthodes en ligne. Lorsqu'on utilise des capteurs optiques, le volume d'eau de rinçage contenant du lait et destiné à la SEEU peut diminuer pour atteindre deux ou trois litres par démarrage. En outre, le produit perdu peut être ramené à 50 %. Dans les lignes de soutirage destinées au lait liquide, ces capteurs réduisent la quantité des mélanges provenant des changements produits de 30 – 40 %.

Dans l'exemple d'installation qui utilise des transmetteurs de conductivité, la charge de DBO des eaux usées a reculé de 30 %. Il faut régulièrement calibrer le transmetteur de densité.

Domaines d'application

Les transmetteurs et les capteurs peuvent être mis en place dans les nouvelles installations comme dans les anciennes. Leur montage requiert uniquement des modifications mineures du système de commande du procédé.

Les transmetteurs de conductivité sont surtout utilisés dans les centres CIP pour détecter les points de transition entre l'eau et les solutions de détergent, mais ils peuvent également servir aux lignes de production. Les capteurs optiques en ligne sont en vente dans le commerce. Ils peuvent servir à calibrer le contenu du lait en matières grasses.

Données financières

Le prix d'un capteur optique est d'environ 2 700 EUROS (2001). Le prix de revient de la mise en œuvre du système de commande du procédé englobe non seulement le prix des capteurs, mais également des matériels et logiciels associés, comme les transmetteurs et les appareils d'affichage.

Arguments motivant la mise en application

Réduction du gaspillage de produit et du coût de traitement des eaux usées.

Exemples de site

Un exemple de laiterie en Finlande a installé 61 capteurs optiques en ligne sur ces lignes de procédé. Les transmetteurs de conductivité et flux sont largement utilisés dans les Pays Nordiques.

Bibliographie de référence

[42, Nordic Council of Ministers, et al., 2001]

4.7.5.11 Mise en place de cuves de stockage en ligne pour réduire au maximum la recirculation du produit dans les pasteurisateurs

Description

La ligne de production peut être conçue de manière à optimiser la capacité de ses composants individuels entre eux, afin d'éviter une accumulation ou une pénurie de produit dans certaines sections de la ligne. Toutefois, des modifications réalisées ultérieurement sur la ligne ou dans le planning de remplissage peuvent perturber l'équilibre et causer des interruptions dans les procédés en continu.

A titre d'exemple, si la capacité des cuves de stockage en ligne est trop petite par rapport à la production du pasteurisateur de la ligne de pasteurisation, le lait doit circuler plusieurs fois dans le pasteurisateur pendant la journée. Cette situation consomme de l'énergie et nuit à la qualité. Elle est encadrée par la Directive du Conseil 92/46/EEC [191, EC, 1992]. En outre, les interruptions longues augmentent la fréquence du nettoyage du pasteurisateur.

On peut éviter ou minimiser les interruptions de ligne et la recirculation du lait dans le pasteurisateur en adaptant les dimensions / le nombre des cuves de stockage en ligne à la production du pasteurisateur et en optimisant les changements de produits.

Arguments motivant la mise en application

On économise de l'énergie essentiellement en réduisant la consommation d'eau de refroidissement. La puissance électrique totale consommée par les pompes, l'homogénéisateur et le séparateur centrifuge décroît également puisque la durée de transformation total raccourcit. La réduction de la fréquence de nettoyage diminue la consommation d'énergie, d'eau et de produits chimiques. Les effets négatifs du traitement de la chaleur excessive sur la qualité du produit reculent également.

Données d'exploitation

Dans un exemple de laiterie, l'approvisionnement d'une ligne de pasteurisation avec des cuves de stockage en ligne avant le soutirage et un changement de produits automatisé ont permis de réduire de 30 % la durée de traitement. Les économies énergétiques annuelles enregistrées par cette laiterie s'élèvent à 250 MWh en électricité et 230 MWh en énergie thermique. La période d'amortissement s'étend sur 4,5 ans.

Domaines d'application

Applicable aux laiteries. Le manque d'espace peut poser problème aux installations existantes.

Données financières

Coûts d'exploitation plus bas, par exemple consommation d'énergie et d'eau réduite.

Arguments motivant la mise en application

Cette solution offre une souplesse accrue, une meilleure qualité produit et une réduction des coûts d'exploitation.

Bibliographie de référence

[42, Nordic Council of Ministers, et al., 2001]

4.7.5.12 Mélange juste-à-temps du « soutirage par composant »

Description

Une conception de soutireuse appelée « remplissage par composant » permet aux produits laitiers d'être diversifiés le plus tard possible, de préférence juste avant le soutirage. Cette machine comporte deux conduites, l'une avec du lait écrémé et l'autre avec du lait d'une teneur en matières grasses déterminée. Ces deux composants sont mélangés à la soutireuse dans les proportions exigées par produit. Concrètement, supposons qu'une laiterie produise trois types de lait, avec trois contenus de matières grasses différents. Ces distinctions seraient alors faites en changeant la quantité fournie par les deux conduites. Les pertes de produit et de matériaux d'emballage causées par les changements produits disparaissent avec cette technique. Le

soutirage par composant réduit également les besoins en cuves de stockage en ligne et les opérations de nettoyage connexes.

Arguments motivant la mise en application

Moindre gaspillage de produit et d'emballage. Baisse de la consommation d'eau, par exemple par le nettoyage, et réduction de la pollution des eaux usées.

Données d'exploitation

Normalement, entre 75 et 100 litres de lait peuvent facilement être gaspillés lors des changements produits dans une opération de soutirage traditionnelle.

Domaines d'application

Applicable aux installations de production laitière anciennes et nouvelles. Avant d'installer la machine dans une installation existante, il faut modifier le système de conduites et le procédé d'automatisation.

Données financières

Le prix d'une nouvelle soutireuse par composant avec un rendement de soutirage de 12 000 – 12 500 briques/h est environ d'un million d'EUROS (2001), en excluant toute modification de procédé qui peut s'avérer nécessaire. Dans beaucoup de cas, une soutireuse par composant peut remplacer plusieurs soutireuses ordinaires.

Driving forces for implementation

La production est plus souple, permettant une démarche axée sur le consommateur. Plus le produit se déplace rapidement le long de la chaîne d'approvisionnement, plus le besoin d'espaces en chambre froide diminue.

Exemples de site

Au total, il y a trois soutireuses par composant dans les Pays Nordiques, Finlande comprise.

Bibliographie de référence

[42, Nordic Council of Ministers, et al., 2001, 199, Finland, 2003]

4.7.5.13 Beurre

4.7.5.13.1 Réduction du gaspillage pendant la fabrication du beurre

Description

En raison de la haute viscosité de la crème, avant d'être nettoyé, l'appareil de chauffage de la crème peut être rincé avec du lait écrémé qui est alors conservé et utilisé. Cette opération diminue la quantité de matières grasses perdue. Le babeurre, qui est un sous-produit, peut être utilisé comme produit au lieu d'être rejeté par exemple dans les eaux usées. Cette matière économisée peut entrer dans la composition des pâtes à tartiner basses calories par exemple.

Arguments motivant la mise en application

Réduction des déchets.

Domaines d'application

Applicable à la fabrication du beurre et de la crème.

Arguments motivant la mise en application

Réduction des déchets et augmentation de la production.

4.7.5.14 Fromage

4.7.5.14.1 Utilisation de l'ultrafiltration (UF) pour le calibrage des protéines du lait fromager

Description

L'ultrafiltration (UF) peut s'utiliser dans le calibrage des protéines du lait fromager. Le lait coule sous pression sur une membrane qui retient les molécules de protéines, augmentant ainsi la teneur protéique du rétentat. La taille des pores de la membrane varie entre 10 et 100 nm.

Comme le recours à l'UF augmente la production de fromage par unité de lait transformé, la quantité de petit lait générée est plus basse que celle du calibrage traditionnel. De plus, même lorsque la demande en électricité, en énergie thermique et en eau de l'UF est plus importante que celle du calibrage traditionnel, dans la production à grande échelle, un meilleur rendement de fromage compense la hausse de consommation d'énergie et d'eau.

Le perméat issu de l'unité UF est ensuite traité par l'OI. L'eau OI, qui est une eau potable, peut servir aux opérations de nettoyage.

Arguments motivant la mise en application

Réduction de la consommation d'énergie et d'eau, du petit lait et du volume d'eaux usées par rapport au calibrage classique.

Interactions entre les milieux

Il faut nettoyer les membranes. Comme leur nettoyage se fait avec des produits chimiques, le cercle de filtration doit être soigneusement rincé avec de grands volumes d'eau. Les membranes utilisées sont mises en décharge.

Données d'exploitation

L'unité UF d'une laiterie danoise comprend 10 modules spiralés munis de membranes en polymère, quatre pompes, et les transmetteurs de flux et les vannes de contrôle requis. La capacité filtrante de l'unité est égale à 65 000 l/h. La teneur en protéines du lait est calibrée entre 3,7 et 3,8 % en contrôlant le rapport entre la matière d'entrée et le perméat. Comparée à la méthode de calibrage traditionnelle, ce procédé accroît le rendement du fromage, c'est-à-dire que le volume de lait utilisé a baissé de 12 %. D'après les calculs faits pour une production de 25000 t/an de fromage jaune, on a estimé les économies d'eau et d'énergie présentées dans le Tableau 4.198.

Énergie électrique	473 MWh/an	19 kWh/t de fromage
Énergie thermique	1 235 MWh/an	49 kWh/t de fromage
Eau	7 500 m³/an	300 l/t de fromage

Tableau 4.198 : Économies d'eau et d'énergie dans une laiterie en appliquant la méthode UF pour calibrer les protéines

La durée de vie des membranes UF se limite à 1 – 3 ans en raison de l'application. Après leur utilisation, elles sont incinérées ou mises en décharge par enfouissement.

Domaines d'application

L'UF peut être appliquée à la fois au lait écrémé et au petit lait. Les unités UF s'installent dans les entreprises nouvelles ou anciennes en raison de leur faible encombrement.

Données financières

Les coûts d'investissements sont élevés. Les périodes d'amortissement sont acceptables uniquement si la capacité est suffisamment importante. Par exemple, les coûts d'investissement de la laiterie danoise sont estimés à 430 000 EUROS et la période d'amortissement à 5,9 ans.

Arguments motivant la mise en application

Du fromage d'une qualité homogène peut être fabriqué avec cette technique. Elle offre également une plus grande souplesse qui permet de fabriquer différents types de fromage.

Exemples de site

Une laiterie au Danemark.

Bibliographie de référence

[42, Nordic Council of Ministers, et al., 2001]

4.7.5.14.2 Réduction des fines de matières grasses et de fromage dans le petit lait

Description

Pour réduire les fines de matières grasses et de fromage dans le petit lait, il faut tout d'abord obtenir la plus grande quantité de matières grasses et de protéines pendant la transformation du lait caillé ; ensuite, le petit lait est tamisé pour intercepter les fines restantes.

Arguments motivant la mise en application

Moindre gaspillage de produit. Si le petit lait est destiné à la SEEU, la charge polluante est plus faible (voir toutefois la section 4.7.5.14.3 pour réduire encore davantage cette charge).

Domaines d'application

Applicable dans les installations fromagères.

Données financières

Optimisation des coûts de production. Réduction des coûts de traitement des eaux usées.

Arguments motivant la mise en application

Moindre gaspillage de produit.

Bibliographie de référence

[134, AWARENET, 2002]

4.7.5.14.3 Réduction au minimum du petit lait acide et de son rejet dans la SEEU

Description

Dans l'activité fromagère, autour de 90 % du lait utilisé devient du petit lait. Pour les fromages de type acide, des cultures mère d'acide lactique sont cultivées sur un milieu. Les cultures se propagent ensuite massivement et elles sont ajoutées au lait pour faire du fromage. Le petit lait acide est séparé après la formation du lait caillé. Si ce petit lait acide est rejeté dans la SEEU, il risque d'abaisser le pH. Pour cela, on évite les déversements accidentels en faisant s'écouler le haut ou la plate-forme des cuves de salage. De plus, le petit lait peut être rapidement transformé, et la formation d'acide lactique diminue la production de petit lait.

Arguments motivant la mise en application

Moindre pollution des eaux usées.

Domaines d'application

Appliqué dans la fabrication du fromage de type acide, comme le fromage blanc, le fromage battu et la mozzarella.

Données financières

Réduction des coûts de traitement des eaux usées.

Bibliographie de référence

[13, Environment Agency of England and Wales, 2000]

4.7.5.14.4 Récupération et utilisation du petit lait

Description

Dans l'activité fromagère, autour de 90 % du lait utilisé devient du petit lait. Le petit lait doux est issu de la fabrication des fromages durs de type présure, comme le cheddar ou le gruyère. Le petit lait salé est produit avec adjonction de sel dans le lait caillé pour éliminer le liquide restant. Le petit lait doux est récolté et réutilisé dans le procédé ou dans d'autres procédés pour fabriquer des produits dérivés, par exemple pour la récupération des protéines comme alimentation animale, pour produire du fromage mitzithra, pour servir de complément alimentaire et pour fabriquer des aliments pour bébé. Même si le petit lait salé ne peut pas être recyclé dans le

procédé sans enlever le sel (voir la section 4.7.5.14.6), on peut soit le récupérer tel quel, soit le concentrer par évaporation et l'utiliser dans l'alimentation animale.

Arguments motivant la mise en application

Moindre pollution des eaux usées. Réduction des déchets, en réutilisant par exemple le petit lait.

Données d'exploitation

Les caractéristiques des eaux usées type générées par l'industrie fromagère avec et sans récupération du petit lait sont récapitulées dans le Tableau 4.199.

Paramètre	Installation avec récupération du petit lait	Installation sans récupération du petit lait
	mg/l	
DBO ₅	2 397	5 312
DCO	5 312	20 559
Matières grasses	96	463
N _{total}	90	159
P _{total}	26	21

Tableau 4.199 : Composition des eaux usées générées par l'industrie fromagère

Domaines d'application

Applicable dans les installations fromagères.

Données financières

Réduction des coûts de traitement des eaux usées.

Bibliographie de référence

[42, Nordic Council of Ministers, et al., 2001, 134, AWARENET, 2002]

4.7.5.14.5 Récupération du petit lait salé par évaporation

Description

Dans l'activité fromagère, autour de 90 % du lait utilisé devient du petit lait. Le petit lait salé est produit par adjonction de sel dans le lait caillé pour éliminer le liquide restant. Ce petit lait salé peut ensuite être recyclé dans le procédé ou destiné à l'alimentation animale soit directement, soit après l'avoir séché par évaporation. L'eau condensée peut servir aux opérations de nettoyage.

Arguments motivant la mise en application

Réduction des déchets, en réutilisant par exemple le petit lait. Moindre pollution des eaux usées.

Interactions entre les milieux

Consommation d'énergie.

Domaines d'application

Applicable dans les installations fromagères.

Bibliographie de référence

[134, AWARENET, 2002]

4.7.5.14.6 Récupération du petit lait en éliminant le sel par OI

Description

Dans l'activité fromagère, autour de 90 % du lait utilisé devient du petit lait. Le petit lait salé est produit par adjonction de sel dans le lait caillé pour éliminer le liquide restant. Ce petit lait salé

peut ensuite être recyclé dans le procédé, avec le petit lait doux (voir la section 4.7.5.14.4), mais uniquement après avoir éliminé le sel par OI.

Arguments motivant la mise en application

Réduction des déchets, en réutilisant par exemple le petit lait. Moindre pollution des eaux usées.

Interactions entre les milieux

Le perméat IO est très salin.

Domaines d'application

Applicable dans les installations fromagères.

Données financières

Coûts élevés.

Bibliographie de référence

[13, Environment Agency of England and Wales, 2000]

4.7.5.14.7 Utilisation de la chaleur du petit lait chaud pour préchauffer le lait destiné à la fabrication du fromage

Description

Le lait entrant est préchauffé avec du petit lait chaud stocké dans une autre cuve et simultanément filtré. Des échangeurs thermiques et des cuves sont utilisés pour faire circuler l'eau. Cette méthode permet de faire des économies d'énergie sur la chauffage du lait et sur le refroidissement du petit lait transformé.

Arguments motivant la mise en application

Moindre consommation d'énergie.

Données d'exploitation

Dans un exemple de laiterie danoise, le lait destiné à la fabrication fromagère est chauffé de 12 à 32 °C avec de la chaleur en circuit fermé, avec circulation d'eau à 34.5 °C. L'eau descend à 13 °C puis est chauffée à nouveau dans la section de refroidissement du pasteurisateur de petit lait, où ce dernier est refroidi de 36 à 14,5 °C. Outre les échangeurs thermiques à plaques, deux cuves-tampon de 150 m³ ont été installées pour la circulation de l'eau. Pour une production de 250 millions kg/an de petit lait, les économies estimées s'élèvent à 1 200 MWh/an d'électricité, 6 065 MWh/an d'énergie thermique et 4 200 m³/an d'eau.

Domaines d'application

Applicable dans les installations anciennes et nouvelles. Dans les installations anciennes, un manque d'espace peut limiter la mise en oeuvre

Données financières

Dans l'exemple de laiterie danoise, on a procédé à des estimations des coûts, mais elles concernaient l'ensemble de la transformation du petit lait, y compris l'unité OI et le traitement et la récupération thermique. Les dépenses totales se sont élevées à 1,6 million d'EUROS, pour une période d'amortissement de 3,8 ans.

Arguments motivant la mise en application

Baisse des coûts énergétiques.

Exemples de site

Une laiterie au Danemark.

Bibliographie de référence

[42, Nordic Council of Ministers, et al., 2001]

4.7.5.14.8 Affinage du fromage à hautes températures suivi par une humidification et ionisation de l'air de ventilation

Description

Dans la fabrication du fromage, on augmente la température de l'air pour raccourcir la durée d'affinage. Cette technique permet de réduire les besoins de stockage, la puissance de refroidissement, et l'énergie de ventilation. Comme une température plus élevée risque de déshydrater le fromage et de le contaminer via les moules, l'air de ventilation est humidifié et nettoyé par un tube de décharge qui ionise l'air qui circule dans des conduits de ventilation. Tandis que les ions contenus dans l'air de ventilation réagissent avec les particules de poussière, les micro-organismes et les virus, l'air est efficacement débarrassé de ces sources de contamination.

Arguments motivant la mise en application

Moindre consommation d'énergie.

Données d'exploitation

Dans un exemple de fromagerie, un projet de réduction énergétique a démarré en janvier 1994. Auparavant, le fabricant stockait le fromage à 12 °C pour l'affiner. Il a augmenté la température à 15 °C. L'air de ventilation a été humidifié et débarrassé des poussières et micro-organismes par ionisation avant de pénétrer dans l'entrepôt. Le nouvel équipement permet à la température de l'air de monter à 16 °C, avec 85 % d'humidité relative. On a relevé des économies d'énergie de 272 000 kWh/an, ou de 85 000 m³/an de gaz naturel. Une durée d'affinage réduite de moitié, une amélioration de la qualité du produit et une réduction de la consommation de plastique et d'agents fongicides a également été constaté.

Domaines d'application

Applicable dans les installations fromagères. L'affinage haute température est limité par le goût désiré, et par la qualité et la stabilité du produit.

Données financières

L'installation citée dans l'exemple a fait des économies considérables en main-d'oeuvre, en maintenance et dans l'utilisation des matériels de nettoyage du système de ventilation. La période d'amortissement s'élève à deux ans.

Arguments motivant la mise en application

Baisse des coûts énergétiques.

Exemples de site

Un entrepôt fromager aux Pays-Bas.

Bibliographie de référence

[143, CADDET Energy Efficiency, 1997, 222, CIAA-Federalimentare, 2003, 239, CIAA-EDA, 2003]

4.7.5.15 Crème glacée

4.7.5.15.1 Récupération de chaleur de la pasteurisation dans la production de crème glacée

Description

Il est possible de récupérer de la chaleur et de l'eau du procédé de pasteurisation de crème glacée. Le mélange de crème glacée entre dans le pasteurisateur à une température de 60 °C. Il est alors chauffé à 85 °C puis refroidi à 4 °C avant la phase de maturation. La phase de refroidissement comprend deux étapes. Dans la première étape, la crème glacée est refroidie à

70 °C par un échangeur thermique régénératif et dans la seconde, l'eau de refroidissement sert à poursuivre le refroidissement jusqu'à 20 °C environ. La température finale de 4 °C est obtenue avec de l'eau glacée.

La chaleur s'échappant de l'eau, générée par le mélange de crème glacée de la seconde étape de refroidissement, peut préchauffer l'eau pour diverses applications, principalement pour des opérations de nettoyage. Cette application exige un certain nombre de cuves de stockage de l'eau chaude.

Arguments motivant la mise en application

Moindre consommation d'énergie et d'eau.

Interactions entre les milieux

La qualité sanitaire de l'eau doit être contrôlée car si les plaques de l'échangeur thermique fuient, ces fuites peuvent contaminer l'eau et le produit.

Données d'exploitation

Dans l'exemple d'une fabrication de crème glacée, la chaleur dégagée par la deuxième étape de refroidissement est destinée au préchauffage d'environ 25 % du volume total d'eau consommée par l'installation. La récupération thermique produit de l'eau chaude à 70 °C environ. La température d'entrée moyenne de l'eau de refroidissement est de 10 °C, et la quantité correspondante de chaleur récupérée s'élève à 7 600 GJ/an, ce qui représente 14 % de la consommation énergétique de l'installation. L'eau chaude est utilisée par le CIP et le volume d'eau économisé s'élève à 1 000 l/t de mélange de crème glacée produit.

Domaines d'application

Applicable dans les installations anciennes et nouvelles. Il faut prévoir suffisamment d'espace pour les cuves de stockage de l'eau.

Données financières

Baisse des coûts énergétiques et d'eau.

Exemples de site

Au moins une fabrication de crème glacée en Suède.

Bibliographie de référence

[42, Nordic Council of Ministers, et al., 2001]

4.7.5.16 Réutilisation et recyclage de l'eau pour nettoyer les laiteries

Pour obtenir des informations détaillées sur les opérations de nettoyage, voir la section 4.3.

Description

L'eau de refroidissement, les condensats générés par évaporation et séchage, les perméats résultant de procédés de séparation membranaire et l'eau de nettoyage peuvent être réutilisés dans les installations laitières.

Dans certains cas, les risques de contamination croisée doivent être étudiés si l'on veut réutiliser l'eau, par exemple entre les charges de démarrage dans la fabrication du fromage.

En évitant la contamination inutile du condensat, on améliore les possibilités de réutilisation de l'eau, quelquefois sans traitement, selon l'utilisation prévue. Le condensat le plus propre peut servir d'eau d'alimentation de chaudière. Le Tableau 4.200 présente quelques exemples de réutilisation de l'eau dans les laiteries.

Utilisation	Solution nettoyante pour CIP	Dernier rinçage CIP	Condensat	Perméat issu de l'installation IO
Réutilisation				
Nettoyage de l'extérieur des véhicules	1	1	1	1
Nettoyage des caisses	2	1	1	1
Nettoyage manuel de l'extérieur des appareils	3	3	1	1
Prérinçage CIP	2	1	1	1
Alimentation pour nettoyage principal CIP	3	3	3	1
Dernier rinçage CIP	NON	3	3	3
Purge à l'eau des lignes de produit	NON	3	3	3
1. Réutilisation directe 2. Réutilisation après tamisage des solides 3. Réutilisation après traitement évolué, comme la séparation membranaire et / ou la désinfection				

Tableau 4.200 : Exemples de réutilisation de l'eau dans les laiteries

Arguments motivant la mise en application

Réduction de la consommation d'eau, de la production d'eaux usées et de la contamination des eaux usées. Production de sous-produits de valeur et réduction des déchets.

Données d'exploitation

Les rapports notent qu'un exemple de laiterie au Royaume-Uni qui transforme 2 500 tonnes de lait par jour récupère tout le condensat des évaporateurs avant de le traiter par OI et de le désinfecter pour fournir de l'eau de nettoyage. Le volume d'eau évaporé est de l'ordre de 2 000 m³/jour. Environ 10 % du flux d'entrée est rejeté et acheminé vers le traitement des eaux usées. L'objectif de la société est de supprimer les achats d'eau potable. Avant le traitement, le condensat chaud sert à préchauffer le lait entrant.

Les techniques à membrane dans la transformation du petit lait permettent de produire des sous-produits de valeur, du concentré de protéines de petit lait et du lactose. L'intégration d'une opération OI permet de produire de l'eau déminéralisée pouvant servir d'eau d'alimentation de chaudière ou d'eau CIP avec membrane. La Figure 4.108 représente le schéma de principe d'un dispositif de traitement membranaire dans l'industrie fromagère.

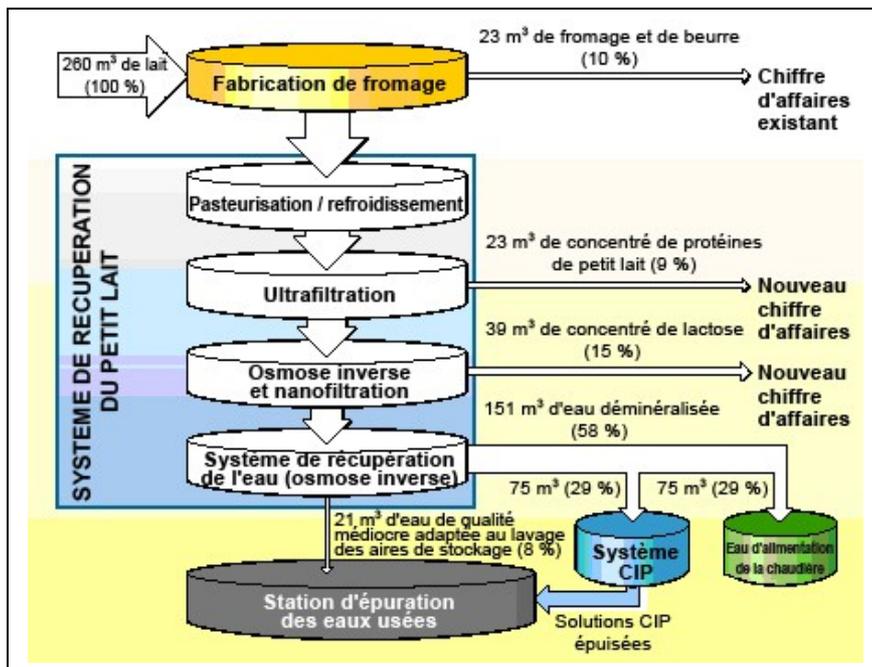


Figure 4.108 : Schéma de principe d'un dispositif de traitement membranaire

Domaines d'application

Applicable dans toutes les laiteries.

Arguments motivant la mise en application

Baisse des achats d'eau potable et production de sous-produits de valeur.

Exemples de site

Au moins une laiterie au Royaume-Uni utilise le condensat d'évaporation traité pour les opérations de nettoyage. Au moins une fromagerie au Royaume-Uni produit de l'eau déminéralisée à partir de l'opération OI et l'utilise comme eau d'alimentation chaudière ou nettoyage CIP à membrane.

Bibliographie de référence

[52, Envirowise (UK), 2000, 94, Environment Agency of England and Wales, 2002]

4.7.5.17 Réutilisation de l'eau de refroidissement chaude pour le nettoyage

Description

Les opérations de nettoyage sont les premiers procédés consommateurs d'eau dans le secteur des produits laitiers, et il est possible de faire des économies dans ce domaine. De nombreuses opérations laitières utilisent de l'eau froide dans des échangeurs thermiques pour les procédés de refroidissement, et elles se retrouvent avec de l'eau de refroidissement chaude. Normalement, l'eau de refroidissement chaude sortant du procédé est réutilisée dans des opérations de nettoyage, essentiellement dans le nettoyage des camions-citernes de lait. L'eau de refroidissement chaude peut généralement servir au nettoyage à l'intérieur du site, quelle que soit sa température. Dans l'industrie laitière, l'eau dépassant 50 °C peut être réutilisée pour nettoyer les camions-citernes de lait ou pour nettoyer manuellement ou par CIP les équipements.

Arguments motivant la mise en application

Les économies d'eau et d'énergie sont fonction du volume d'eau de refroidissement chaude réutilisable et de sa température.

Données d'exploitation

Lorsqu'on utilise cette eau pour nettoyer des surfaces qui peuvent entrer en contact avec les produits, la condition hygiénique de l'eau de refroidissement chaude est de première importance. Sa qualité est généralement bonne, à condition que l'eau ne contienne pas de traces de produit provenant des fuites des appareils. Normalement, elle est stockée pendant un certain temps dans une cuve-tampon isolée, en attendant son utilisation ultérieure. Pour minimiser tout risque hygiénique, on peut traiter l'eau par rayonnement UV. L'utilisation des rayons UV et de diverses techniques est présentée dans les sections 4.5.4.8, 4.5.4.8.1 et 4.5.4.8.2.

Dans un exemple de laiterie nordique, on a noté une diminution de la consommation d'eau de 2 %.

Domaines d'application

La réutilisation de l'eau de refroidissement est possible dans les installations nouvelles et anciennes. L'encombrement présenté par les cuves de stockage d'eau chaude peut être un inconvénient dans les installations existantes. Son utilisation est également fonction des produits chimiques utilisés le cas échéant dans le nettoyage précédent.

Données financières

Les coûts sont liés à la mise en place des équipements destinés à la réutilisation de l'eau de refroidissement chaude pour le nettoyage, par exemple une cuve de stockage et des conduites de réception et de distribution d'eau.

Driving forces for implementation

Réduction des factures d'eau et d'énergie.

Exemples de site

Deux laiteries, une en Suède et l'autre en Finlande.

Bibliographie de référence

[42, Nordic Council of Ministers, et al., 2001]

4.7.5.18 Gestion environnementale intégrée au procédé dans une laiterie – étude de cas

Description

L'exemple de laiterie transforme 1,2 million de litres de lait par semaine, produisant ainsi 200 tonnes de yaourt et 15 tonnes de fromage blanc par semaine. Le lait est destiné à la production de lait pasteurisé, de lait UHT et de crème. Les eaux usées sont rejetés dans la SEEUM.

L'exploitant de l'installation a décidé de moderniser la SEEU du site, qui comprenait la décantation d'une partie des eaux usées avant de les rejeter dans la mer. Les coûts de traitement des eaux usées estimés étaient réduits de moitié en mettant en place et en exploitant des techniques intégrées au procédé pour réduire la production et la contamination des eaux usées.

L'ensemble du personnel a participé aux actions suivantes :

- Pour le fromage blanc, le petit lait était déjà récolté pour l'alimentation animale (voir la section 4.7.5.14.4), mais on a dû ajouter des cuves pour recueillir l'eau de lavage du lait caillé et des résidus de yaourt. Par ailleurs, chaque cuve a été pourvue d'une alarme de niveau haut (voir la section 4.1.8.3).
- Les conduites de yaourt ont été modifiées en installant des coudes à 135° pour améliorer l'évacuation (voir la section 4.1.3.1).
- Les temps de vidange des cuves de yaourt ont augmenté de 5 minutes.
- Le rinçage haute puissance a été instauré pour les cuves de yaourt, tous les liquides de rinçage étant destinés à l'alimentation animale (voir la section 4.1.7.7)
- On a fait appliquer plus strictement la règle qui impose de récolter tous les restes de yaourt et de fruit dans la laiterie pour les destiner à l'alimentation animale (voir les sections 4.1.7.6 et 4.1.7.7).

Arguments motivant la mise en application

Réduction du volume et de la pollution des eaux usées, par exemple de la DCO.

Données d'exploitation

L'utilisation permise de la SEEUM de 1 130 kg de DCO/jour et le volume permis de 450 m³/jour étaient souvent dépassés. Les rejets de DCO moyens ont été réduits à 450 kg/jour et les volumes ont été ramenés dans les limites permises, soit 420 m³/jour.

Données financières

Les charges de traitement des eaux usées étaient de 125 000 EUROS /an au lieu des 500 000 EUROS/an, avec un budget d'investissements très réduit.

Bibliographie de référence

[1, CIAA, 2002]

4.7.6 Amidon

4.7.6.1 Utilisation / réutilisation de l'eau de contre-courant dans le lavage de l'amidon

Description

Le flux à contre-courant est une opération courante appliquée en ingénierie alimentaire et chimique. Elle fait référence à la mise en place de deux flux qui circulent dans le même espace, mais en sens opposé.

Dans le secteur FDM, le flux à contre-courant fait souvent appel à de l'eau potable uniquement au bout de la ligne de production, pour traiter le produit final ; c'est par conséquent la phase de procédé la plus propre. L'eau en sortie de cette opération est relativement propre, et on peut la réutiliser dans une autre phase de procédé, pour laquelle cette propreté suffit. Il s'agit habituellement d'une opération en amont. Ainsi l'eau circule à contre-courant du produit de sorte que seul le produit final entre en contact avec l'eau potable propre.

Les flux à contre-courant sont destinés aux opérations de lavage.

Un flux à contre-courant présente l'avantage, pour un produit d'une qualité donnée, de réduire le plus possible le volume d'eau nécessaire et, par conséquent, le volume d'eaux usées.

Arguments motivant la mise en application

Moindre consommation d'eau, ce qui entraîne une réduction du volume d'eaux usées.

Données d'exploitation

Cette technique peut être exploitée en continu ou par charges successives.

Il est courant de laver les boues d'amidon brut avec un flux à contre-courant avant de les égoutter et sécher pour obtenir de l'amidon raffiné. L'amidon est lavé avec de l'eau potable, à l'aide d'un flux à contre-courant, dans une série de 4 à 6 centrifugeuses. Une extrémité a en entrée de l'amidon brut et en sortie de l'eau de procédé, tandis que l'autre extrémité présente en entrée de l'eau potable propre et en sortie de l'amidon raffiné. Le système à contre-courant consomme beaucoup moins d'eau que des lavages répétés à l'eau potable propre ou des lavages avec des ajouts d'eau potable propre à chaque étape.

Domaines d'application

Applicable lorsqu'il faut plusieurs étapes de lavage qui nécessitent de l'eau de plus en plus propre.

Arguments motivant la mise en application

Moindre consommation d'eau.

Exemples de site

De nombreuses installations de production d'amidon à partir de maïs, de blé ou de pommes de terre.

Bibliographie de référence

[182, Germany, 2003, 208, CIAA-AAC-UFE, 2003]

4.7.7 Sucre**4.7.7.1 Séchage de la pulpe de betterave sucrière**

Après avoir extrait le sucre des cossettes, la pulpe de betterave est pressée. Si le contenu solide obtenu est compris entre 12 et 17 %, cette matière s'appelle de la pulpe humide. Si les solides représentent 18 à 34 %, cela s'appelle de la pulpe pressée. La pulpe humide et la pulpe pressée peuvent être vendue comme alimentation animale, comme fourrage doux pour bétail. Normalement, on déshydrate la pulpe au préalable.

Pour obtenir de la pulpe déshydratée, on la sèche jusqu'à obtention de 86 à 92 % de matière solide. On peut produire environ 5,6 kg de pulpe déshydratée avec une pulpe à 90 % de contenu solide, elle-même issue de 100 kg de betterave sucrière. Si 1 à 3 % de mélasse, basé sur le poids de la pulpe, est ajouté avant le séchage, on obtient de la pulpe déshydratée mélassée, avec une teneur en sucre qui varie, par exemple entre 9 et 30 %. Outre la teneur en sucre, chaque pays contrôle les concentrations de substances insolubles de HCl, de calcium et de cendre, conformément à la réglementation sur l'alimentation animale.

Le séchage de la pulpe est généralement réalisé par le séchage à convection, comme le séchage par air, gaz de fumées ou vapeur. Lorsqu'on utilise l'air ou les gaz de fumées, le gaz de séchage est chauffé puis mis en contact avec la pulpe. L'air chaud et sec peut absorber de la vapeur d'eau jusqu'à saturation. Le transfert de chaleur et de substances intervient simultanément pendant le procédé de séchage. Dans la première période de séchage, la vitesse de séchage reste pratiquement constante. Pendant cette période, du liquide non lié se vaporise à la surface des solides et est emporté par l'agent séchant. Lorsque la teneur en eau descend au-dessous d'un seuil critique, la surface du solide se déshydrate et l'évaporation se poursuit à l'intérieur du solide poreux. La vitesse de séchage décroît avec la diminution du taux d'humidité. Cette opération s'appelle la deuxième période de séchage. L'humidité restant dans le solide adhère au solide par sorption. Le taux de séchage baisse rapidement avec la baisse du taux d'humidité. Il devient pratiquement nul en s'approchant de la teneur en humidité qui représente l'équilibre hygroscopique. Le régime entre la teneur en humidité hygroscopique maximum et la valeur d'équilibre constitue la troisième période de séchage. Plus le taux d'humidité résiduel dans la pulpe est bas, plus le taux d'humidité exigé dans le gaz séchant est bas.

Lorsqu'on déshydrate la pulpe à la vapeur, le gaz séchant doit remplir les mêmes conditions. Des taux de matières sèche élevés demandent un surchauffage résiduel élevé de la vapeur, correspondant à l'humidité relative basse de l'air.

La déshydratation de la pulpe de betterave dans les installations de transformation du sucre est décrit dans les sections 4.7.7.1.1 - 4.7.7.1.5. Le choix de la méthode de déshydratation est fonction de facteurs tels que la possibilité de se débarrasser de la pulpe humide, par exemple comme alimentation animale. Le stockage de pulpe humide peut créer des odeurs et son transport est cher. Dans plusieurs pays européens, comme la France, la pulpe humide peut être déshydratée dans des installations qui appartiennent habituellement à des agriculteurs et qui ne sont pas directement reliées au procédé de fabrication du sucre.

4.7.7.1.1 Déshydratation basse température de la pulpe de betterave sucrièreDescription

La déshydratation basse température (LTD) peut servir de séchage préliminaire à la déshydratation haute température (HTD) dans le séchage bi-stade de la pulpe de betterave

sucrière. Lors du LTD, de grandes quantités de gaz séchant sont saturés, tel que de l'air ou des gaz de fumée, avec une température d'entrée de 50 °C. La température de sortie se situe entre 25 et 30 °C. Le LTD utilise les séchoirs à tapis.

Arguments motivant la mise en application

La désydratation de la pulpe produit des aliments pour animaux qui se conservent plus longtemps que les aliments humides.

Interactions entre les milieux

Consommation d'énergie. Émission de poussières et d'odeur dans l'atmosphère. Émission de NO_x si on utilise des gaz de fumées. Le LTD consomme environ 30 fois plus de gaz que le HTD (voir la section 4.7.7.1.2).

Données d'exploitation

Le Tableau 4.201 donne des exemples de conditions de l'air pour le LTD et le HTD de la pulpe de betterave sucrière.

Paramètres du gaz séchant		LTD			HTD		
		Entrée	Sortie	Δ	Entrée	Sortie	Δ
Température	°C	50	25		750	102	
Humidité relative du gaz	%	9,0	88,6		*	33,1	
Charge en vapeur d'eau	kg/kg	0,0070	0,0181	0,0111	0,0366	0,3508	0,3142
Enthalpie de l'air humide par rapport à l'air sec	kJ/kg	68,8	71,1		983,2	1049,8	
Enthalpie de l'air humide par rapport à l'air sec	kWh/kg	0,019	0,020		0,273	0,292	
Ratio air / eau évaporée	kg/kg	$1/\Delta y = 0,0111^{-1} = 89,9$			$1/\Delta y = 0,3142^{-1} = 3,2$		
* Non défini parce que la température critique a été dépassée							
Δy : hausse de la fonction							

Tableau 4.201 : Caractéristiques LTD et HTD de la pulpe de betterave sucrière

Domaines d'application

Applicable à la déshydratation de la pulpe dans l'industrie sucrière.

Arguments motivant la mise en application

La déshydratation de la pulpe produit des aliments pour animaux qui se conservent plus longtemps que les aliments humides.

Exemples de site

Utilisé dans deux productions de sucre allemandes, combiné au HTD.

Bibliographie de référence

[65, Germany, 2002]

4.7.7.1.2 Déshydratation haute température de la pulpe de betterave sucrière

Description

Avec la déshydratation haute température (HTD), le gaz séchant, tel que de l'air ou des gaz de fumées, est chauffé à 950 °C maximum par chauffage direct, puis refroidi à 100 °C par l'évaporation de l'eau de la pulpe dans le séchoir. La pulpe pressée est séchée à l'aide de séchoirs à tambour rotatif à courant parallèle avec allumage préalable.

Arguments motivant la mise en application

La déshydratation de la pulpe produit des aliments pour animaux qui se conservent plus longtemps que les aliments humides.

Interactions entre les milieux

Consommation d'énergie. Production d'eaux usées. Émission de poussières et d'odeur dans l'atmosphère. Émission de NO_x, de CO et de composés organiques si on utilise des gaz de fumées.

Données d'exploitation

Voir également la section 4.7.7.1.5.

La quantité de chaleur nécessaire à l'évaporation d'un kg d'eau est fonction du gradient thermique entre l'entrée et la sortie du tambour. Plus la température du gaz de combustion est élevée à l'entrée du tambour, plus le rendement thermique de l'appareil est important. Normalement, un séchage à 750 °C maximum est classé comme HTD, sauf au Royaume-Uni, où le séchage est réalisé à 950 °C. On note que le rendement énergétique fourni par cette méthode est de 15 à 18 % plus important que le séchage à 750 °C. Toutefois, des températures d'entrée excessivement élevées risquent de calaminer les pièces internes de l'appareil et de brûler la matière à sécher. Des température d'entrée de 600 °C demandent environ 0,972 kWh (3 500 kJ) par kilogramme d'eau à évaporer. Dans les tambours, entre 150 et 180 kg d'eau s'évaporent par heure et par mètre cube de matière à sécher. En fin de procédé, la température du gaz séchant s'élève à 100 °C. La matière en cours de séchage est à une température comprise entre 60 et 70 °C pendant le procédé de déshydratation.

Le gaz séchant utilisé peut être un mélange de gaz de chauffage qui s'est formé pendant la combustion dans l'organe de chauffe du séchoir, du gaz de fumées émis par le séchoir et recyclé, du gaz de fumées de la chaudière génératrice de vapeur, ou une petite proportion d'air ambiant aspiré dans le tambour à cause de la conception du dispositif. On utilise de l'air de refroidissement uniquement dans des cas exceptionnels. Le gaz de fumées provenant de la production de vapeur est, à l'exception de la pulpe mélassée, le seul lien entre l'unité de séchage et le reste de l'usine de sucre.

Dans le procédé de déshydratation, le gaz de chauffage représente environ 25 % de la masse de vapeur et 75 % de l'énergie de vapeur. Le gaz de fumées dégagé par le générateur de vapeur fournit 70 % de la masse de vapeur aux gaz de fumées et 25 % de l'énergie de vapeur pour les gaz de séchage.

Le séchage au gaz de fumées dégage du NO_x. Le niveau de NO_x contenu dans le gaz de fumées est fonction de la nature du combustible, du type de brûleur, de la composition air primaire - air secondaire - air tertiaire et de l'emplacement des gaz d'échappement recyclés. A titre d'exemple, dans cinq usines de sucre allemandes utilisant du gaz naturel, la teneur moyenne en NO_x s'élevait à 70 mg/Nm³ dans les gaz d'échappement ; dans douze usines de sucre utilisant du mazout, elle était de 270 mg/Nm³. L'émission de composés organiques est environ de 50 – 600 mg/Nm³ et l'émission de CO de 210 - 1050 mg/Nm³. La concentration de poussières dans l'air après le traitement au cyclone des cinq usines de sucre qui utilisent du gaz naturel était de 35 mg/Nm³, tandis que les deux usines qui brûlaient du charbon dans leur chaudière et du mazout / gaz naturel dans le séchoir ont démontré une concentration de poussières moyenne de 82 mg/Nm³. Des émissions de 50 – 60 mg/Nm³ de poussières humides et de 0,08 kg de COT/t de betteraves tranchées ont été enregistrées en Allemagne, mesurées dans des conditions de référence de 12 vol-% de O₂ dans l'air. Les poussières présentes dans l'air d'échappement d'un séchoir dépendent également du taux d'humidité de la pulpe déshydratée. Une teneur en solides supérieure à 91 % peut produire davantage de poussières dans l'air. La teneur en solide doit être supérieure à 86 % parce qu'un taux d'humidité plus élevé réduit la stabilité biologique de la pulpe.

Le souci environnemental majeur est la consommation d'énergie. Cette dernière peut baisser en réduisant le taux d'humidité initial de la pulpe de betterave. Lorsque la teneur en solide sec de la pulpe après pressage s'élève à 25 %, le procédé de déshydratation doit évaporer 2,6 tonnes d'eau par tonne de pulpe déshydratée pour arriver à une teneur en solides de 90 %. Lorsque la pulpe pressée ou pré-déshydratée contient 35 % de solides, il faut seulement évaporer 1,6 tonne d'eau pour produire une tonne de pulpe déshydratée. Si la quantité d'eau à évaporer est faible, le besoin en air ou gaz de fumées est également réduit. Par conséquent, le procédé génère moins d'eau condensée, et donc le volume d'air et de déchets à traiter recule.

Le Tableau 4.201 donne des exemples de conditions de l'air pour le LTD et le HTD.

Domaines d'application

Le HTD est la technique la plus utilisée d'Europe. Elle est applicable à la déshydratation de la pulpe dans l'industrie sucrière. Elle peut être mise en oeuvre indépendamment de la méthode d'exploitation de l'usine de sucre et des générateurs de vapeur.

Données financières

Voir également la section 4.7.7.1.5.

La déshydratation à la vapeur avec des FBD et la déshydratation bi-stade ont pratiquement la même VPN, tandis que le HTD est meilleur marché de 6 %. Toutefois, si les calculs prennent une durée de vie opérationnelle d'exploitation plus longue, par exemple 18 ans, pour les séchoirs et la turbine à gaz, la VPN du séchage à la vapeur avec FBD est la plus basse, c'est-à-dire que son coût est le plus bas.

Arguments motivant la mise en application

Les équipements et le procédé constituent une technologie robuste et fiable. Les industriels ont acquis une grande expérience dans ces systèmes de déshydratation et dans le procédé lui-même. La déshydratation de la pulpe produit des aliments pour animaux qui se conservent plus longtemps que les aliments humides.

Exemples de site

Utilisé dans la majorité des industries sucrières (voir la section 4.7.7.1.5).

Bibliographie de référence

[65, Germany, 2002, 87, Ullmann, 2001]

4.7.7.1.3 Déshydratation bi-phase de la pulpe de betterave sucrière

Description

Pour déshydrater la pulpe mélassée, la première phase est un LTD de la pulpe à l'aide d'un séchoir à tapis (voir la section 4.7.7.1.1). La mélasse est mélangée à la pulpe puis la totalité du mélange est déshydraté avec la chaleur basse énergie produite par la phase HTD et par les procédés de fabrication du sucre.

Arguments motivant la mise en application

Consommation énergétique et pollution atmosphérique plus faible que celle du HTD. La déshydratation de la pulpe produit des aliments pour animaux qui se conservent plus longtemps que les aliments humides.

Interactions entre les milieux

Émission de poussières et d'odeur. Émission de NO_x, de CO et de composés organiques si on utilise des gaz de fumées. Production d'eaux usées.

Données d'exploitation

Voir également la section 4.7.7.1.5.

Avec la déshydratation bi-phase, il est possible d'économiser environ 30 % d'énergie en utilisant les vapeurs de l'étape HTD pour la première étape LTD. La plupart des séchoirs à tapis fonctionnent avec de l'air chaud à 60 °C, qui peut être chauffé par les flux thermiques quittant la station d'évaporation et l'unité de cristallisation de l'usine de sucre, qui seraient sinon rejetés dans l'environnement.

Pour déshydrater la pulpe de betterave, le recours à l'énergie secondaire issue du procédé de fabrication du sucre présente l'avantage d'avoir le procédé de fabrication du sucre et la déshydratation de la pulpe dans la même installation. Ceci est possible si le procédé de fabrication du sucre ne réutilise pas la chaleur.

Les eaux usées générées par la condensation des vapeurs de la phase HTD sont rejetées dans la SEEU ou destinées à l'épandage.

Domaines d'application

Applicable à la déshydratation de la pulpe mélassée dans l'industrie sucrière.

Données financières

Voir également la section 4.7.7.1.5.

La déshydratation à la vapeur avec des FBD et la déshydratation bi-phase ont pratiquement la même VPN, tandis que le HTD est meilleur marché de 6 %. Toutefois, si les calculs prennent une durée de vie opérationnelle d'exploitation plus longue, par exemple 18 ans, pour les séchoirs et la turbine à gaz, la VPN de la déshydratation à la vapeur avec FBD est la plus basse, c'est-à-dire que son coût est le plus bas

Arguments motivant la mise en application

La déshydratation de la pulpe produit des aliments pour animaux qui se conservent plus longtemps que les aliments humides.

Exemples de site

Ce système existe seulement dans deux installations. L'une est un site expérimental et l'autre a une configuration très spéciale, car elle a remplacé un circuit à flot tombant conçu sur mesure.

Bibliographie de référence

[65, Germany, 2002]

4.7.7.1.4 Déshydratation à la vapeur de la pulpe de betterave sucrièreDescription

La déshydratation est réalisée avec de la vapeur surchauffée. Si la vapeur est à 130 °C, elle se détend et la température descend sur 102 – 103 °C à environ 0,1 MPa lors de la condensation. Si la vapeur est à 260 °C à 2.6 MPa, elle se détend et la température descend à 148 °C à 0,37 MPa. La déshydratation à la vapeur peut utiliser les FBD.

Arguments motivant la mise en application

Moins d'émissions de poussières et d'odeur que le HTD. Aucun dégagement de NO_x car on n'utilise pas de gaz de fumées. Un autre avantage est la consommation énergétique globalement plus faible que le HTD et que la déshydratation bi-phase. La production d'énergie, telle que la vapeur, peut être réutilisée dans le procédé d'extraction du sucre. La déshydratation de la pulpe produit des aliments pour animaux qui se conservent plus longtemps que les aliments humides.

Interactions entre les milieux

Production d'eaux usées. Émissions de composés organiques dans l'atmosphère et dans l'eau.

Données d'exploitation

Voir également la section 4.7.7.1.5.

La conception en circuit fermé de la déshydratation à la vapeur présente l'avantage de réduire les émissions gazeuses, telles que les poussières et les odeurs ; cependant, les gaz doivent pouvoir s'échapper afin de maintenir le transfert thermique dans les FBD. On note que la concentration de composés nauséabonds dans l'air d'échappement des FBD est 5 à 50 fois plus élevée que dans le HTD. On note également que l'installation de condenseurs réduit les émissions olfactives. Cette technique ne figure pas dans le présent document.

Dans le cas de séchoirs à la vapeur, l'eau contenue dans les gaz d'échappement est normalement éliminée par condensation. Ce procédé produit une quantité importante de condensat. Les chiffres relatifs à la déshydratation vapeur avec FBD démontrent que 0,6 – 0,7 tonne de condensat est produite par tonne de pulpe pressée, avec une charge organique de 0,20 – 0,25 kg de COT par tonne de pulpe pressée.

On constate qu'en raison des quantités de vapeur requises par le séchage, cette technique est valable uniquement dans des installations qui raffinent également le sucre.

Domaines d'application

Applicable à la déshydratation de la pulpe de l'industrie sucrière. La déshydratation à la vapeur avec FBD et un circuit de vapeur intégré peuvent être mis en œuvre dans les nouvelles installations sucrières. En ce qui concerne les installations existantes, il peut être nécessaire de refaire entièrement les unités de production d'énergie et de circulation de chaleur. Cette modernisation oblige à reconstruire les sections de production de chaleur et d'électricité, y compris par exemple revoir l'ensemble des dispositifs de transfert thermique au sein de l'usine.

Données financières

Voir également la section 4.7.7.1.5.

La déshydratation à la vapeur avec FBD et la déshydratation bi-phase ont pratiquement la même VPN, tandis que le HTD est meilleur marché de 6 %. Toutefois, si les calculs prennent une durée de vie opérationnelle d'exploitation plus longue, par exemple 18 ans, pour les séchoirs et la turbine à gaz, la VPN de la déshydratation vapeur avec FBD est la plus basse, c'est-à-dire que son coût est le plus bas.

Arguments motivant la mise en application

Économies et gain d'énergie. La déshydratation de la pulpe produit des aliments pour animaux qui se conservent plus longtemps que les aliments humides.

Exemples de site

Utilisé dans six installations sucrières en Allemagne (voir la section 4.7.7.1.5).

Bibliographie de référence

[65, Germany, 2002]

4.7.7.1.5 Comparaison des méthodes de la déshydratation vapeur, HTD et bi-phase de la pulpe de betterave

Description

Trois usines allemandes ont été analysées. La première utilise la déshydratation vapeur avec FBD (voir la section 4.7.7.1.4). La seconde a mis en place le HTD avec séchoir à tambour rotatif (voir la section 4.7.7.1.2). La troisième emploie le procédé bi-phase (voir la section 4.7.7.1.3).

La première utilise la déshydratation vapeur avec deux FBD. L'unité de séchage débute par la livraison des cossettes par la station de pressage. La vapeur à 25 bars est alimentée par la turbine de la chaufferie de l'installation sucrière. À la fin de l'unité de séchage, les cossettes mélassées sont transférées vers la station de formation de boulettes et les unités de récupération de la vapeur. Les appareils à mélasse font partie de l'unité de séchage.

Au début, les cossettes sortant de la station de pressage sont transportées dans le FBD par un convoyeur et un dispositif de comptage. Elles traversent un sas à roue cellulaire et un convoyeur à vis pour se diriger vers la première des 16 cellules disposées autour du surchauffage. Un ventilateur, la seule pièce mobile du FBD à l'exception du sas à roue cellulaire, envoie par les plaques de fond perforées et dans les cellules de la vapeur qui a été surchauffée par la vapeur de départ de la turbine. Cette action maintient les cossettes en suspension et facilite leur transport. L'humidité contenue dans les cossettes s'évapore dans ce FBD à 3 bars, à une température de vapeur saturée de 135 °C.

Au niveau inférieur, les particules lourdes traversent les parois ouvertes des cellules 1 à 16, tandis que les particules légères sont propulsées vers le haut dans la partie conique du FBD. Elles gagnent la cellule 16 en traversant des surfaces inclinées et des barres conductrices. La vapeur en circulation est dirigée par des soupapes conductrices dans la partie supérieure du FBD, en forme de cyclone, pour séparer les particules de poussières. Ces dernières se regroupent sur la paroi externe du cyclone, où elles sont récoltées par un injecteur et acheminées dans la cellule 16. En quittant la cellule 16, la matière sèche traverse un convoyeur à vis et un sas avant de pénétrer dans un cyclone. Les cossettes séchées traversent ensuite un autre sas à

roue cellulaire pour arriver dans un convoyeur à vis qui ajoute la mélasse. Les cossettes retournent ensuite vers la station de formation de boulettes au moyen d'un convoyeur conditionneur à vis. La vapeur sortant des séchoirs se trouve à une pression de 3 bars environ.

Le séchoir fait 18 m de haut, 7,1 m à sa partie la plus basse et 10,4 m à sa partie la plus haute. Il pèse 320 t. La Figure 4.109 illustre un FBD utilisé pour la déshydratation des cossettes de betterave sucrière.

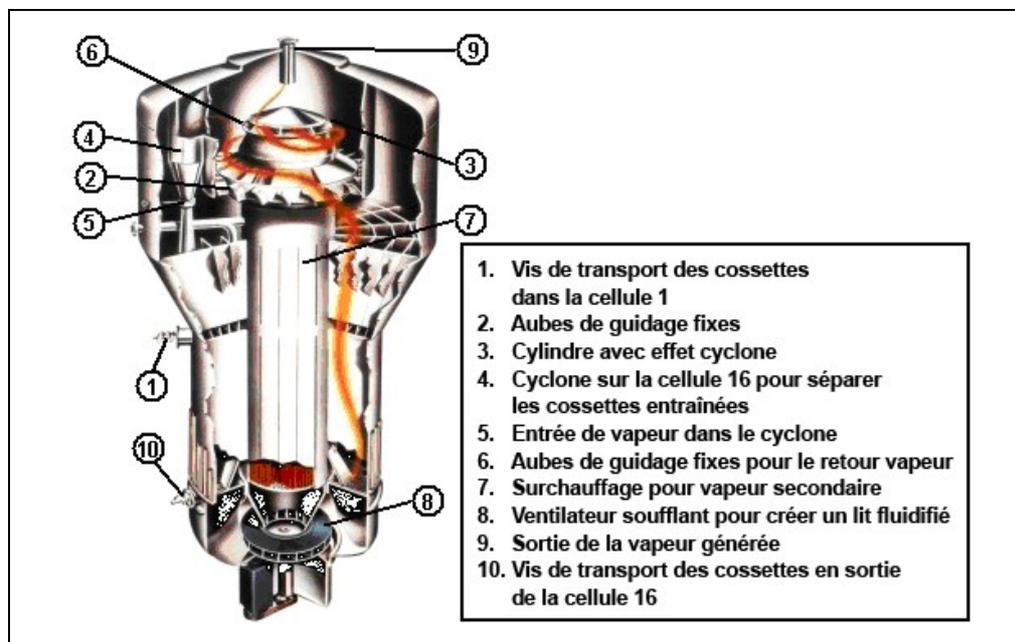


Figure 4.109 : Schéma du système de déshydratation vapeur avec FBD utilisé pour la déshydratation des cossettes de betterave sucrière

Autour des 2/3 de la vapeur totale utilisée est destinée aux séchoirs à une pression de 25 bars puis convertis en vapeur de procédé à 3 bars. Ainsi, la vapeur ou le gradient d'enthalpie de 25 bars à 3 bars ne peut pas servir à la production électrique, comme c'est habituellement le cas dans les usines de sucre. Pour répondre aux exigences propres à l'installation, y compris la consommation électrique élevée des séchoirs, il faut trouver une solution autre que l'unité de production par vapeur à contre-pression habituelle. Une option consiste à utiliser une turbine à gaz conçu pour répondre à la demande d'électricité maximale. Puisque la turbine à gaz dégage beaucoup de gaz d'échappement, le générateur de vapeur en aval est conçu comme chaudière de chaleur résiduelle qui consomme l'énergie thermique produite par les gaz d'échappement de la turbine. La chaudière comporte un dispositif complémentaire de chauffage à mazout. Toutefois, comme ce système de chauffage particulier est équipé de brûleurs spéciaux, il peut respecter les plafonds d'effluents gazeux stipulés dans le permis d'exploitation sans avoir recours à un purificateur de gaz de fumées. La Figure 4.110 illustre un système CHP et vapeur d'une usine de sucre qui déshydrate les cossettes à la vapeur.

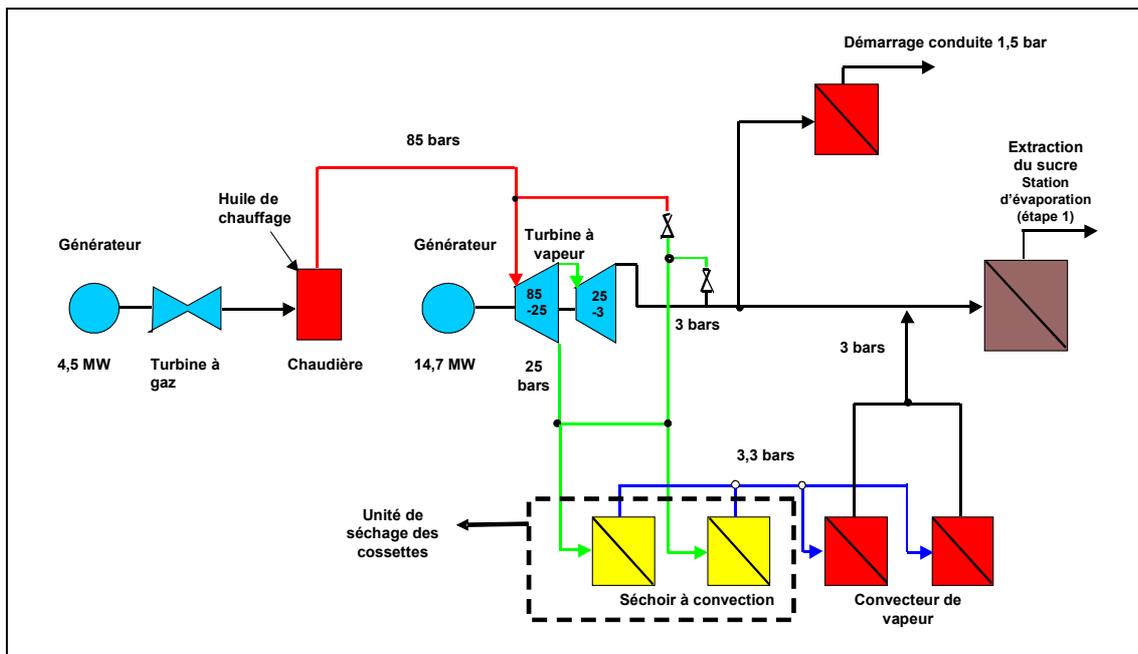


Figure 4.110 : Système CHP et vapeur d'une usine de sucre qui déshydrate les cossettes à la vapeur

La vapeur chaude, produisant une pression de 85 bars et une température de 525 °C, avec un débit massique de 110 t/h, est acheminée dans la turbine à vapeur à contre-pression. Par le dispositif de prélèvement de vapeur, la turbine peut soutirer la quantité de vapeur nécessaire, à une pression comprise entre 11 et 25 bars, pour chauffer le séchoir à évaporation. Les vapeurs dégagées dans les séchoirs sont réutilisées dans la station d'évaporation du procédé d'extraction du sucre. Les vapeurs contenant des substances organiques, telles que des acides, traversent un convertisseur de vapeur situé en aval, avant de chauffer la première phase de la station d'évaporation. Les gaz non condensables contenant une certaine quantité de vapeur d'eau sont rejetés dans l'atmosphère par le convertisseur de vapeur.

La seconde installation utilise le HTD. La pulpe pressée est mélangée avec de la mélasse puis déshydratée dans un séchoir à tambour à courant parallèle et chauffage direct. On mélange les gaz de fumées sortant du foyer et les gaz de fumées provenant de la génération de vapeur. Une autre partie de la matière séchante s'appelle l'air de fuite ou de refroidissement. L'air pénètre parce que l'enceinte de mélange fixe et le tambour rotatif ne peuvent pas être parfaitement étanches. L'air de refroidissement, représentant environ 20 % du volume du gaz séchant, est également obligatoire pour créer un flux capable de transporter les particules à sécher.

Le schéma de principe et les données d'exploitation et de consommation énergétique du HTD sont présentés dans la Figure 4.111. Les chiffres ont été normalisés et simplifiés pour permettre de les comparer aux deux autres méthodes de déshydratation réalisées dans les deux autres usines de cette étude de cas. Si la pulpe fabriquée par une usine d'un rendement de 10 000 t/jour (417 t/h) était déshydratée dans l'installation, le séchoir évaporerait environ 46 t/h d'eau. Comme le montre la Figure 4.111, le gaz de la chambre de combustion représente 30 % du flux de gaz total et environ 84 % de l'alimentation en énergie.

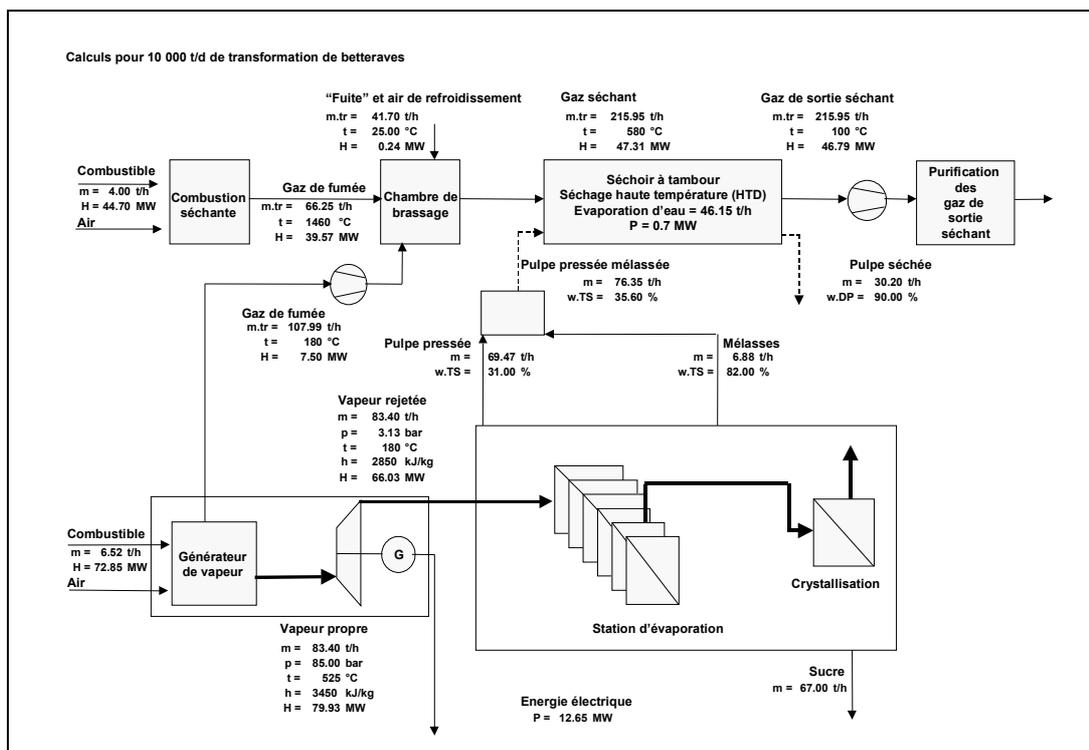


Figure 4.111 : HTD de pulpe de betterave sucrière

Dans la troisième usine de sucre allemande, la pulpe de betterave est déshydratée avec la méthode bi-phase. Elle est tout d'abord séchée dans un séchoir à tapis basse température, qui fonctionne à contre-courant. L'air de séchage est chauffé par des vapeurs, comme de la vapeur d'eau, puis il se condense en sortant des stations de cristallisation et d'évaporation de l'usine de sucre. On peut ainsi réduire l'énergie primaire consommée par le HTD en utilisant l'énergie secondaire. Après avoir mélangé de la mélasse à la pulpe, la deuxième phase est le HTD de l'exemple précédent.

Le schéma de principe du procédé de la déshydratation bi-phase de la pulpe est illustré dans la Figure 4.112. Les données sont à nouveau normalisées pour une usine d'un rendement de 10 000 t/jour (417 t/h) de pulpe de betterave sucrière. Dans ce cas, 62 % du volume d'eau total s'évapore lors de l'étape HTD.

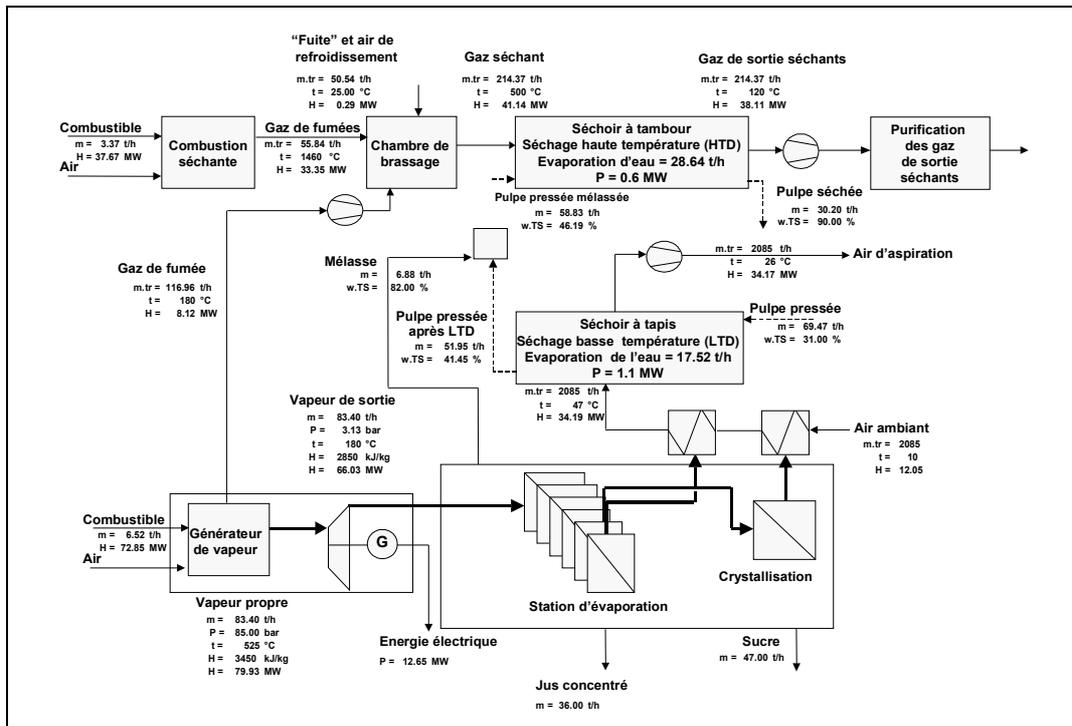


Figure 4.112 : Procédé de déshydratation bi-phase de la pulpe

Arguments motivant la mise en application

Voir les sections 4.7.7.1.2, 4.7.7.1.3 et 4.7.7.1.4.

Interactions entre les milieux

Voir les sections 4.7.7.1.2, 4.7.7.1.3 et 4.7.7.1.4.

Données d'exploitation

Dans le but d'illustrer les consommations énergétiques des trois exemples décrits ci-dessus, les données-cadre des usines ont été normalisées, comme le montre le Tableau 4.202.

Transformation des betteraves	10 000 t/j (417 t/h)
Durée de la campagne	90 j/an
Flux massique de la pulpe pressée	160 kg/t de betteraves transformées = 66,7 t/h
Contenu sec de la pulpe pressée	31 %
Contenu sec de la pulpe déshydratée	90 %
Demande en vapeur de l'usine de sucre	200 kg/t de betteraves transformées = 83,4 t/h
Pression de la vapeur vive	85 bars
Température de la vapeur vive	525 °C
Valeur thermique du combustible	11,2 kWh/kg (40 195 kJ/kg)
Demande électrique de l'usine de sucre sans la déshydratation	10,4 MW = 24,96 kWh/t de betteraves transformées

Tableau 4.202 : Données-cadre normalisées des trois exemples d'usine allemande

La normalisation suppose également la cristallisation complète du jus concentré pendant la campagne de betteraves. Ces normes ont été établies sur la base des équipements techniques suivants :

- Générateur de vapeur à 85 bars et 525 °C
- Turbine de contre-pression correspondante
- 3 bars de contre-pression pour alimenter la station d'évaporation, ou 3 bars de contre-pression et 25 bars de pression d'extraction pour alimenter le séchoir par évaporation
- Turbine à gaz pour réduire l'alimentation électrique pendant l'utilisation d'un séchoir d'évaporation
- SEEU capable de traiter le condensat provenant des vapeurs du séchoir par évaporation.

Le Tableau 4.203 récapitule la demande en énergie et les données de production des trois usines. Pour permettre des comparaisons, les données d'une usine sans déshydratation de la pulpe pressée sont également reprises.

Etape de procédé	Unité	Désy- drata- tion vapeur avec FBD	HTD	Désydra- tation bi-phase	Usine sans désydra- tation
Transformation des betteraves	t/j	10 000	10 000	10 000	10 000
Demande en vapeur de la station d'évaporation	t/h	83,33	83,33	83,33	83,33
Demande électrique du procédé de séchage	MW	1,15	0,80	1,70	0
Demande électrique du reste de l'usine	MW	10,40	10,40	10,40	10,40
Demande électrique totale	MW	11,55	11,20	12,10	10,40
Demande électrique spécifique à la transformation des betteraves, par tonne de betteraves	kWh/t	27,72	26,88	29,04	24,96
Énergie de combustible HTD	MW	0	44,70	37,67	0
Énergie de combustible pour le générateur de vapeur	MW	57,12	67,13	67,13	67,13
Énergie de combustible pour la turbine à gaz	MW	16,60	0	0	0
Énergie thermique totale	MW	73,72	111,83	104,80	67,13
Production électrique de la turbine à vapeur	MW	7,92	11,66	11,66	11,66
Production électrique de la turbine à gaz	MW	4,00	0	0	0
Production électrique totale	MW	11,92	11,66	11,66	11,66
Alimentation électrique	MW	0	0	0,44	0
Production électrique	MW	0,37	0,46	0	1,26

Tableau 4.203 : Comparaison des bilans énergétiques de trois options de déshydratation de la pulpe de betteraves et d'une usine sans déshydratation en Allemagne

En ce qui concerne la demande électrique, la déshydratation bi-phase enregistre la plus forte consommation, suivi par la déshydratation vapeur avec FBD, puis par le HTD, qui consomme le moins d'électricité. En comparaison avec la demande électrique d'une usine sans déshydratation, on en déduit les chiffres suivants concernant l'électricité supplémentaire de chaque technique :

- HTD : 0,8 MW
- Déshydratation vapeur avec FBD : 1,15 MW
- Déshydratation bi-phase : 1,7 MW.

En ce qui concerne la demande en énergie thermique, le HTD enregistre la plus forte consommation, suivi par la déshydratation bi-phase puis par la déshydratation vapeur avec FBD, qui consomme nettement moins d'énergie thermique. En comparaison avec la demande électrique d'une usine sans déshydratation, on en déduit les chiffres suivants concernant l'électricité supplémentaire de chaque technique :

- HTD : 44,7 MW
- Déshydratation vapeur avec FBD : 6,59 MW
- Déshydratation bi-phase : 37,67 MW.

La production d'énergie thermique destinée à être convertie en électricité est la suivante : le HTD enregistre la plus forte production, suivi par la déshydratation bi-phase puis par la déshydratation vapeur avec FBD.

Dans la déshydratation vapeur avec FBD, seulement 6,59 MW sont utilisés par le séchage, sur une consommation d'énergie thermique totale de 73,72 MW. En appliquant la cogénération, le bilan électrique de l'usine est positif, à savoir que la production électrique en sortie s'élève à 0,37 MW, bien qu'une énorme proportion de la vapeur produite par la turbine à contre-pression à 27 bars ne soit pas totalement convertible en électricité.

Dans le HTD, 44,7 MW sont consommés par le séchage, sur une consommation d'énergie thermique totale de 111,83 MW. La demande spécifique de l'évaporation de l'eau est faible, environ 1,03 kWh/kg de vapeur (3,7 MJ/kg).

Dans la déshydratation bi-phase, 38 % de l'eau s'évaporent pendant la phase LTD, mais 9,7 fois plus d'air sont requis par cette phase que par le HTD. La phase LTD présente une demande énergétique spécifique plus élevée. La demande énergétique du LTD de 34 MW représente 1,9 kWh/kg (7 MJ/kg) de vapeur propre à la consommation énergétique, tandis que les 41 MW de la phase HTD produisent 1,4 kWh/kg (5,2 MJ/kg) de vapeur propre à la consommation énergétique.

Domaines d'application

Voir les sections 4.7.7.1.2, 4.7.7.1.3 et 4.7.7.1.4.

Données financières

Le Tableau 4.204 récapitule les données sélectionnées pour établir une comparaison entre les exemples de site. Les chiffres cités sont valides uniquement dans les conditions indiquées ci-dessus. Les chiffres ne tiennent pas compte des différences mineures éventuelles dans les revenus issus des coproduits.

	Unité	Déshydratation vapeur avec FBD	HTD	Déshydratation bi- phase	Usine sans déshydratation
Demande électrique totale	MW	11,55	11,20	12,10	10,40
Demande d'énergie thermique totale	MW	73,72	111,83	104,80	67,13
Production électrique totale	MW	11,48	11,66	11,66	11,66
Alimentation électrique	MW	0,07	0	0,44	0
Production électrique	MW	0	0,46	0	1,26
Coût du combustible	EUROS/h	1 180	1 789	1 677	1 074
Coût électrique	EUROS/h	0	0	18,00	0
Production électrique	EUROS/h	-7,6	-9,4	0	-25,7
Dépenses énergétiques totales	EUROS/h	1 172	1 780	1 695	1 048
Dépenses combustible	EUROS 000/an	2 548	3 865	3 622	2 320
Dépenses en alimentation électrique	EUROS 000/an	0	0	38,9	0
Gains de production électrique	EUROS 000/an	-16,3	-20,3	0	-55,5
Dépenses énergétiques totales	EUROS 000/an	2 532	3 845	3 661	2 264
Tarif de l'énergie thermique = 16,00/MWh EUROS Tarif de l'électricité = 40,90/MWh EUROS Durée de la campagne = 2 160 heures/an Tarif de la production électrique = 20,40/MWh EUROS					

Tableau 4.204 : Comparaison des dépenses énergétiques des différentes méthodes de déshydratation de la pulpe de betteraves

En ce qui concerne la pression et la température, les conditions normalisées sont respectivement 85 bars et 525 °C. Dans certaines usines, la cogénération produit de la vapeur à plus basse pression, par exemple entre 40 et 60 bars. Dans ce cas, les économies mentionnées ci-dessus ne sont pas valables.

En outre, l'équilibre électrique d'une installation peut être atteint avec un séchoir par évaporation uniquement si l'usine a également installé une turbine à gaz. Le générateur de vapeur en aval doit pouvoir mettre à profit le flux de gaz d'échappement de la turbine. Si l'usine n'a pas de turbine à gaz, elle consomme 3,63 MW d'électricité au lieu d'en produire 0,37 MW. Cette consommation d'énergie s'élève à 2,9 millions d'EUROS par an. Les économies tomberaient alors à 0,95 million d'EUROS par an.

Les vapeurs provenant des séchoirs sont condensées. Le condensat doit être traité. Si la capacité de la SEEU existante ne peut pas traiter le volume produit, l'exploitant doit augmenter la capacité de traitement. Toutefois, il faut noter que le coût du traitement des eaux usées et divers investissements liés ne sont pas pris en compte dans les calculs ci-dessus.

Pour résumer le tableau ci-dessus, les coûts énergétiques sont les plus faibles pour la déshydratation vapeur avec FBD, suivie par la déshydratation bi-phase, et enfin par le HTD, qui présente les coûts énergétiques les plus élevés. Cependant, les coûts d'investissements globalement les plus élevés concernent la déshydratation vapeur avec FBD, et les plus bas le HTD.

Il existe plusieurs méthodes d'évaluation des dépenses. L'une d'entre elles est de calculer la valeur présente nette (VPN). La VPN est la valeur d'investissement calculée en faisant la somme des règlements futurs escomptés moins le coût actuel de l'investissement :

$$VPN = -(\text{coût d'investissement}) + \sum_{i=1}^n \left(\frac{\text{revenu}_i}{(1+r)^i} \right)$$

Soit :

VPN = Valeur présente nette

Revenu = revenu net ; il peut être négatif en prenant en compte l'ensemble des coûts

r = taux d'escompte (intérêts en %/100)

i = année

n = durée de vie opérationnelle d'un plan en années

Le Tableau 4.205 compare les dépenses exprimées en VPN pour les trois techniques.

		Déshydratation vapeur avec FBD	HTD	Déshydratation bi-phase
Coûts d'investissements	millions d'EUROS			
Séchoir		16	10	13
Turbine à gaz		4		
Total		20	10	13
Coûts opérationnels	millions d'EUROS			
Energie		-2,5	-3,8	-3,7
Divers		-0,6	-0,4	-0,5
Total		-3,1	-4,2	-4,2
Durée de vie opérationnelle d'une installation = 10 ans				
Taux d'escompte, r = 0,08				
Valeur présente nette (VPN)	millions d'EUROS	-40.9	-38.4	-40.7

Tableau 4.205 : Comparaison des dépenses exprimées en VPN

La déshydratation vapeur avec FBD et la déshydratation bi-phase ont pratiquement les mêmes VPN, tandis que le HTD est 6 % moins cher. Toutefois, si les calculs sont faits avec une durée de vie opérationnelle plus longue, la VPN de la déshydratation vapeur avec FBD est la plus basse, donc son coût est le plus bas.

Bibliographie de référence

[65, Germany, 2002]

4.7.7.2 Réduction de la tare de terre livrée avec les betteraves sucrières

Description

De grandes quantités de terre, graviers et pierres arrivent avec les betteraves dans les usines de sucre. La manipulation de ces matériaux indésirables consomme beaucoup de ressources sur le site, par exemple en énergie et en eau. En s'appuyant sur des mesures techniques, économiques et agricoles, le projet « Betteraves propres » peut réduire la quantité de terre déchargée dans l'usine.

Arguments motivant la mise en application

Moindre consommation d'eau et d'énergie.

Données d'exploitation

Un exemple d'activité de betteraves sucrières suédoise s'efforce de réduire la tare de terre depuis le début des années quatre-vingt. Le projet « Betteraves propres » a permis de diminuer le poids

de terre de 150 000 tonnes. Au Danemark, les chiffres mentionnés dans le rapport sont encore plus élevés car la région de production est plus vaste. Les niveaux de terre sont actuellement 50 % inférieurs à ceux d'il y a 10 ans.

En outre, un programme d'encouragement spécial a été institué en Suède et au Danemark qui promeut la récolte par beau temps et l'utilisation optimale des récolteuses de betteraves à sucre. Les tests conduits dans l'usine d'un exemple indique que, lorsque les récolteuses sont utilisées de manière adéquate, on peut atteindre 5 % de terre (puresse de 95 %) dans presque toutes les conditions météorologiques. La Figure 4.113 illustre la réduction de la tare de terre en Suède.

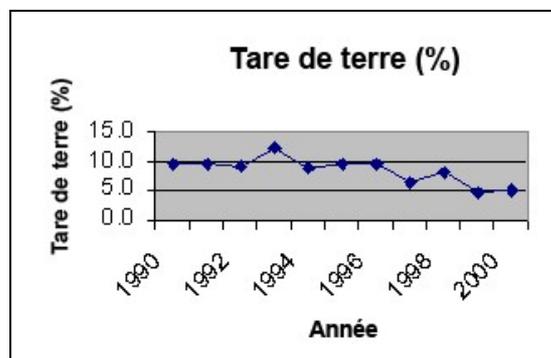


Figure 4.113 : Réduction de la tare de terre en Suède

Parallèlement à ces efforts, ces installations oeuvrent à améliorer la forme des betteraves à sucre pour que moins de terre n'adhère à la tubercule. Les industriels utilisant les techniques de culture traditionnelle ont étudié le sillon fait par la racine de la betterave, problème majeur dans le lavage des betteraves.

Domaines d'application

Applicable à la fabrication du sucre.

Données financières

Baisse des coûts d'énergie et d'eau.

Arguments motivant la mise en application

Baisse des coûts d'énergie et d'eau.

Exemples de site

Fabricants de sucre en Suède et au Danemark.

Bibliographie de référence

[1, CIAA, 2002]

4.7.7.3 Eau de betteraves sucrières / réutilisation des eaux usées

Description

Dans la transformation des betteraves sucrières, l'une des sources d'eaux usées est l'eau de transport utilisée pour transporter les betteraves durant les premières phases du procédé. Cette eau de transport peut être réutilisée environ 20 fois avant de la rejeter. L'objectif ultime consiste à atteindre l'alimentation zéro en eau externe.

Sur de nombreux sites, l'eau de transport est recyclée dans des circuits extensifs, normalement seulement après une épuration intermédiaire dans des bassins de décantation. À cause de la formation de composés organiques dans l'eau de transport, on a pris l'habitude de corriger le pH, généralement avec de la chaux. Les installations qui traitent biologiquement les eaux usées ont cependant constaté qu'il n'est plus nécessaire de corriger le pH. Si on veille à limiter les dégâts causés aux betteraves par le transport, on diminue le lessivage du sucre dans l'eau de transport et par conséquent, on réduit également les niveaux de DCO et l'étendue du traitement des eaux usées avant de les réutiliser.

Les rapports indiquent que dans la majorité des cas, il est possible, en supposant que la capacité de stockage soit suffisante, de conserver assez d'eau de la campagne précédente pour commencer la nouvelle campagne. Cette situation évite de prélever de l'eau dans une rivière ou dans une source souterraine. L'eau excédentaire qui ne sera pas utilisée par la campagne suivante est rejetée dans une canalisation débouchant sur un cours d'eau. Certaines installations envoient le mélange terre et eau pour l'épandage (voir la section 4.1.6).

Le condensat issu des phases d'évaporation et de cristallisation est en partie destiné à plusieurs étapes du procédé, entre autre le lavage des betteraves. Il peut également être classé comme eau de qualité médiocre. On note par exemple que les raffineries de sucre peuvent économiser beaucoup d'eau en utilisant toute l'eau propre dans le procédé et en recyclant la totalité du condensat. La betterave à sucre représente 75 % d'eau, et le procédé d'extraction a pour but par définition de libérer une forte proportion de cette eau. Environ la moitié de cette eau est perdue par évaporation ou parce qu'elle est mélangée à divers flux produit.

Arguments motivant la mise en application

Moindre consommation d'eau.

Données d'exploitation

Dans les usines de sucre moderne, la consommation d'eau propre s'élève actuellement à 0,25 – 0,4 m³/t de betteraves transformées. Les nouvelles installations peuvent atteindre une consommation d'eau de 0,1 m³/t de betteraves transformées.

Domaines d'application

Mis en oeuvre dans des usines de fabrication de sucre de betteraves.

Arguments motivant la mise en application

Moindre consommation d'eau.

Exemples de site

Mis en oeuvre dans des usines de fabrication de sucre de betteraves.

Bibliographie de référence

[1, CIAA, 2002, 13, Environment Agency of England and Wales, 2000, 61, CEFS, 2001, 134, AWARENET, 2002]

4.7.8 Café

4.7.8.1 Réutilisation de la chaleur résiduelle dans la fabrication de café instantané

Description

Le procédé de fabrication du café instantané consomme beaucoup d'énergie (pour avoir la description de la fabrication du café instantané, voir la section 2.2.13.2). La chaleur résiduelle, produite par exemple par l'unité d'extraction et les compresseurs d'air, peut être recyclée en production, comme moyen d'extraction par exemple, ou comme chauffage des bureaux et des magasins. La procédure standard d'utilisation de la chaleur résiduelle consiste à recirculer des flux partiels d'air d'échappement dans l'installation, tels que le séchage par pulvérisation, en installant des échangeurs thermiques à contre-courant, et dans l'unité de torréfaction.

Arguments motivant la mise en application

Moindre consommation énergétique, en réutilisant par exemple la chaleur.

Données d'exploitation

Dans un exemple d'installation en Allemagne, l'extrait de café liquide chaud produit pendant l'extraction est pompé dans des échangeurs thermiques qui extraient la chaleur du café tout en chauffant l'eau de procédé nécessaire à l'extraction. En outre, les bureaux et salles du personnel du site sont chauffés par la chaleur résiduelle de production. Enfin, la chaleur résiduelle des compresseurs d'air sert à chauffer les salles de stockage.

Domaines d'application

La chaleur basse température est largement réutilisée dans le secteur FDM.

Données financières

Coûts énergétiques plus bas.

Exemples de site

Un exemple d'installation en Allemagne.

Bibliographie de référence

[65, Germany, 2002]

4.7.8.2 Abatement des émissions atmosphériques produites par l'agglutination dans la fabrication du café instantané

La fabrication du café instantané est décrit dans la section 2.2.13.2.

Description

Dans la fabrication du café instantané, après le séchage, une partie du produit fini est transféré pour être agglutinée. Cette opération crée beaucoup de poussière qui est essentiellement recirculée. Les dispositifs filtrants en fibre placés en aval (voir la section 4.4.3.7), avec récupérateurs de poussière intégrés, empêchent que les particules de poussière n'entrent dans l'air d'échappement.

Arguments motivant la mise en application

Diminution des émissions de poussière.

Données d'exploitation

Les filtres en fibre fournissent de très bonne performances. On note que le contenu en poussières résiduelles de l'air d'échappement est inférieur à 1 mg/Nm³.

Exemples de site

Un exemple d'installation en Allemagne.

Bibliographie de référence

[65, Germany, 2002]

4.7.8.3 Biofiltre – utilisé dans la transformation du café

Pour obtenir des informations complémentaires sur la technique, voir la section 4.4.3.10.1.

Description

Dans un exemple d'installation, on utilise les biofiltres pour empêcher que le procédé de transformation du café émette des odeurs. Les principaux contaminants présents dans l'air dégagé par la torréfaction du café sont le CO₂, les poussières et le formaldéhyde. Les émissions sont fonction de la composition du café vert, du degré de torréfaction et de l'humidité résiduelle. Les émissions atmosphériques surviennent pendant les opérations principales suivantes : le préchauffage du conteneur de torréfaction, la torréfaction, le prérefroidissement du produit par atomisation d'eau, le séchage du produit, le vidage du conteneur de torréfaction et le refroidissement. Pendant le refroidissement à l'air, il se crée un énorme volume d'air qui doit ensuite être épuré.

L'installation applique la ventilation forcée aux enceintes de mouture et de vide. Les émissions de CO₂ et les hydrocarbures non brûlés résiduels peuvent être aisément interceptés dans un circuit fermé. Dans l'exemple d'installation, 8 600 m³/h d'air sont épurés par un biofiltre dans des modules expansés. Ce dispositif est constitué d'un humidificateur tangentiel comportant un matériau de garnissage en polyéthylène. Le filtre est en fibre d'écorce. Les modules filtrants sont cylindriques, en acier inoxydable, d'un volume total de 198 m³. Le dispositif comprend

également un ventilateur radial de 15 kW et un tableau de commande. Chaque mètre cube de matériau filtrant peut épurer 43,5 m³ maximum d'air d'échappement.

L'odeur de café est encore très présente à des niveaux aussi faibles que 3,5 OU/m³.

Arguments motivant la mise en application

Élimination totale des émissions olfactives.

Interactions entre les milieux

Mise en décharge du matériau filtrant. Le matériau usagé est composté pour réduire la pollution organique puis destiné à l'épandage. L'eau de condensation est recyclée. Elle doit être sinon traitée.

Données d'exploitation

Chaque mètre cube de matériau filtrant peut épurer 43,5 m³ maximum d'air d'échappement. Avec cette puissance, il est impossible de détecter des odeurs après le traitement. Aucune donnée n'existe quant aux autres niveaux d'émissions.

Données financières

Le système complet a coûté 63 480 EUROS (Allemagne 2001).

Bibliographie de référence

[65, Germany, 2002, 170, InfoMil, 2001]

4.7.8.4 Torréfaction du café

Le café vert peut être torréfié selon le procédé en continu ou par charges successives. La torréfaction ne génère pas d'eaux usées. Les pellicules décollées pendant le procédé de torréfaction, qui peuvent représenter jusqu'à 2 % du volume total en fonction du type de café, servent de combustible pour l'incinération ou sont compostées.

Dans un **torréfacteur à charges successives**, le café est fluidifié puis chauffé à une température de torréfaction par de l'air chaud qui entre par côté. La torréfaction est stoppée en apportant de l'eau dans l'enceinte de torréfaction. Le café est alors vidé dans le refroidisseur. Les pellicules des grains de café qui ont été décollées par la torréfaction sont conservées. L'air est recirculé par un four de chauffage. L'excédent d'air est traité avant d'être rejeté à l'air libre. Le cycle de torréfaction dure entre 1 et 5,5 minutes. Le torréfacteur est à nouveau rempli de grains de café vert seulement une fois la torréfaction terminée, ou bien après avoir vidé l'enceinte de torréfaction. La consommation d'eau nécessaire à l'interruption brutale du procédé de torréfaction représente entre 10 et 15 % du poids du café vert.

Les torréfacteurs à charges successives offrent une large gamme de torréfaction qui facilite la transformation des types de café vert les plus divers, en obtenant des résultats extrêmement variés. À titre d'exemple, une installation allemande utilise un torréfacteur d'une capacité de 4 000 kg/h. Ce torréfacteur est particulièrement bien adapté aux usines qui torréfient une grande variété de produits, qui veulent des produits de qualité et un haut rendement. L'agencement du torréfacteur à charges successives utilisé en Allemagne est illustré dans la Figure 4.114.

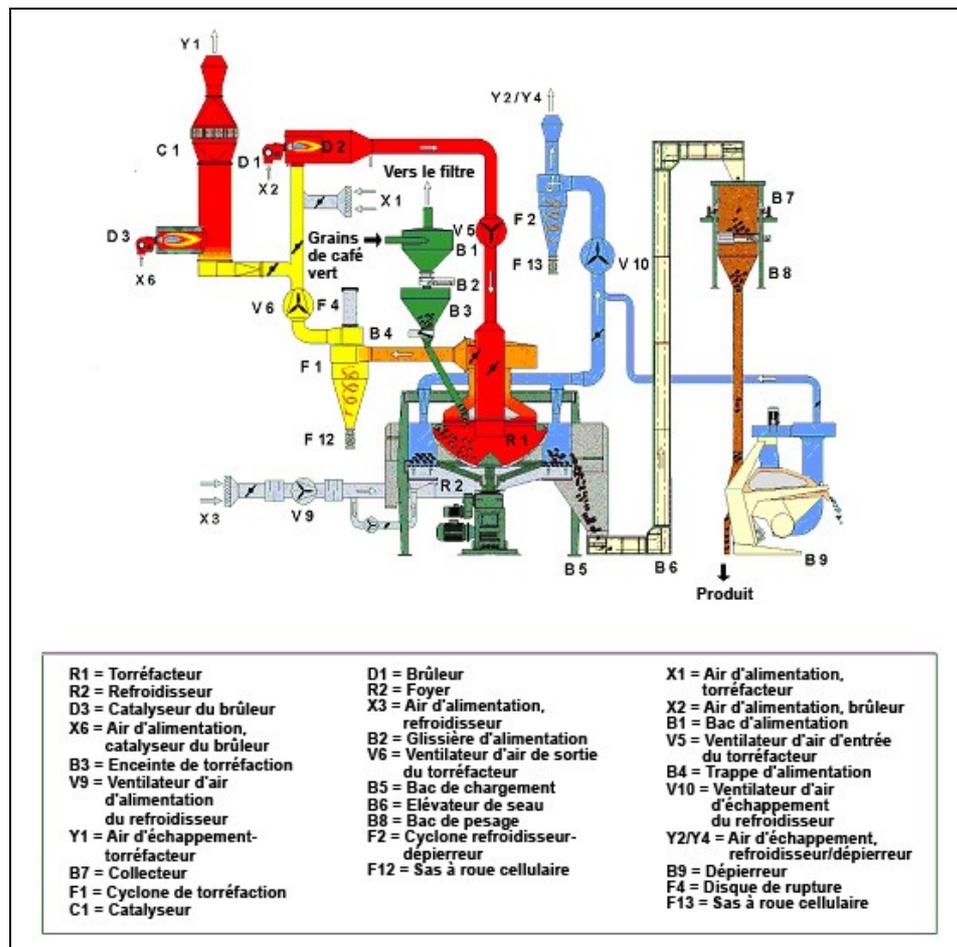


Figure 4.114 : Torréfacteur à charges successives utilisé par un torréfacteur allemand [65, Germany, 2002]

Dans un **torréfacteur continu**, les grains de café vert alimentent sans interruption le torréfacteur. La torréfaction et le refroidissement ont lieu pendant le passage du café dans le torréfacteur. Les grains de café arrivent par petites quantités dans un tambour de torréfaction contenant des enceintes pour petites charges. Le café est brassé par le mouvement du tambour et l'injection d'air chaud. Comme la torréfaction a lieu par mini-charges, on ne peut pas remplacer le produit sans interrompre le procédé de torréfaction. Le café est époussiéré et dépelliculé à l'aide d'un cyclone. Les torréfacteurs en continu sont particulièrement rationnels pour torréfier seulement quelques types de café et lorsque l'opération est effectuée par plusieurs équipes.

En Allemagne, on note que les torréfacteurs en continu peuvent transformer jusqu'à 4 000 kg/h, pour des durées de torréfaction comprises entre une et huit minutes. L'agencement d'un torréfacteur en continu utilisé en Allemagne est illustré dans la Figure 4.115.

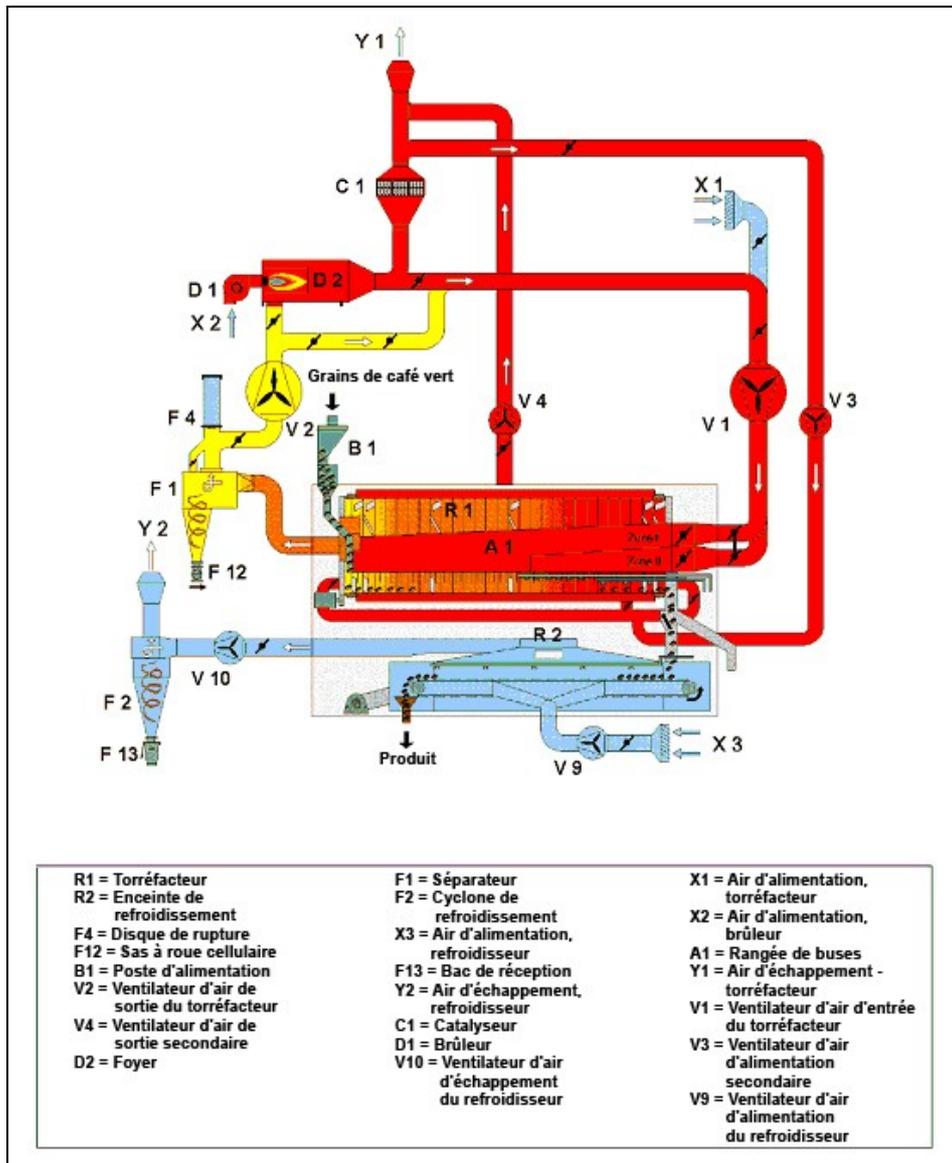


Figure 4.115 : Procédé de torréfaction en continu utilisé par une entreprise allemande [65, Germany, 2002]

4.7.8.4.1 Recirculation de l'air pendant la torréfaction du café

Description

En ce qui concerne l'apport de l'air de torréfaction, on distingue les machines sans recirculation et celles à recirculation. Les torréfacteurs à recirculation consomment moins d'énergie et génèrent moins d'effluents gazeux à épurer.

Arguments motivant la mise en application

Les torréfacteurs à recirculation consomment moins d'énergie et génèrent moins d'effluents gazeux à épurer que les torréfacteurs sans recirculation.

Données d'exploitation

Les torréfacteurs à recirculation consomment jusqu'à 25 % d'énergie en moins que les torréfacteurs sans recirculation. Le Tableau 4.206 indique la concentration massique des poussières produites par les torréfacteurs à recirculation et les torréfacteurs sans recirculation.

	Concentration de poussières après le cyclone (mg/Nm ³)
torréfacteur à recirculation	20 – 150
Torréfacteur sans recirculation	200 – 400

Tableau 4.206 : Concentration massique des poussières après le cyclone

Domaines d'application

Applicable dans toutes les installations de torréfaction du café.

Données financières

Baisse des coûts énergétiques et du traitement des effluents gazeux.

Exemples de site

Utilisé essentiellement dans l'industrie du café allemande par rapport aux torréfacteurs sans recirculation.

Bibliographie de référence

[65, Germany, 2002]

4.7.8.4.2 Refroidissement du café torréfié par atomisation d'eau

Description

On introduit dans le torréfacteur de l'eau finement atomisée pour refroidir le produit. Lorsque l'aérosol air – eau entre en contact avec le café torréfié brûlant, l'eau s'évapore.

Arguments motivant la mise en application

Pollution atmosphérique et consommation énergétique plus faible que le refroidissement à l'air.

Données d'exploitation

Par rapport au refroidissement à l'air, le refroidissement par atomisation d'eau consomme beaucoup moins d'air, ce qui réduit le volume d'effluents gazeux à épurer ainsi que les émissions d'odeur. Le Tableau 4.207 présente la composition des effluents gazeux issus du refroidissement à l'air avant leur épuration. Les niveaux sont plus élevés que ceux du refroidissement par vaporisation d'eau. La consommation énergétique est plus faible que celle du refroidissement à l'air (voir le Tableau 4.208). Ce procédé ne génère pas d'eaux usées.

Température des effluents gazeux (°C)	40
Volume des effluents gazeux (m ³ /kg)*	2 – 7,5
Émissions COT (mg/Nm ³)	20
Émissions de poussière (mg/Nm ³)	75
* 10 vol-% du volume des gaz de torréfaction volume	

Tableau 4.207 : Composition des effluents gazeux issus du refroidissement à l'air avant leur épuration

Les émissions produites par le refroidissement par atomisation d'eau sont éliminées par le dispositif de traitement de l'air de torréfaction pollué.

Domaines d'application

Les grains de café refroidis quittent le torréfacteur à 60 °C environ. Cette température n'est pas optimale pour le café moulu. Pour certains types de café, cette température finale peut donner un goût acceptable, mais ce n'est pas le cas pour beaucoup d'autres. Plus de 90 % du café torréfié vendu en Europe est sous forme de café moulu. Ce système de refroidissement peut donc être appliqué seulement dans certaines circonstances. Ce procédé est essentiellement utilisé dans des zones résidentielles très peuplées.

Données financières

Coûts relatifs à l'énergie et au traitement des effluents gazeux plus bas que ceux du refroidissement à l'air.

Exemples de site

Utilisé dans l'industrie du café allemande.

Bibliographie de référence

[65, Germany, 2002, 186, CIAA-EUCA, 2003]

4.7.8.4.3 Torréfaction du café suivie par l'oxydation catalytique des effluents gazeux

Description

En Allemagne, une usine récemment construite qui torréfie le café à grande échelle, que nous appellerons **Usine A** dans cette section, utilise des torréfacteurs à recirculation (voir la section 4.7.8.4.1) à charges successives ou en continu. Elle peut torréfier environ 12 000 t/an avec un mode d'exploitation à deux équipes. La torréfaction, le stockage et le transport du café torréfié ou moulu se déroulent dans des conditions inertes, c'est-à-dire dans un milieu pauvre en oxygène. Pour obtenir cette condition, on ajoute à l'air de transport des conteneurs de café moulu et torréfié environ 2 l/kg de café torréfié de monoxyde de carbone capté pendant le procédé de mouture. Les conduites et les conteneurs doivent être étanches au gaz pour que le gaz reste à l'intérieur du circuit. Les effluents gazeux sont traités par incinération catalytique.

L'**usine B** est une autre usine de torréfaction de café à grande échelle, qui produit exclusivement des paquets de 500 g sous vide. La capacité annuelle s'élève à 44 500 tonnes de café torréfié pendant 3 900 heures de service. La production moyenne atteint 140 tonnes de café torréfié, avec deux équipes par jour. Elle utilise cinq lignes de torréfaction, d'une capacité totale de 13 640 kg/h. Les installations de torréfaction se composent de torréfacteurs à charges successives avec recirculation (voir la section 4.7.8.4.1), d'une capacité de 2 200 kg/h, et de torréfacteurs avec refroidissement à atomisation d'eau (voir la section 4.7.8.4.2) d'une capacité de 3 080 kg/h. Les effluents gazeux sont épurés avec un incinérateur catalytique qui élimine une bonne partie des émissions olfactives. Le CO₂ émis par l'installation de café moulu est récolté pour protéger le café moulu contre l'oxygène jusqu'à l'emballage sous vide.

Arguments motivant la mise en application

Voir la section 4.4.3.11.3.

Interactions entre les milieux

Voir la section 4.4.3.11.3.

Données d'exploitation

Le Tableau 4.208 compare les consommations et émissions de différents procédés de torréfaction du café.

Consommation et niveaux d'émission	Unité ¹	Niveaux d'émission sortant d'un torréfacteur ² et précédant le traitement des effluents gazeux	Usine A Charges successives avec recirculation et refroidissement à l'air	Usine A Continu avec recirculation et refroidissement à l'air	Usine B Charges successives avec recirculation et refroidissement par atomisation d'air (chiffres de 2001)
Consommation d'eau totale	l/t				169,2
Consommation d'eau de torréfaction	l/t				130
Consommation d'eau du système de refroidissement	l/t				200
Apport de mazout	l/t				42,04
Consommation énergétique totale	kWh/t		490	470	115,21
Consommation énergétique de la torréfaction	kWh/t				49,6
Consommation énergétique de l'emballage	kWh/t				19,6
Consommation énergétique totale de la mouture	kWh/t				19,6
Émissions sonores du torréfacteur	dB(A)		75	75	75
Émissions sonores des ventilateurs	dB(A)		96	96	
Déchets destinés au compostage après avoir été comprimés en boulettes, par ex. les pellicules des grains de café	kg/t	5 – 10 *			2,5
Toutes les émissions atmosphériques suivantes sont mesurées après l'incinération catalytique, sauf ²					
Émissions de poussière	mg/Nm ³		<20	<50	
Charge de poussière	kg/h		0,1	0,018 – 0,275	
Émissions de COT (concentration)	mg/Nm ³	10 000	<50	<50	3,8 – 29,2
	kg/t				0,00963
Émissions de COT (charge)	kg/h		0,25	0,018 – 0,275	
Émissions d'odeur ³ L'odeur du café est encore très présente avec une valeur aussi basse que 3,5 OU/m ³	OU/Nm ³	150 000			577 – 1 138
	GE/Nm ³	300000			1 155 – 2 276
Dioxyde de carbone (CO ₂)	V/V	1 – 3			
Monoxyde de carbone (CO)	mg/Nm ³	500 – 3 000			
¹ Par unité de café vert					
² Le type de torréfacteur n'est pas précisé, par ex. à charges successives ou en continu					
³ Conformément à la Directive VDI 3881 – page 1 sur 4					
* 25 l/kg, taille des particules >100 µg					

Tableau 4.208 : Comparaison des consommations et des émissions de différents procédés de torréfaction du café

Données financières

Dans l'**usine B**, les investissements consacrés à la réduction des émissions pendant le procédé de torréfaction ont représenté 5 à 10 % du montant total investi dans les lignes de torréfaction et de conditionnement, éléments de construction non compris.

Bibliographie de référence

[65, Germany, 2002, 170, InfoMil, 2001]

4.7.8.4.4 Biofiltre – utilisé dans la transformation du café

Pour obtenir des informations complémentaires sur la technique, voir la section 4.4.3.10.1.

Description

Dans un exemple d'installation, on utilise les biofiltres pour que le procédé de transformation du café n'émette pas d'odeurs. Les principaux contaminants présents dans l'air dégagé par la torréfaction du café sont le CO₂, les poussières et le formaldéhyde. Les émissions sont fonction de la composition du café vert, du degré de torréfaction et de l'humidité résiduelle. Les émissions atmosphériques surviennent pendant les opérations principales suivantes : le préchauffage du conteneur de torréfaction, la torréfaction, le prérefroidissement du produit par atomisation d'eau, le séchage du produit, le vidage du conteneur de torréfaction et le refroidissement. Pendant le refroidissement à l'air, il se crée un énorme volume d'air qui doit ensuite être épuré.

L'installation applique la ventilation forcée aux enceintes de mouture et de vide. Les émissions de CO₂ et les hydrocarbures non brûlés résiduels peuvent être aisément interceptés dans un circuit fermé. Dans l'exemple d'installation, 8 600 m³/h d'air est épuré par un biofiltre dans des modules expansés. Ce dispositif est constitué d'un humidificateur tangentiel comportant un matériau de garnissage en polyéthylène. Le filtre est en fibre d'écorce. Les modules filtrants sont cylindriques, en acier inoxydable, d'un volume total de 198 m³. Le dispositif comprend également un ventilateur radial de 15 kW et un tableau de commande. Chaque mètre cube de matériau filtrant peut épurer 43,5 m³ maximum d'air d'échappement.

L'odeur de café est encore très présente à des niveaux aussi faibles que 3,5 OU/m³.

Arguments motivant la mise en application

Élimination totale des émissions olfactives.

Interactions entre les milieux

Mise en décharge du matériau filtrant. Le matériau usagé est composté pour réduire la pollution organique puis destiné à l'épandage. L'eau de condensation est recyclée. Elle doit être sinon traitée.

Données d'exploitation

Chaque mètre cube de matériau filtrant peut épurer 43,5 m³ maximum d'air d'échappement. Avec cette puissance, il est impossible de détecter des odeurs après le traitement. Aucune donnée n'existe quant aux autres niveaux d'émissions.

Données financières

Le système complet a coûté 63 480 EUROS (Allemagne 2001).

Bibliographie de référence

[65, Germany, 2002, 170, InfoMil, 2001]

4.7.9 Boissons

4.7.9.1 Séparation des extrants afin d'optimiser l'utilisation, la réutilisation, la récupération, le recyclage et la décharge (et réduire à un minimum la consommation d'eau et la contamination des eaux usées)

Cette technique est décrite dans la section 4.1.7.6.

Exemples rapportés de situations où la technique est appliquée

Il existe sans nul doute bien d'autres occasions d'appliquer cette technique à l'intérieur du secteur.

- La clarification a recours à l'ajout d'agents d'affinage. Les rapports indiquent que les sédiments issus du procédé de clarification sont séparés par centrifugation ou filtration.
- Pendant la fermentation alcoolique, le dépôt est séparé du vin (enfûtage) tous les trois à quatre mois puis récolté au lieu de le rejeter dans la SEEU.
- Avant la mise en bouteille, le vin est filtré pour éliminer les composés solides et turbides insolubles.
- Les eaux usées contenant beaucoup de sucre / matière fermentable peuvent être réutilisées dans d'autres industries, comme la fabrication de levure.
- On peut renvoyer les liqueurs fortes vers le procédé ou les récupérer pour servir dans l'alimentation animale (voir la section 4.1.7.7) ou autres recyclages.
- Le contenu des conteneurs rendus peut être recueilli au lieu de les évacuer.

Domaines d'application

Applicable à toutes les usines de production de boissons.

Bibliographie de référence

[134, AWARENET, 2002]

4.7.9.2 Nettoyage par voie sèche

Cette technique est décrite dans la section 4.3.1.

Exemples rapportés de situations où la technique est appliquée

Il existe sans nul doute bien d'autres occasions d'appliquer cette technique à l'intérieur du secteur.

- Les résidus de transformation du vin, comme les tiges de raisin, la pulpe, le marc et les lies sont récoltés séparément avant de nettoyer les équipements à l'eau.
- Des collecteurs de déchets sont placés sur les bouches d'évacuation pour empêcher que les résidus, comme les graines et les peaux des fruits, ne pénètrent dans le système d'évacuation.

Domaines d'application

Applicable à toutes les usines de production de boissons.

Bibliographie de référence

[134, AWARENET, 2002]

4.7.9.3 Récupération de la levure après fermentation

Description

Après la fermentation, la levure de bière est séparée et stockée dans des cuves ; elle est destinée à l'alimentation animale (voir la section 4.1.7.7), au procédé de fermentation, à l'industrie pharmaceutique. Elle sera sinon rejetée dans les SEEU anaérobies pour produire du biogaz ou bien mise en décharge.

Arguments motivant la mise en application

Moindre pollution des eaux usées. Diminution des déchets, par exemple comme ingrédient dans l'alimentation animale.

Données d'exploitation

On note que, en raison de son taux de DCO très élevé et de sa tendance à former des acides organiques, la charge polluante des eaux usées serait considérablement accrue si la levure de bière était rejetée dans la SEEU.

Un exemple de brasserie a reconnu perdre plus d'un million de GBP / an de bière dans ses eaux usées. Un audit de réduction des déchets a montré que 80 % de toute la bière perdue provenaient d'une cuve qui séparait la bière des cellules de levure de bière. La bière transparente quittait la cuve dans un tuyau vertical fixe avant que la phase du fond contenant les cellules de levure ait été évacuée. La hauteur de la surface de contact entre les deux phases dépendait du type de bière, et les bières qui se trouvaient au dessous de l'orifice du tuyau vertical étaient évacuées. On a modifié le procédé de manière à ce que la phase de levure soit évacuée en premier, jusqu'à ce qu'un capteur capacitif de niveau situé à un niveau bas dans la cuve détecte la surface de contact. La bière était alors évacuée pour rejoindre la cuve de stockage.

On peut séparer la levure de bière pour l'empêcher de pénétrer dans la SEEU.

La Figure 4.62 représente des opportunités d'économiser de l'eau et des eaux usées en mettant en œuvre cette technique et diverses autres dans une brasserie.

Domaines d'application

Applicable dans les brasseries, les distilleries et les établissements vinicoles.

Données financières

Réduction de la facture d'assainissement des eaux usées. Potentialité de faibles dépenses et d'un retour élevé.

Arguments motivant la mise en application

Moindre gaspillage de produit. Cette technique permet de réduire les factures d'assainissement des eaux usées.

Exemples de site

Utilisé dans les brasseries.

Bibliographie de référence

[1, CIAA, 2002, 11, Environment Agency of England and Wales, 2000, 23, Envirowise (UK) and Dames & Moore Ltd, 1998]

4.7.9.4 Filtration

4.7.9.4.1 Filtration du produit avec séparation membranaire

Description

La filtration du produit est réalisée dans plusieurs procédés de la fabrication des boissons, par exemple pendant l'affinage et avant l'embouteillage, pour éliminer les matières solides résiduelles, les composées turbides insolubles et les micro-organismes. La séparation membranaire peut remplacer les adsorbants minéraux naturels, tels que la diatomite, pour diminuer la consommation d'eau et la production d'eaux usées. Cette méthode élimine le risque de colmatage du filtre et l'entraînement de solides par les eaux de lavage, ce qui contribuerait à polluer les eaux usées. Le matériau filtrant épuisé peut être égoutté. On note qu'il peut être composté, épandu dans le vignoble ou distillé, selon sa composition. Les rapports indiquent que le traitement et la récupération de la diatomite peuvent être problématiques. Cette technique offre une filtration fine du produit et retire les micro-organismes restants et autres matières en suspension. On l'utilise également pour la stérilisation.

Arguments motivant la mise en application

Réduction de la consommation d'eau et de la pollution des eaux usées. La mise au rebut de la diatomite peut être problématique.

Domaines d'application

Applicable dans les usines de fabrication des boissons où une filtration fine du produit ne nuira pas à sa qualité. Cette technique n'est pas appliquée dans l'affinage de l'activité brassière, mais elle est en cours d'étude. Il est difficile d'obtenir la mousse souhaitée dans le produit final.

Exemples de site

Utilisé dans les établissements de transformation du vin et des boissons non alcoolisées.

Bibliographie de référence

[134, AWARENET, 2002]

4.7.9.4.2 Filtration tangentielle

Description

Avec la filtration tangentielle, le flux d'alimentation arrive parallèlement à la membrane. La totalité du flux d'alimentation doit être mis sous pression. Ce principe est illustré dans la Figure 4.116

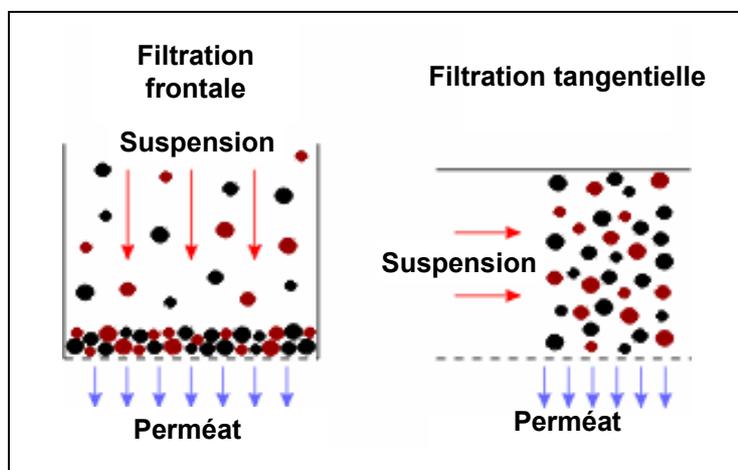


Figure 4.116 : Principe de la filtration tangentielle, comparé à la filtration frontale

Le système tangentielle est appliqué à l'OI, à la nanofiltration, l'ultrafiltration et la microfiltration, en fonction de la taille des pores de la membrane (voir également la section 4.5.4.6).

Arguments motivant la mise en application

Avec la filtration tangentielle, on peut recycler l'eau d'alimentation et récupérer les matières.

Interactions entre les milieux

Consommation d'énergie.

Données d'exploitation

La filtration tangentielle consomme beaucoup d'énergie parce que toute l'eau d'alimentation est mise sous pression. Comparée à la filtration frontale, où toute l'eau traverse le filtre et les résidus s'accumulent sur le filtre, la filtration tangentielle a l'avantage de réduire l'encrassement. Le filtre est relativement résistant à l'encrassement et se nettoie facilement.

On note que le premier avantage de la filtration tangentielle dans la production vinicole est l'élimination de presque toutes les bactéries du vin. Une étude a montré que les vins non filtrés contenaient un taux bactérien important et qu'ils avaient tendance à s'abîmer s'ils étaient exposés à des températures relativement élevées. La filtration tangentielle avec une membrane de $0,22\ \mu\text{m}$ a retiré pratiquement toutes les bactéries et donc éliminé les risques de cultures bactériennes si les vins devaient subir des températures plus élevées. Les modifications mineures causées par la filtration tangentielle dans la concentration alcoolique, l'acidité titrable,

l'extrait et la couleur se traduisent par le fait que les vinx sont plus propres que les vins non filtrés. Concrètement, le procédé de filtration tangentielle n'a donné lieu à aucun changement oxydatif des vins. Le jury de dégustation n'a trouvé aucune différence significative entre les vins non filtrés et ceux filtrés par système tangentielle dans le pinotage, le shiraz et le cabernet sauvignon.

Domaines d'application

Largement applicable dans le secteur FDM.

Exemples de site

Utilisé dans les brasseries, établissements vinicoles, laiteries et SEEU.

Bibliographie de référence

[13, Environment Agency of England and Wales, 2000, 23, Envirowise (UK) and Dames & Moore Ltd, 1998, 236, Ellis L., 2002]

4.7.9.4.3 Récupération du matériau filtrant lorsque le produit est filtré par des adsorbants minéraux naturels

Description

Pendant la fabrication de boissons, le produit est filtré dans plusieurs procédés, par exemple pendant l'affinage et avant l'embouteillage, pour éliminer les matières solides, les composés turbides insolubles et les micro-organismes. La filtration réalisée avec des minéraux naturels, comme la bentonite et la diatonite, fournit une filtration grossière, qui laisse certaines matières dans le produit. On a noté que ce procédé améliorerait la qualité du vin. Le matériau filtrant peut être récupéré au lieu de le rejeter dans la SEEU. On note qu'il peut être composté, épandu dans le vignoble ou distillé, selon sa composition.

Interactions entre les milieux

Si le filtre n'est pas récupéré séparément, il sera rejeté dans la SEEU, contribuant à la pollution des eaux usées.

Données d'exploitation

Dans la production vinicole, on note que la filtration réalisée avec des adsorbants minéraux naturels conserve au vin toute sa qualité, par exemple plus la filtration est forte, moins le vin sera bon.

Les rapports indiquent que la diatomite peut être déshydratée puis acheminée dans un réacteur où elle sera lentement séchée et brûlée dans un flux d'air brûlant. Après cela, la diatomite pourra être recyclée complètement comme matériau filtrant. Les gaz d'échappement du réacteur doivent être épurés. Comme la diatomite peut être recyclée plusieurs fois, les frais de filtration et de mise en décharge diminuent.

Domaines d'application

Applicable dans les usines de fabrication de boissons, où le produit doit être soumis à une filtration grossière, comme les établissements vinicoles.

Exemples de site

Utilisé dans la transformation du vin, de la bière et du jus de pomme.

Arguments motivant la mise en application

Moindre gaspillage de produit.

Bibliographie de référence

[134, AWARENET, 2002, 200, CIAA, 2003, 255, Germany, 2005]

4.7.9.5 Embouteillage

Dans la section d'embouteillage, la nettoyeuse à bouteilles est le premier consommateur d'eau propre, et donc une source importante d'eaux usées.

4.7.9.5.1 Installation d'embouteillage intégrée

Description

Un exemple d'installation produit des vins distillés, de l'alcool neutre, de l'alcool de grains, des essences, et du rhum et du whisky distillé. La production annuelle atteint 70 millions de bouteilles normalisées de 0,7 litre. On a installé une nouvelle ligne d'embouteillage pour diminuer la consommation énergétique.

Actuellement, les matières premières entrantes sont contrôlées pour voir si elles respectent les critères-qualité. Avant qu'elles entrent dans le procédé de production, les matières premières liquides sont stockées dans de grandes cuves en acier, et les matières premières non liquides sont empilées dans un entrepôt à palettes. La division des mélanges mixe les matières de base en suivant des recettes déterminées. Ce mélange est réalisé dans des cuves de mélange spéciales. Le dosage de toutes les matières de base, y compris l'eau de produit conditionnée, est contrôlé par le « dosage par poids » et un système informatique. Pour retirer les MES, les charges mélangées sont ensuite filtrées à l'aide de filtres à lit. À chaque type d'alcool correspond un lit particulier offrant une efficacité de filtration spéciale. Après que le laboratoire d'analyse a effectué un contrôle qualité, le produit mixé et filtré final est transféré vers la ligne d'embouteillage. Le schéma de principe de ce procédé est illustré dans la Figure 4.117.

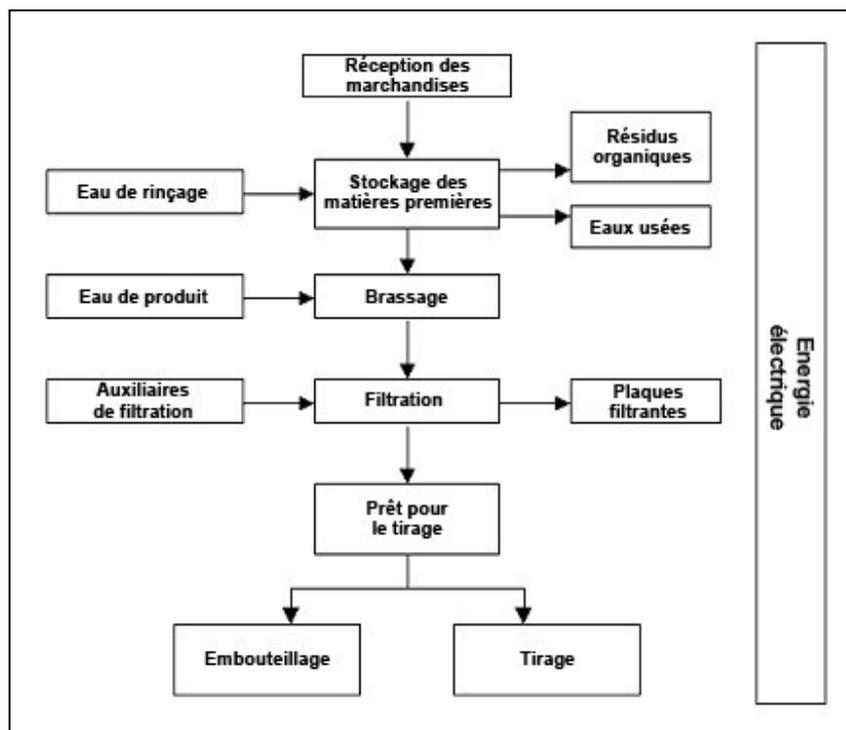


Figure 4.117 : Schéma de principe de la transformation des alcools

La ligne d'embouteillage est illustrée dans la Figure 4.118.

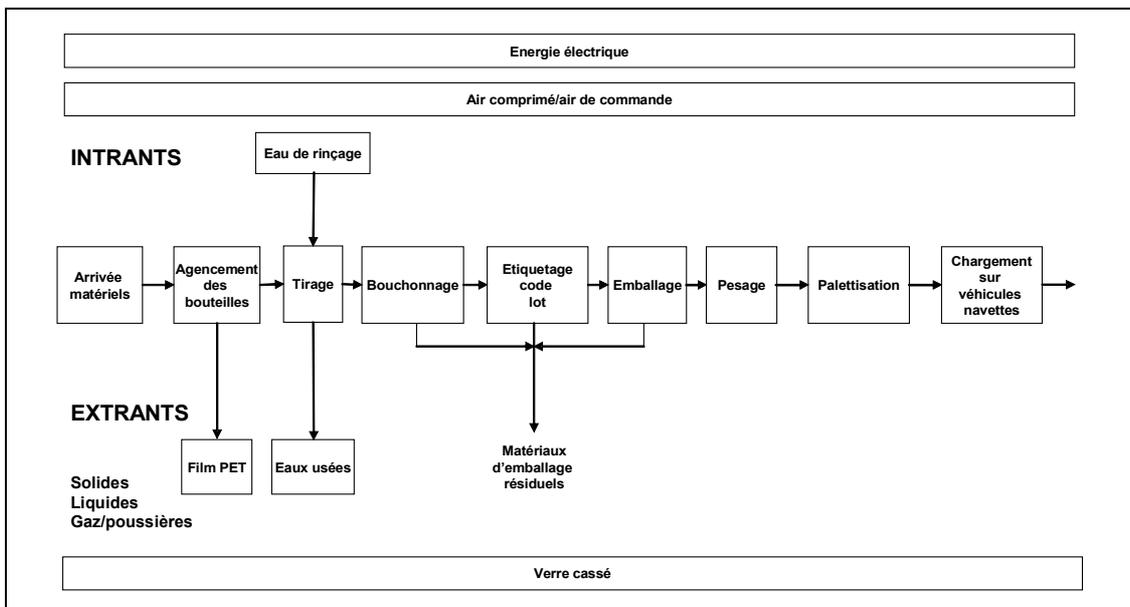


Figure 4.118 : Schéma de principe de la ligne d'embouteillage

Pendant la première étape, des dispositifs de gerbage alimentent individuellement les unités avec les palettes de bouteilles vides et les cartons. Il servent également à fermer et étiqueter les bouteilles et les paquets. Les palettes de bouteilles vides sont placées sur des tapis transporteur et le film plastique de protection est enlevé manuellement. La palette entre dans l'unité à coulisse, où les bouteilles vides glissent de la palette, une rangée à la fois, puis sont disposées en file indienne sur les convoyeurs à bouteilles. Elles sont ensuite transférées dans les unités d'embouteillage. Le film plastique de protection est récupéré, comprimé sous forme de bales puis expédié à une entreprise de recyclage.

Les bouteilles vides sont remplies sur l'unité d'embouteillage rotative puis bouchées. La première bouteille remplie est toujours testée. L'embouteillage démarre une fois que le laboratoire a donné son feu vert. Les systèmes de contrôles montés sur les unités de tirage surveillent le niveau de remplissage et la fermeture des bouteilles. Les bouteilles mal remplies ou non obturées sont enlevées automatiquement. Les bouteilles remplies se dirigent ensuite vers l'unité d'étiquetage. On utilise des étiquettes en film plastique autocollantes ainsi que des étiquettes en papier traditionnelles. Des imprimantes à jet d'encre ajoutent les codes de lot obligatoires.

Les bouteilles remplies sont ensuite emballées. Il existe deux types d'emballeuses, celles qui fonctionnent selon le principe de l'enveloppement et celles selon le principe du carton plié. Le principe de l'enveloppement exécute quatre opérations dans un même procédé. Elle place le carton à la verticale, insère le contenu, ferme le carton et le transfère. Il faut une seule machine à la place de quatre.

Les cartons pleins peuvent être étiquetés puis transférés vers les dispositifs de palettisation en passant par une balance à carton. Cette dernière détecte toute dérive par rapport au poids correct et enlève du procédé de production les cartons défectueux qui deviennent des rebus. Après le pesage, les cartons sont automatiquement palettisés sur des euro-palettes. Les palettes, chargées de cartons de bouteilles pleines, sont alors enveloppées dans un film étirable pour assurer la sécurité du transport.

Comme l'usine ne possède pas d'entrepôt fermé sur le site destiné aux produits finis, la totalité de sa production est emportée par un service de navettes dans un entrepôt de logistique externe. Deux véhicules-navettes peuvent stationner simultanément aux postes de chargement et recevoir 30 palettes chacun en trois minutes. Ce procédé n'utilise pas de chariot-élévateur à fourches.

Arguments motivant la mise en application

Importante réduction de la consommation énergétique. Diminution de la pollution sonore.

Interactions entre les milieux

Production d'eaux usées, par exemple des opérations de transformation, nettoyage et rinçage. Production de déchets, tels que les films PET, les matériaux d'emballage résiduels et le verre cassé.

Données d'exploitation

La nouvelle ligne d'embouteillage consomme en moyenne de 1,0 à 1,5 kWh d'énergie en moins que l'ancienne technologie (non décrite). Le convoyeur à navettes a économisé 15 600 litres de gazole par rapport au chargement des palettes pleines par chariot-élévateur. Le Tableau 4.210 reprend les données de production, de consommation énergétique et des eaux usées entre 1999 et 2001.

Paramètre	Unité	Niveau
Consommation d'eau	m ³	38 830
Intégrée au produit	m ³	25 600
Consommation d'énergie		
Combustible	MWh	1 942,9
Électricité	MWh	2 316,6
Consommation énergétique spécifique	kWh/10 ³ bouteilles	9,4
Production		
Vinasse	Tonnes	3 539
Vinasse potasse	Tonnes	754
Déchets		
Carton / papier	Tonnes	258
Déchets métalliques	Tonnes	10
Verre cassé	Tonnes	157
	kg/10 ³ bouteilles	3,5 – 4,0
Film PET	Tonnes	113
	kg/10 ³ bouteilles	1,0 – 1,2
Eaux usées		
Volume	m ³	13 230
	m ³ /10 ³ bouteilles	0,199
Teneur DCO	mg/l	1 900 – 5 400
Teneur DBO ₅	mg/l	1 200 – 3 000
pH		7,7 – 8

Tableau 4.209 : Chiffres relatifs à la consommation et aux émissions de la ligne d'embouteillage (2000)

Paramètre	Unite	1999	2000	2001 (jusqu'à nov.)
Production totale	10 ³ bouteilles	69636	66465	62 083
Production avec la nouvelle technologie	10 ³ bouteilles	47256	48072	47 189
Électricité totale	kWh	2 282 840	2 316 640	2 097 560
Électricité avec la nouvelle technologie	kWh	462 928	469 502	442 830
Électricité totale	kWh/10 ³ bouteilles	32,8	34,8	33,8
Électricité avec la nouvelle technologie	kWh/10 ³ bouteilles	9,8	9,8	9,4
Combustible	kWh	2 065 620	1 942 920	1 606 480
	kWh/10 ³ bouteilles	29,7	29,2	25,9
Eaux usées	m ³	17 292	13 229	
	hl/10 ³ bouteilles	2,48	1,99	

Tableau 4.210 : Chiffres relatifs à la production, consommation énergétique et génération d'eaux usées d'une fabrication de boissons alcoolisées de 1999 à 2001

Technologie	Consommation énergétique (kWh/10 ³ bouteilles)		
	Unités de production	Étiquetage	Emballage
Technologie ancienne (moyenne 10 ans)	8,2 – 8,4	0,38	2,77
Total comprenant les technologies ancienne et moderne (moins de 6 ans)	7,3 – 7,6	0,36	0,91
Technologie moderne	5,9 – 6,5	0,3	0,61
Technologie ancienne	1,1 – 1,4	0,06	0,3

Tableau 4.211 : Comparaison de la consommation énergétique moyenne entre la technologie ancienne et la nouvelle

On obtient également une diminution de la pollution sonore grâce aux actions plus lisses des nouveaux systèmes mécaniques.

Domaines d'application

Applicable aux installations d'embouteillage.

Données financières

Le service de navettes entièrement automatisé économise les coûts de fonctionnement et les exigences opérationnelles élevés liés à la technologie du chariot-élévateur. Outre un besoin en ressources restreint, la modernisation technologique a eu des retombées économiques substantielles résultant d'un meilleur rendement horaire. C'est l'un des facteurs qui a permis de réduire les coûts de production de 10 % par bouteille normalisée et d'accroître la productivité de 7,5 % entre 1999 et 2001.

Exemples de site

Une fabrication de boissons alcoolisées en Allemagne.

Bibliographie de référence

[65, Germany, 2002]

4.7.9.5.2 Système de nettoyage des bouteilles multi-stades

Description

En sélectionnant différentes méthodes pour les différentes zones de la machine de nettoyage, on peut arriver à réduire la consommation d'eau. Les différents stades de procédé sont regroupés dans un système unique. La formule élémentaire servant à calculer le niveau de nettoyage requis est la suivante :

$$\text{Nettoyage} = \text{température} \times \text{temps} \times \text{concentration} \times \text{force mécanique}$$

Soit : Concentration = teneur en produits chimiques
Force mécanique = force du nettoyage mécanique, par exemple des buses de pulvérisation.

Dans une certaine mesure, ces paramètres sont définis par la conception de la machine de nettoyage. D'autres données, telles que le type et la concentration des produits chimiques, les additifs et les tensio-actifs utilisés sont optimisés en coopération avec le fournisseur des produits chimiques. Ce procédé de nettoyage, qui intervient essentiellement dans la zone de trempage et le bain caustique, permet d'obtenir des bouteilles propres exemptes de microbes. L'interaction des produits chimiques et des effets thermiques et mécaniques effectue le nettoyage des bouteilles dans un temps donné.

Le procédé de nettoyage des bouteilles est schématisé dans la Figure 4.120. Les bouteilles traversent les différentes zones de la machine à nettoyer les bouteilles dans l'ordre indiqué dans la Figure 4.119.

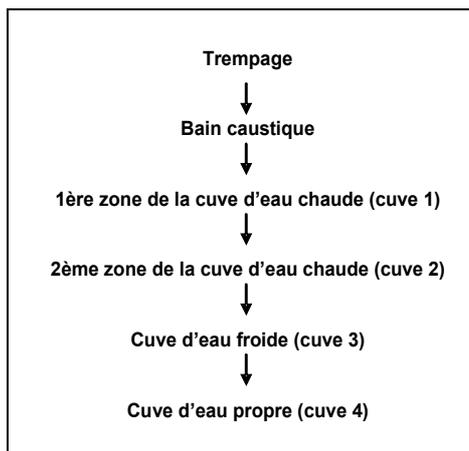


Figure 4.119 : Stades de nettoyage et de rinçage des bouteilles

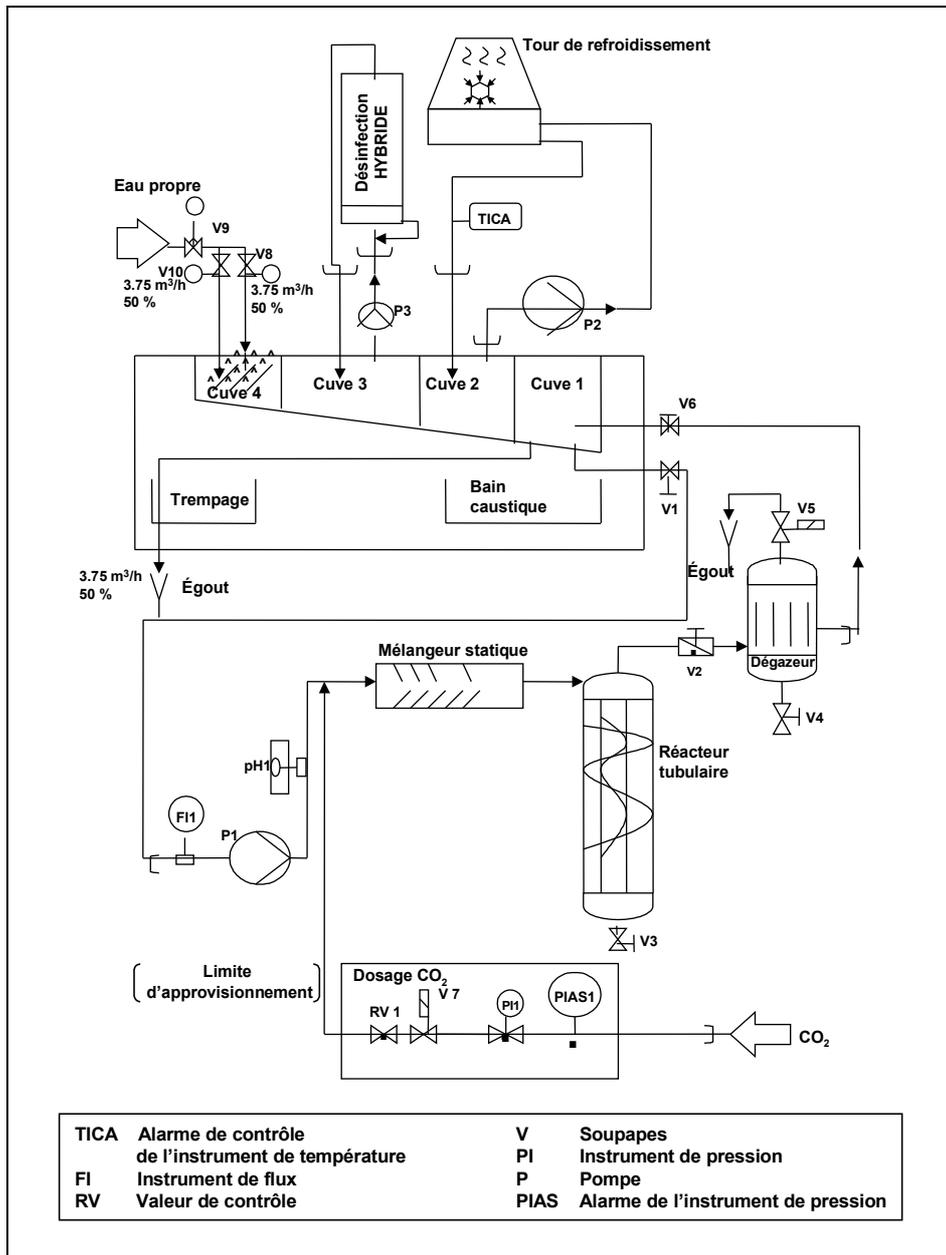


Figure 4.120 : Procédé de nettoyage des bouteilles avec contrôle du pH pour réduire la consommation d'eau [65, Germany, 2002]

Dans le bain de soude caustique, les bouteilles en verre sont nettoyées dans une solution de soude caustique de 1,8 %. L'alcali, les substances chimiques et les petites particules de poussières restant dans les bouteilles lorsqu'elles quittent le bain caustique doivent être éliminés lors des opérations de nettoyage suivantes. Les particules de poussières décollées par le bain caustique s'enlèvent sans difficulté au rinçage dans les premières zones de pulvérisation. Il est beaucoup plus difficile d'éliminer toute trace d'alcalinité emportée dans la première zone à eau chaude (cuve 1) avec les bouteilles. Lorsque les bouteilles quittent le bain principal, elles sont encore recouvertes de cette solution détergente et entraînent avec elle de la liqueur.

Le pH du premier bassin suivant le bain caustique principal se situe au début entre 10 et 11. Ce pH élevé favorise le dépôt de chaux et de sels de magnésium ; en d'autres termes, il enlève la pellicule de tartre lorsque l'eau utilisée est calcaire. La neutralisation de l'eau peut diminuer considérablement les traces de tartre.

Dans un exemple d'installation, la neutralisation au dioxyde de carbone a ramené le pH à 7.5 – 8. Ce pH neutre renforce les performances des désinfectants et réduit considérablement le besoin en agents chimiques.

L'eau neutralisée est pompée à partir de la deuxième zone d'eau chaude (cuve 2) et est ajoutée dans le circuit de refroidissement fermé qui refroidit l'eau de pulvérisation. Cette opération refroidit l'eau de nettoyage dans cette zone. L'eau refroidie est ensuite renvoyée dans la deuxième zone d'eau chaude (cuve 2).

Arguments motivant la mise en application

Diminution de la consommation d'eau et donc du volume d'eaux usées. Moindre contamination des eaux usées grâce au besoin réduit de substances chimiques. Moindre consommation énergétique. Les opérations de transport, de stockage et de manipulation des produits chimiques sont allégées. Le pH des eaux usées est optimisé.

Données d'exploitation

La consommation d'eau par bouteille nettoyée a baissé de 530 à 264 ml (51 %) dans l'exemple d'installation, accompagnée d'une diminution conséquente du volume des eaux usées. La consommation d'eau varie en fonction de la contenance des bouteilles et de leur degré de salissure. Outre une forte consommation d'eau, les autres inconvénients des anciennes machines à nettoyer les bouteilles se traduisaient par la formation de tartre dans les zones d'eau chaude et de l'entraînement d'alcali, le besoin d'agents complexants et de désinfectants, et le risque que ces substances chimiques passent dans les eaux usées. Ces inconvénients ont disparu avec le procédé mixte multi-stades. Même en réduisant l'alimentation en eau propre de 51 %, l'eau refroidie recyclée permet encore de refroidir convenablement les bouteilles.

Domaines d'application

Ce système peut remplacer les machines à nettoyer les bouteilles dans les lignes d'embouteillage existantes. On peut par exemple appliquer ce procédé à toutes les anciennes machines à nettoyer les bouteilles qui ont une consommation d'eau supérieure à 400 ml par bouteille ; 80 % de machines à nettoyer les bouteilles utilisées dans le secteur des boissons non alcoolisées allemandes sont de ce modèle.

On note que, pour assurer un nettoyage de qualité appropriée, on ne peut pas espérer consommer moins de 200 ml par bouteille. Les nouveaux modèles consomment seulement 150 ml d'eau de nettoyage par bouteille. On ne peut donc pas compter faire des économies avec les anciennes machines.

Données financières

Pour arriver à une période d'amortissement acceptable, on doit économiser au moins 200 ml d'eau par bouteille nettoyée.

Driving forces for implementation

Baisse de la consommation et du coût de l'eau, des détergents et des agents désinfectants.

Exemples de site

Au moins un fabricant de boissons non alcoolisées en Allemagne.

Reference

[65, Germany, 2002]

4.7.9.5.3 Réutilisation des solutions de nettoyage des bouteilles après décantation et filtration

Description

Pour économiser de la soude caustique et de l'eau propre, et pour éviter de charger inutilement les eaux usées, le contenu du bain de nettoyage est décanté et filtré en fin de période de production. La solution de nettoyage est acheminée par pompage électrique du dispositif de nettoyage des bouteilles vers une cuve de décantation. Cette cuve sert également d'unité de stockage provisoire. Les particules sédimentées sont retirées par une unité filtrante dont le

4.7.9.5.4 Consommation d'eau optimisée dans le nettoyage des bouteilles

Description

Dans un exemple de brasserie au Danemark, l'eau de rinçage destinée au nettoyage des bouteilles est mesurée (voir la section 4.1.8.4) et des vannes automatiques sont installées pour fermer l'alimentation d'eau si la ligne s'arrête (voir la section 4.1.8.7). De l'eau propre est utilisée par les deux dernières rangées des buses de rinçage.

L'eau du dernier rinçage peut être réutilisée pour le prérinçage ou autres étapes de nettoyage des bouteilles, cannettes ou autre récipients. Lorsque l'opération de tirage fait appel à des pompes à anneau d'eau à vide, ceci permet de réduire au minimum la contamination de l'eau d'interception hydraulique et de réutiliser cette dernière comme eau de rinçage.

Arguments motivant la mise en application

Diminution de la consommation d'eau et de la charge des eaux usées.

Données d'exploitation

L'exemple de brasserie a enregistré une consommation d'eau de 0,5 hl/hl de bière.

Domaines d'application

Applicable à toutes les activités FDM qui nettoient des bouteilles pour les remplir, par exemple les conserveries, les fabricants de boissons non alcoolisées et de vin, les brasseries et les laiteries.

Exemples de site

Au moins une brasserie au Danemark.

Bibliographie de référence

[13, Environment Agency of England and Wales, 2000, 59, Danbrew Ltd., 1996]

4.7.9.5.5 Réutilisation de l'eau de pasteurisation des bouteilles

Description

Pour réduire la consommation d'eau, l'eau qui déborde des pasteurisateurs est recueillie dans des cuves en acier inoxydable. Cette eau est ensuite véhiculée vers une tour de réfrigération puis renvoyée vers le pasteurisateur à une pression préréglée, après avoir reçu des doses d'agents anti-corrosion et de biocides.

Arguments motivant la mise en application

Moindre consommation d'eau et de produits chimiques. Volume d'eaux usées plus bas.

Interactions entre les milieux

Apparition possible de la légionellose, de traces de corrosion et de formation de tartre.

Données d'exploitation

Dans un exemple d'installation d'embouteillage de bière, les pasteurisateurs consommaient 51 % du volume d'eau total, qui s'élevait à 7 000 m³/semaine. Bien que les pasteurisateurs aient été conçus pour des flux régénératifs, le système avait constamment besoin d'eau de refroidissement qui était ensuite déversée dans la conduite d'évacuation. Le débit moyen était de 10 m³/h, avec des pointes de 60 m³/h. Ce flux constant vers la SEEU faisait perdre des agents anti-corrosion et des biocides. De plus, 5 % de l'eau était perdu par évaporation dans les tours de réfrigération, ce qui exigeait de l'eau de remplacement. Après avoir installé sur le toit du bâtiment une unité qui récupère l'eau des pasteurisateurs, la consommation d'eau totale est descendue à 17 % du volume total du site. L'entreprise a enregistré des économies d'eau et d'eaux usées de 80 % et de produits chimiques de 23 %.

Dans l'exemple d'installation, les systèmes d'embouteillage et de mise en boîte sont séparés car les bouteilles qui se cassent dans le pasteurisateur entraînent souvent des dépôts de produit, comme par exemple de la bière dans l'eau du pasteurisateur.

Domaines d'application

Cette méthode s'adresse aux pasteurisateurs, aux pompes à vide et aux autoclaves.

Données financières

Une installation de conditionnement enregistre des frais d'eaux de remplacement de 0,8 EUROS/m³ et un flux constant vers la SEEU de 1,1 EUROS/m³, ce qui équivaut à une perte de 7,2 – 43,2 EUROS par heure et par pasteurisateur. Avec un coût d'investissements de 162 000 EUROS, la période d'amortissement est de 15 mois environ.

Exemples de site

Installation de conditionnement au Royaume-Uni.

Bibliographie de référence

[13, Environment Agency of England and Wales, 2000, 94, Environment Agency of England and Wales, 2002]

4.7.9.6 Brasserie

La brasserie destine l'eau essentiellement à l'empâtage, au transfert thermique et aux opérations de nettoyage. La consommation d'eau des brasseries modernes est généralement comprise entre 4 et 10 hl/hl de bière. Le Tableau 4.212 donne les opportunités d'économiser de l'eau et des eaux usées dans une brasserie. Le Tableau 4.213 reprend les opportunités type de réduction de la consommation d'eau dans l'industrie brassière.

Mesure	Méthode	Description / objectif	Équipements technique	Avantages majeurs	Avantages divers	Coût estimé ¹	Période d'amortissement estimée ²
Dosage de la liqueur	Dosage et formation	Éviter une production de moût excessive	Doseur	Économies d'eau et d'eaux usées	Moût de qualité constante	Élevé	Inter.
Mise en décharge du moût	Stockage et mise en décharge	Réduire la DCO des eaux usées	Cuve	Économies d'eaux usées		Faible	Courte
Conserver la drêche sèche	Formation	Réduire le lessivage pendant le stockage et le transport	Brosse (soulève de la poussière)	Économies d'eaux usées	Décollement des grains	Faible	Inter.
Nettoyage de la cuve d'empâtage et de la chaudière à cuire	Flexible haute pression	Réduire l'utilisation de l'eau pour le nettoyage manuel	Bague de pression	Économies d'eau et d'eaux usées	Nettoyage amélioré	Moyen	Inter.
Ébullition du moût	Réduction du temps d'ébullition	Réduire la consommation de vapeur	Formation	Économies d'eau et d'énergie		Faible	Longue
Récupération du condensat dans la chaudière à cuire	Échangeurs thermiques	Recycler la chaleur perdue et réduire les odeurs	Échangeur thermique	Source de liqueur chaude	Économies énergétiques, baisse des rejets de vapeur	Élevé	Longue
Mise en décharge de la cassure	Stockage et mise en décharge	Réduire la DCO des eaux usées	Cuve	Économies d'eaux usées		Faible	Courte
Automatisation des échangeurs thermiques	Vannes à commande sur le contrôle de la température	Optimiser le refroidissement et la production de liqueur chaude	Vannes et éléments de commande	Économies d'eau et d'eaux usées	Refroidissement du moût rationnel	Moyen	Longue
Optimisation des échangeurs thermiques	Réduction de la durée de stockage de la liqueur froide	Éviter la production de liqueur brûlante	Formation	Économies d'eau et d'eaux usées	Moût plus froid dans le fermenteur	Faible / Moyen	Inter.
Stockage de la liqueur chaude	Augmentation de la capacité	Éviter des débordements de la cuve à liqueur chaude	Nouvelle cuve	Économies d'eau et d'eaux usées		Élevé	Longue
Refroidissement du fermenteur	Manchon ou panneaux de refroidissement	Améliorer les performances de nettoyage	Nouvelle cuve ou panneaux de refroidissement	Économies d'eau et d'eaux usées	Nettoyage facilité	Élevé	Longue
Refroidissement du fermenteur	Refroidissement en circuit fermé	Réduire la consommation d'eau	Refroidisseur et pompe de recirculation	Économies d'eau et d'eaux usées	Refroidissement amélioré	Moyen	Courte
Nettoyage du fermenteur	Formation, utilisation de racloirs	Réduire les volumes d'eau et d'eaux usées	Formation / nettoyage des équipements	Économies d'eau et d'eaux usées		Moyen	Courte

Mise en décharge de la levure	Stockage et mise en décharge	Réduire la DCO des eaux usées	Cuve	Économies d'eaux usées		Faible	Courte
Filtration de la bière	Filtration tangentielle	Réduire la consommation d'eau et la concentration des eaux usées	Équipement propriétaire	Économies d'eau et d'eaux usées	Moins de brume	Élevé	Inter. / Longue

Les coûts et périodes d'amortissement estimés sont donnés uniquement à titre indicatif. Les coûts et périodes d'amortissement réels seront fonction du site.

¹ Coût estimé : Faible = Modifications mineures apportées à des pratiques ou installations existantes (0 EUROS – quelques centaines d'euros) ; Moyen = Certaines modifications des installations existantes ou nouvelles installations mineures (200 – 1 500 EUROS) ; Élevé = Modifications importantes ou nouvelles installations (plusieurs milliers d'euros).

² Période d'amortissement estimée Courte = Mois ; Inter. = Moins d'un an ; Longue = Plus d'un an.

Tableau 4.212 : Opportunités d'économiser de l'eau et des eaux usées dans une brasserie [23, Envirowise (UK) and Dames & Moore Ltd, 1998]

Mesure d'économie d'eau	Réduction typique dans l'utilisation du procédé (%)	Application possible
Recyclage de l'eau en circuit fermé	90 max.	Refroidissement du fermenteur
CIP	60 max.	(Nouveau)
Réutilisation de l'eau de nettoyage	50 max.	Nettoyage des fûts
Rinçage à contre-courant	40 max.	CIP
Entretien soigné	30 max.	Tuyaux flexibles
CIP	30 max.	Optimisation du CIP
Modernisation des pulvérisateurs / buses	20 max.	Nettoyage des fûts
Brosses / raclettes	20 max.	Nettoyage du fermenteur
Coupure automatique	15 max.	Eau de refroidissement de la pompe

Tableau 4.213 : Opportunités type de réduction de la consommation d'eau dans l'industrie brassière

4.7.9.6.1 Empâtage

Le programme d'empâtage sélectionné est spécifiquement défini entre autres par la qualité du malt et le type de bière à produire. Le choix du procédé d'empâtage a des répercussions sur la consommation énergétique dans la salle de brassage et donc dans la brasserie toute entière.

4.7.9.6.2 Procédé d'infusion de la trempe

Description

Le malt concassé arrive dans la cuve d'empâtage, avec de l'eau d'infusion chaude. Cette pâte portant le nom de trempe est chauffée à 78 °C, tout en étant constamment brassée. Le procédé d'infusion de la trempe a lieu entièrement dans la cuve d'empâtage.

Arguments motivant la mise en application

Pollution de l'air (odeurs) et consommation énergétique plus faibles que celles du procédé de décoction de la trempe (voir la section 4.7.9.6.3).

Données d'exploitation

Le procédé d'infusion de la trempe ne porte pas à ébullition une partie de la trempe, comme le demande le procédé de décoction de la trempe. Ceci présente un gain d'énergie compris entre 20 et 50 %. Le Tableau 4.214 présente la consommation énergétique de la salle de brassage d'une grande brasserie allemande qui fait infuser la trempe.

Consommateur	Energie électrique		Energie thermique			
	Total (kWh)	Spécifique (kWh/hl)	Total (10 ⁶ kWh)	Spécifique (kWh/hl)	Total (10 ⁶ MJ)	Spécifique (MJ/hl)
Préparation du moût dans la salle de brassage	675 500	0,84	8,2	10,2	29,52	36,6
Consommation totale	6 520 730	8,1	22,82	28,3	82,152	101,9

Tableau 4.214 : Consommation énergétique de la salle de brassage d'une grande brasserie avec le procédé d'infusion de la trempe

De plus, les rapport indiquent que le procédé d'infusion de la trempe émet moins d'odeurs que le procédé de décoction.

Domaines d'application

L'infusion de la trempe est applicable à la transformation des bières pur malt. La méthode traditionnelle d'infusion de la trempe demande du malt de première qualité, bien que les qualités de malt disponibles permettent d'appliquer ce procédé à plusieurs types de bière.

Données financières

Coût similaire à celui du procédé de décoction de la trempe.

Arguments motivant la mise en application

Le procédé d'infusion de la trempe est utilisé essentiellement à cause de sa faible consommation énergétique, de son moindre besoin en équipements et parce que son automatisation est plus facile que celle du procédé de décoction.

Exemple plant

Une grande brasserie en Allemagne.

Bibliographie de référence

[65, Germany, 2002, 136, CBMC - The Brewers of Europe, 2002, 216, CBMC - The Brewers of Europe, 2004]

4.7.9.6.3 Procédé de décoction de la trempe

Description

Le malt concassé arrive dans la cuve d'empâtage, avec de l'eau d'infusion chaude. Cette pâte portant le nom de trempe est chauffée à 78 °C, tout en étant constamment brassée. La partie épaisse de la trempe est ensuite séparée et bouillie dans une chaudière à trempe. Pour cela, elle est chauffée à 100 °C.

Interactions entre les milieux

Pollution atmosphérique (odeurs) et consommation énergétique plus élevées que celles du procédé d'infusion (voir la section 4.7.9.6.2).

Données d'exploitation

On note que, comme la trempe est bouillie, ce procédé perd davantage de chaleur que le procédé d'infusion. En outre, le procédé de décoction dégage plus d'odeurs que le procédé d'infusion.

Domaines d'application

Le procédé de décoction de la trempe est applicable lorsque l'industriel utilise des matières premières non maltées, comme le maïs.

Bibliographie de référence

[65, Germany, 2002, 136, CBMC - The Brewers of Europe, 2002, 216, CBMC - The Brewers of Europe, 2004]

4.7.9.6.4 Réutilisation de l'eau chaude provenant du refroidissement du moût

Description

La consommation d'eau chaude est l'un des principaux sujets de discussion dans le domaine des économies d'énergie. L'eau chaude est normalement produite dans un échangeur thermique en refroidissant le moût qui passe de 100 °C à la température de fermentation, qui peut être de 10 °C environ. Stockée dans des cuves à eau isolées, l'eau chaude est consacrée à divers procédés, comme les procédés de production, les opérations de nettoyage, le rinçage des chaudières de brassage ou le chauffage des locaux.

Arguments motivant la mise en application

Moindre consommation d'énergie. Moindre consommation d'eau et meilleur équilibrage de l'eau chaude de l'opération. Diminution des odeurs.

Données d'exploitation

On note que si l'eau chaude est destinée uniquement à l'empâtage, il y aura un excédent d'eau chaude qui fera déborder la cuve. On peut perdre de grandes quantités d'eau et d'énergie avec ces débordements. Pour optimiser le circuit d'eau chaude, on peut établir un bilan d'eau chaude de l'ensemble de la brasserie. Il faut relever avec précision quand, où et comment l'eau chaude est utilisée. L'enquête devra également révéler s'il est possible d'utiliser de l'eau déjà chaude au lieu de chauffer de l'eau froide avec de la vapeur pour des opérations comme le CIP, la stérilisation et le nettoyage des bouteilles. Par ailleurs, il est important d'avoir une cuve à eau aux dimensions adéquates pour que la brasserie n'ait pas à produire de l'eau chaude avec de la vapeur après l'arrêt de la production pour le week-end.

Domaines d'application

Applicable dans toutes les brasseries.

Bibliographie de référence

[136, CBMC - The Brewers of Europe, 2002, 216, CBMC - The Brewers of Europe, 2004]

4.7.9.6.5 Récupération de chaleur à partir de l'ébullition du moût

Description

L'ébullition du moût constitue le procédé premier consommateur de chaleur de la brasserie. Lorsque le moût est porté à ébullition, il s'évapore normalement dans des proportions comprises entre 6 et 10 %. La vapeur se dégage habituellement dans l'atmosphère, gaspillant de l'énergie et générant des odeurs désagréables. La récupération de chaleur des chaudières à moût économise de l'énergie et élimine les problèmes d'odeur.

La méthode la plus simple pour récupérer la chaleur de la vapeur consiste à l'utiliser pour produire de l'eau chaude destinée à divers procédés, comme les procédés de production, les opérations de nettoyage, le rinçage des chaudières de brassage ou le chauffage des locaux. Si toutefois le refroidissement du moût génère également de l'eau chaude (voir la section 4.7.9.6.4), ce qui est très courant, l'industriel risque de se trouver avec un excédent d'eau chaude qui sera rejeté dans la SEEU. Dans ce cas, il existe selon les rapports deux solutions pour récupérer la chaleur dans la vapeur : soit on utilise la vapeur pour bouillir le moût, soit on utilise la chaleur de la vapeur pour préchauffer le moût avant de le faire bouillir.

Arguments motivant la mise en application

Baisse importante de la consommation énergétique. Réduction de la consommation d'eau et amélioration du bilan d'eau chaude de l'opération. Recul des émissions olfactives.

Données d'exploitation

La vapeur, chauffée à l'aide de la recompression, est traditionnellement destinée à bouillir le moût dans un échangeur thermique spécial. On note que la chaleur émise par le condensat de vapeur, à une température de 100 °C environ, peut être recyclé en le destinant à la production d'eau chaude pour faire bouillir le moût. Ce procédé est illustré dans la Figure 4.122.

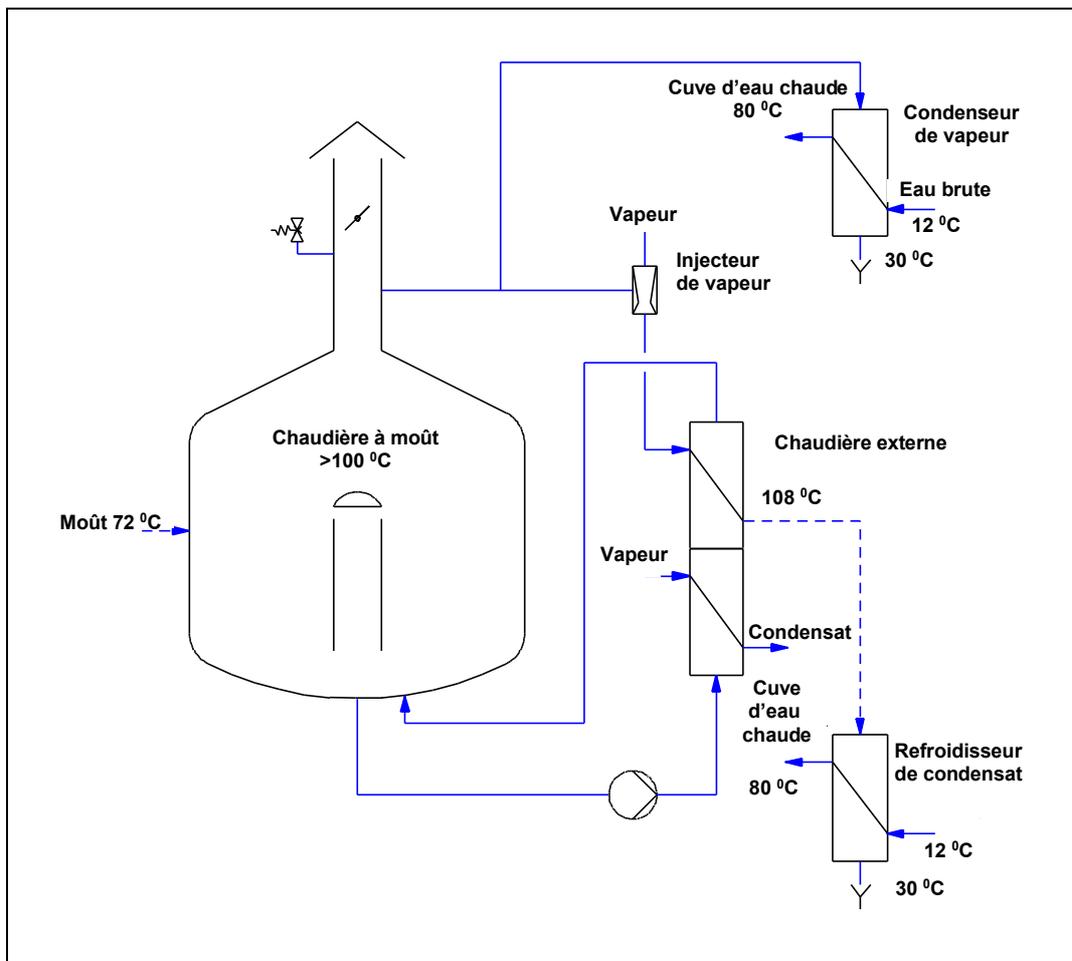


Figure 4.122 : Récupération de chaleur émise par une chaudière à moût chauffée à la vapeur pour produire de l'eau chaude

Les rapports indiquent également que la chaleur peut par ailleurs servir à générer de l'eau à 98 °C pour préchauffer le moût avant de le faire bouillir. Ce dernier peut être chauffé de 72 °C à 90 °C environ à l'aide de la chaleur récupérée dans le condensat de vapeur. Cette opération demande l'installation d'un dispositif de stockage d'énergie. Si nécessaire, la chaleur du condensat peut aussi produire de l'eau chaude. Ce procédé est illustré dans la Figure 4.123.

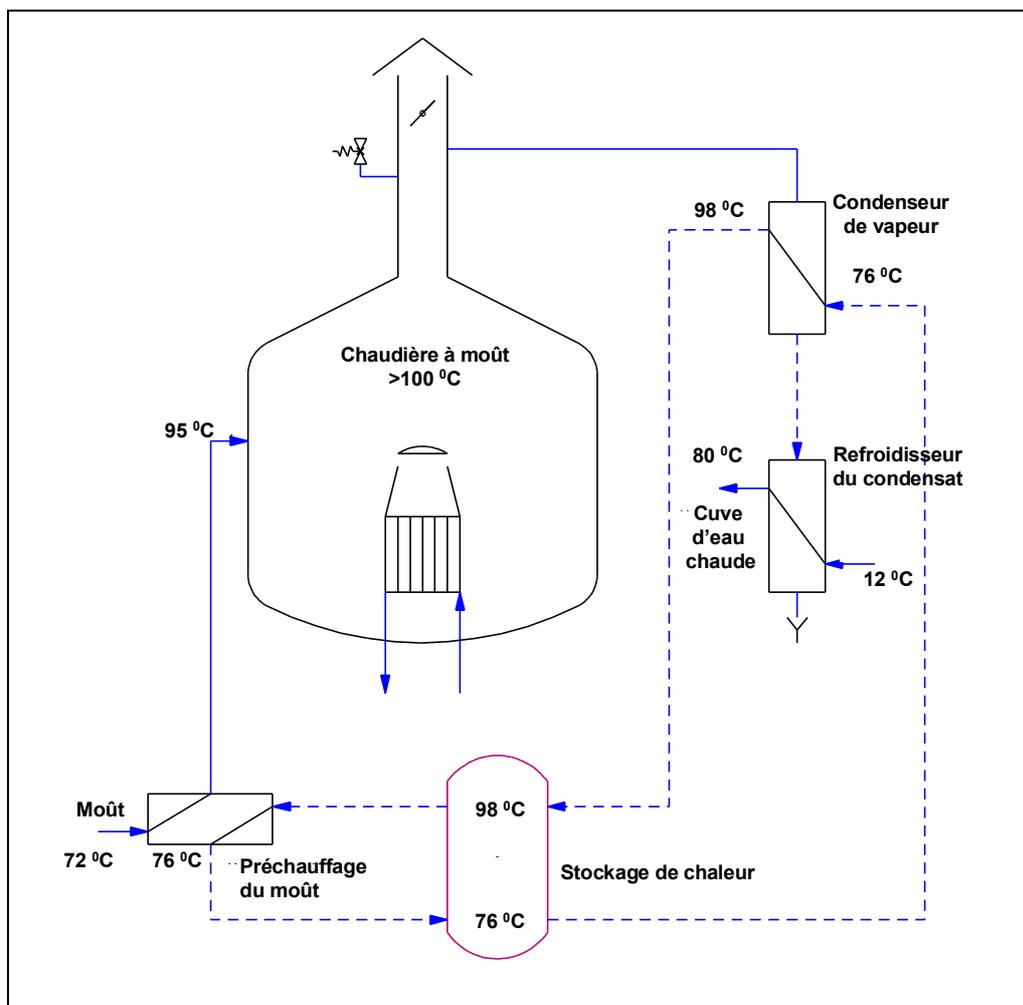


Figure 4.123 : Récupération de chaleur de l'opération de chauffage du moût pour préchauffer le moût avant de le faire bouillir

Domaines d'application

Applicable dans les nouvelles brasseries ainsi que dans les anciennes où la consommation de l'installation est élevée et inefficace. Dans ce cas, la récupération thermique est examinée uniquement après avoir mis en place des mesures de réduction d'énergie, par exemple à un niveau de 41,66 – 55,55 kWh/hl (150 – 200 MJ/hl).

Données financières

Coûts d'investissements élevés.

Driving forces for implementation

Baisses des coûts, par exemple de l'énergie et de l'eau.

Bibliographie de référence

[59, Danbrew Ltd., 1996, 65, Germany, 2002, 136, CBMC - The Brewers of Europe, 2002, 216, CBMC - The Brewers of Europe, 2004]

4.7.9.6.6 Optimisation des procédés dans une petite brasserie – étude de cas

Description

Une petite brasserie au Royaume Uni produit principalement de la ale et de la bière de fermentation basse en fût avec des installations anciennes et traditionnelles. Constatant que la consommation d'eau, la bière perdue et les coûts d'eaux usées dépassaient les moyennes de l'industrie, l'entreprise a installé des compteurs dans les principales zones de procédé pour mesurer la consommation d'eau et les rejets d'eaux usées (voir la section 4.1.8.7). Elle a par

exemple installé des soupapes à flotteur pour niveau maximum dans les cuves de détergents et remplacé les soupapes défectueuses (voir la section 4.1.5). Elle a également mis en place de meilleures procédures de réutilisation de l'eau chaude générée par le refroidissement du moût (voir la section 4.7.9.6.4) ; elle a acheté des buses hautes performances pour nettoyer les fûts et elle a optimisé les procédures de nettoyage.

Arguments motivant la mise en application

Meilleures performances dans la consommation d'eau et d'énergie ; réduction à un minimum du volume d'eaux usées.

Données d'exploitation

L'entreprise a enregistré une baisse de sa consommation d'eau de 73 000 m³ (40 %).

Données financières

Mesures bon marché à mettre en oeuvre. L'entreprise a réalisé des économies annuelles de pratiquement 160 000 EUROS, avec une période d'amortissement inférieure à trois mois, pour presque 130 000 EUROS d'économie.

Bibliographie de référence

[1, CIAA, 2002]

4.7.9.7 Distillation

4.7.9.7.1 Récupération de la drèche de distillerie avec des solubles (DDGS)

Description

On peut produire de l'alcool à partir de maïs. Le maïs est moulu puis dissous dans l'eau. Les sucres sont produits avec des enzymes selon un procédé bi-stades. Ils sont ensuite fermentés pour donner de l'alcool qui est ensuite séparé de l'eau par distillation. Les résidus de distillation solides sont séparés à l'aide de décanteurs centrifuges et la phase liquide restante s'évapore. Le liquide concentré et les solides séparés sont mélangés et séchés par chauffage pour produire 90 % de matière sèche. Ce produit s'appelle de la drèche de distillerie avec solubles (DDGS). Il peut servir d'alimentation animale. Il contient des protéines, des vitamines et des minéraux.

Arguments motivant la mise en application

Fabrication d'aliments pour animaux.

Interactions entre les milieux

Consommation énergétique et risque de poussières.

Données d'exploitation

Avant l'opération de séchage, la température du liquide et des solides mélangés s'élève à 70 °C. Le mélange est alors chauffé à 110 °C. Le produit fait 30 °C. L'évaporateur est nettoyé avec de l'hydroxyde de sodium, qui peut également servir à contrôler le pH pendant la fermentation alcoolique. Quelques chiffres relatifs à la consommation figurent dans le Tableau 4.215.

Paramètre	Consommation /t DDGS produite
Vapeur	4,5 t
Énergie électrique	300 kWh
NaOH	15 kg
Eau	0,1 m ³

Tableau 4.215 : Chiffres relatifs à la consommation pour le séchage de la DDGS

Domaines d'application

Applicable à la fabrication d'alcool à partir de grains.

Données financières

Le produit peut se vendre au même prix que le maïs.

Arguments motivant la mise en application

Si on ne le récupère pas, les résidus de distillation doivent être mis en décharge.

Bibliographie de référence

[179, Gergely, 2003]

4.7.9.7.2 Concentration de la trempé issue de la distillation de mélasseDescription

On peut produire de l'alcool en faisant fermenter la mélasse obtenue par la transformation des betteraves sucrières, suivi par l'opération de distillation / rectification. La trempé, appelée également vinasse, comporte un taux de pollution très élevé, par exemple une DBO₅ de 18 000 – 22 000 mg/l, et elle contient des composés difficilement biodégradables. Le rejet de la vinasse dans les eaux usées serait nuisible au fonctionnement des SEEU. Il est donc obligatoire de traiter cette vinasse.

La vinasse peut être concentrée par un évaporateur à vide à effets multiples puis transformée pour obtenir de la vinasse et des sels contenant du sulfate de potassium. L'évaporateur à vide produit un contenu sec de 70 %, qui est ensuite centrifugé pour séparer la vinasse des sels. Cette vinasse, sirop marron foncé contenant toutes les substances inorganiques issues du moût et de la trempé, sert d'alimentation animale. Les sels servent d'engrais au potassium.

Les vapeurs condensées résultant de la concentration de la vinasse sont rejetées dans la SEEU en traversant un échangeur de cations qui élimine l'ammoniac. Ce procédé crée du sulfate d'ammoniac qui est renvoyé dans l'évaporateur pour convertir le potassium de la vinasse en sulfate de potassium.

Arguments motivant la mise en application

Moindre pollution des eaux usées. Diminution du volume des déchets, par exemple en destinant la vinasse à l'alimentation animale et les sels à des engrais au potassium.

Données d'exploitation

Le Tableau 4.216 reprend les chiffres de 1999/2000 concernant la consommation et les émissions d'une distillerie de mélasse allemande :

Paramètre	Unité	Niveau
Consommation d'eau	m ³ /t vinasse	1,5
Consommation d'énergie		
Vapeur	t	5 305
Électricité	MWh	993,2
Substances auxiliaires apportées pour la campagne 1999/2000		
Soude caustique	kg	1 402
Agents anti-mousse	kg	3 419
Sulfate d'ammoniac	kg	139 300
Sel régénérant	kg	600
Produits		
Vinasse	t	3 539
Sels	t	754
Eaux usées		
Volume	m ³ /h	10 – 12
Teneur DCO	mg/l	2 500 – 4 000
Teneur DDBO ₅	mg/l	1 000 – 2 000
Teneur NH ₄ -N	mg/l	600 – 800
Teneur P totale	mg/l	0,5 – 1,0
Émissions atmosphériques	Insignifiantes. L'air d'évacuation est épuré par un biofiltre en tourbe broyée	
Émissions sonores	51 dB(A) (unité entière, les portes fermées)	

Tableau 4.216 : Chiffres concernant la consommation et les émissions de l'unité d'évaporation de la vinasse dans une distillerie de mélasse allemande

Domaines d'application

Applicable dans les distilleries de mélasse.

Arguments motivant la mise en application

Meilleure exploitation de la SEEU. Fabrication de sous-produits.

Exemples de site

Au moins une distillerie de mélasse en Allemagne.

Reference

[65, Germany, 2002]

4.7.9.8 Vin

4.7.9.8.1 Recyclage de la solution de nettoyage issu des cuves de stabilisation froide

Description

La stabilisation froide consiste à refroidir le vin très rapidement à des températures proches de 0 °C pour précipiter les cristaux de tartrate de calcium et potassium qui ont pu se former mais que l'on ne souhaite pas trouver dans les bouteilles de vin. Le tartrate précipite pendant la maturation / l'enfûtage et la stabilisation.

Une fois la cuve vidée, on ajoute une solution de soude caustique diluée à 10 % qui éliminera les cristaux de tartrate. Cette solution de nettoyage alcaline peut être réutilisée si elle est débarrassée de ses sels de tartrate. Pour faire disparaître le tartrate du vin, on peut également avoir recours à l'électrolyse, ce qui évite d'utiliser la solution alcaline. Cette solution présente un coût énergétique plus bas que l'opération de refroidissement du vin.

Arguments motivant la mise en application

Baisse de la consommation d'eau, de la consommation de solution de nettoyage alcaline et de la pollution des eaux usées.

Données d'exploitation

La méthode de récupération des sels de tartrate ne figure pas dans ce document. Toutefois, les rapports indiquent que si ils ne sont pas récupérés, la solution est rejetée dans la SEEU et crée des variations indésirables du pH. L'acide tartarique obtenu comme sous-produit peut être utilisé par l'industrie pharmaceutique et le bâtiment.

Domaines d'application

Applicable dans tous les établissements vinicoles qui pratiquent la maturation / l'enfûtage et la stabilisation.

Exemples de site

Utilisé dans les installations de transformation du vin.

Bibliographie de référence

[134, AWARENET, 2002]

4.7.9.8.2 Rejet graduel dans la SEEU de la solution de nettoyage issue des cuves de stabilisation froide

Description

Pendant l'opération de maturation / enfûtage et la stabilisation froide, des cristaux de tartrate de calcium et potassium sont précipités puis éliminés avec une solution de nettoyage alcaline. Pour éviter des variations indésirables du pH, la solution de nettoyage épuisée est rejetée progressivement dans la SEEU.

Données d'exploitation

Si la solution de nettoyage alcaline est rejetée brutalement dans la SEEU, le pH des eaux usées subit des variations indésirables qui peuvent nuire au bon fonctionnement de la SEEU.

Domaines d'application

Lorsque la solution de nettoyage alcaline a perdu son efficacité, même après la récupération des sels de tartrate, et lorsque l'industriel ne peut pas appliquer l'auto-neutralisation.

Arguments motivant la mise en application

Moindre dysfonctionnement dans la SEEU.

Exemples de site

Utilisé dans les installations de transformation du vin.

Bibliographie de référence

[134, AWARENET, 2002]

5 MEILLEURES TECHNIQUES DISPONIBLES

Pour comprendre ce chapitre et son contenu, le lecteur est invité à se reporter à la préface du document et en particulier à la cinquième section de la préface intitulée « Comment comprendre et utiliser ce document ». Les techniques, et les niveaux de consommation et/ou d'émission qui les accompagnent, ou les plages de concentration présentés dans ce chapitre ont été estimés par un procédé itératif impliquant les séquences suivantes :

- Identification des problématiques environnementales clés pour le secteur concerné ; ces problématiques incluent la consommation d'eau et d'énergie, la génération d'eaux usées et, dans une moindre mesure, la génération de déchets solides et d'odeurs
- Examen des techniques permettant le mieux de s'atteler à ces problématiques clés
- Identification des meilleurs niveaux de performance environnementale, sur la base des données disponibles dans l'Union Européenne et dans le monde.
- Examen des conditions dans lesquelles ces niveaux de performances ont été atteints, telles que les coûts, les interactions entre milieux, les principales forces motrices impliquées dans l'application des techniques.
- Sélection des meilleures techniques disponibles (MTD) et des niveaux associés de consommation et/ ou d'émission pour ce secteur dans un sens général, tous conformément à l'article 2(11) et à l'annexe IV de la directive.

Le jugement expert rendu par le bureau européen BPRIP et le groupe de travail technique (TWG) pertinent a joué un rôle clé dans chacune de ces séquences et dans la façon dont les informations sont présentées ici.

Sur la base de cette estimation, ce chapitre présente les techniques, et si possible les niveaux de consommation et d'émission associés à l'utilisation des MTD, qui sont considérées comme adaptées au secteur dans son ensemble et qui dans de nombreux cas reflètent les performances actuelles de certaines installations dans le secteur. Là où sont présentés les niveaux de consommation ou d'émission « associés aux meilleures techniques disponibles », il faut le comprendre comme signifiant que ces niveaux représentent la performance environnementale à anticiper comme résultat de l'application, dans ce secteur, des techniques décrites, en gardant à l'esprit le bilan des coûts et des avantages inhérents à l'intérieur de la définition des MTD. Il ne s'agit toutefois ni de valeurs limites de consommation ni de valeurs limites d'émission et il ne faudrait pas les comprendre comme telles. Dans certains cas, il peut être techniquement possible de parvenir à de meilleurs niveaux d'émission mais, vu les coûts impliqués ou des considérations sur les interactions entre milieux, ces niveaux ne sont pas considérés comme appropriés en tant que MTD pour le secteur tout entier. Toutefois, de tels niveaux peuvent être considérés comme justifiés dans des cas plus spécifiques, ou des forces motrices spéciales sont en jeu.

Il faut examiner les niveaux de consommation et d'émission associés à l'utilisation de MTD dans le contexte de toutes conditions de référence spécifiées (par exemple les périodes d'établissement de moyennes).

Il faut faire la distinction entre le concept de « niveaux associés aux MTD », décrit ci-dessus et l'expression « niveau atteignable » utilisée ailleurs dans ce document. Là où un niveau est décrit comme « atteignable » à l'aide d'une technique particulière ou d'une combinaison de techniques, il faudrait comprendre cela comme le fait que l'on peut s'attendre à ce que ce niveau sera atteint au cours d'une période non négligeable, dans une installation bien entretenue et exploitée ou dans un procédé utilisant ces techniques.

Là où elles sont disponibles, des données sur les coûts ont été fournies avec la description des techniques présentées dans le chapitre précédent. Ces données renseignent grossièrement sur l'ampleur des coûts impliqués. Toutefois, les coûts réels liés à l'application d'une technique dépendront fortement de la situation spécifique concernant par exemple les impôts, les redevances et les caractéristiques techniques de l'installation concernée. Dans le présent document, il n'est pas possible d'évaluer pleinement les facteurs spécifiques à un site. En

l'absence de données sur les coûts, ce document recourt à l'observation d'installations existantes pour tirer des conclusions sur la viabilité économique de certaines techniques

Les MTD générales décrites dans ce chapitre sont censées servir de MTD témoins par rapport auxquelles juger les performances actuelles d'une installation existante, ou pour juger un projet de nouvelle installation. De cette manière, ces MTD aideront à déterminer les conditions appropriées « fondées sur les MTD » applicables à l'installation ou lors de l'établissement des règles générales contractuelles visées par l'article 9(8). Il est prévu que de nouvelles installations puissent être conçues pour fonctionner aux niveaux des MTD générales présentés ici ou à des niveaux encore meilleurs. Ce document considère aussi que les installations existantes pourraient « se déplacer » vers les niveaux des MTD générales ou les dépasser, en fonction de l'applicabilité technologique et économique des techniques dans chaque cas.

Bien que les documents de référence sur les MTD ne fixent pas de standards à caractère légalement contractuel, ils ont été conçus pour guider l'industrie, les États membres et le public sur les niveaux de consommation et d'émission atteignables lors de l'utilisation des techniques spécifiées. Les planchers et plafonds appropriés dans chaque cas spécifique devront être déterminés en tenant compte des objectifs de la directive PRIP et des considérations locales.

Les mesures visant à prévenir et contrôler les niveaux de consommation et d'émission sont très fortement influencées par la planification technique et opérationnelle de chaque procédé au niveau de chaque forme d'activité. Par conséquent, les MTD ont été identifiées à ce niveau de détail. Là où la consommation et les émissions sont inévitables, les MTD consistent à réduire l'impact de ces deux paramètres sur l'environnement, en appliquant à la fois des technologies et des techniques opérationnelles.

Ainsi par exemple, il y a des occasions d'éviter une consommation inutile d'eau dans de nombreuses formes d'activités et parfois elles peuvent aussi se traduire par des économies d'énergie (ainsi par exemple, réduire la consommation d'eau chaude non seulement réduit la consommation d'eau mais aussi celle d'énergie qu'il faudrait pour l'échauffer). Le fait d'éviter des contacts inutiles entre l'eau et les aliments, la réalisation du nettoyage à sec réduisent également la consommation d'eau.

La transformation des aliments avec un minimum de retard peut permettre d'empêcher ou réduire les problèmes de déchets et d'odeurs pendant le stockage et la transformation, problèmes qui se développeraient sinon du fait de leur décomposition avec le temps.

La sélection des MTD a été effectuée en tenant compte des exigences demandant aux installations qui utilisent les MTD de respecter d'autres législations ayant trait par exemple à la santé publique, à la sécurité des aliments pour l'homme et pour les animaux, à la santé et à la sécurité au travail.

Le secteur FDM est un secteur diversifié, hétérogène et fragmenté, composé d'un grand nombre de secteurs différents de l'alimentation et des boissons (par exemple secteurs de la viande, du sucre et du café). Des centaines de procédés sont appliqués dans tout ce secteur. Les problématiques environnementales, la nature et la quantité de déchets générés varient entre les secteurs individuels, entre les procédés et les matières premières utilisées. Par conséquent, ce document ne peut pas déterminer les MTD afférentes à chaque procédé spécifiquement utilisé dans le secteur FDM.

Le reste du chapitre se consacre à la présentation des MTD dans les entreprises du secteur FDM. Il présente premièrement les MTD qui s'appliquent à toutes les entreprises. Outre les MTD générales, ce chapitre indique quelques MTD ne s'appliquant qu'à des procédés et formes d'activités particuliers dans les secteurs FDM, là où ces procédés et formes d'activités sont appliqués. Il fait également état de MTD ne s'appliquant qu'à certains secteurs particuliers comme par exemple ceux dédiés à la transformation de la viande, du poisson et des fruits de mer, des fruits et légumes, des huiles et graisses végétales, du lait, de l'amidon, du sucre, du café et des boissons. Les MTD générales s'appliquent aux secteurs pour lesquels les rapports ne

font état d'aucune MTD additionnelle, par exemple les produits issus de la mouture de grains, la fabrication des pâtes sèches, celle d'aliments pour animaux, celle du pain, la fabrication de confiserie, de levure, le maltage, la distillation, l'élaboration du cidre, des boissons non alcoolisées et de l'acide citrique.

Pour aider le lecteur, la Figure 5.124 illustre la façon dont les conclusions sur les MTD sont présentées. Dans cette figure, les conclusions sont présentées en deux tranches. La première tranche contient les sections énumérant les MTD pour toutes les entreprises et la seconde tranche contient les sections où figurent les MTD additionnelles de certains secteurs individuels.

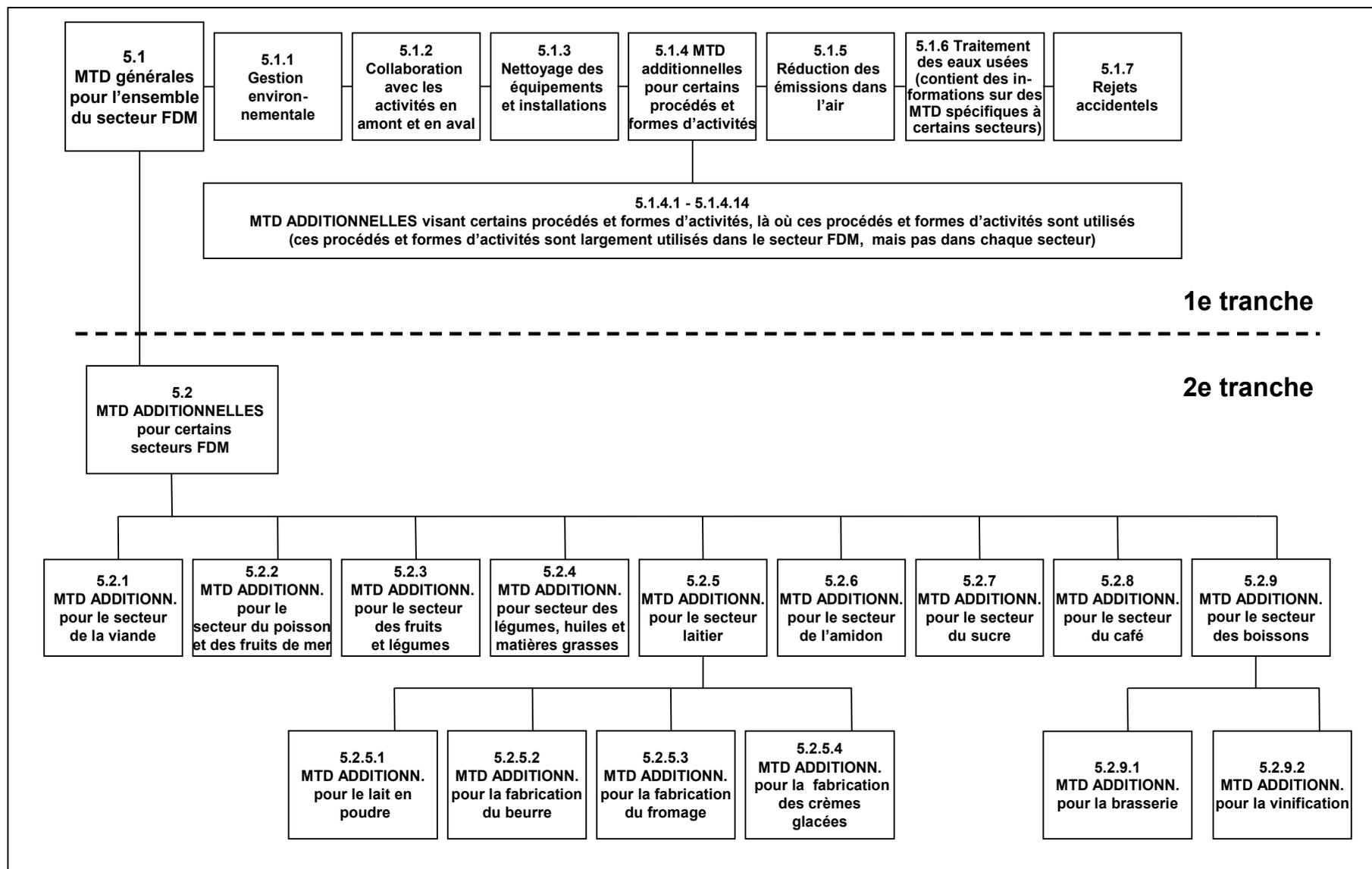


Figure 5.124 : Méthodologie de présentation des conclusions sur les MTD afférentes aux entreprises du secteur FDM

Dans ce chapitre, les MTD ont été numérotées pour faciliter leur lecture et pour s'y référer dans les discussions. L'ordre de numérotation n'est pas synonyme d'un ordre hiérarchique.

5.1 MTD générales pour l'ensemble du secteur FDM

Un certain nombre de techniques ont été déterminées en tant que MTD applicables à toutes les opérations industrielles du secteur FDM, ou à la majorité d'entre elles, et cette section se charge de les décrire. Il s'agit de techniques générales communément employées dans tout le secteur, indépendamment des procédés utilisés ou des produits fabriqués

Dans toutes les installations du secteur FDM, les techniques suivantes sont les MTD :

- 1 Veiller, par exemple par une formation, à ce que le personnel soit conscient des aspects environnementaux dont s'assortit le fonctionnement de la société, et de ses propres responsabilités (voir section 4.1.2)
- 2 Concevoir / sélectionner un équipement qui optimise les niveaux de consommation et d'émission et facilite un fonctionnement et une maintenance corrects (voir section 4.1.3.1), par exemple en optimisant le réseau de tuyauteries pour réduire les pertes de produit, et installer les conduites avec une certaine pente pour faciliter l'évacuation automatique
- 3 Contrôler les émissions de bruit à la source en concevant, sélectionnant, exploitant et entretenant l'équipement, les véhicules y compris, pour éviter ou réduire l'exposition (voir les sections 4.1.2, 4.1.3.1, 4.1.3.2, 4.1.3.3, 4.1.3.4 et 4.1.5) et, là où il faut des réductions plus poussées des niveaux de bruit, installer une enceinte autour de l'équipement bruyant (voir section 4.1.3.5)
- 4 Exécuter des programmes de maintenance réguliers (voir section 4.1.5)
- 5 Appliquer et maintenir une méthodologie destinée à prévenir et réduire la consommation d'eau et d'énergie et la production de déchets (voir section 4.1.6) ; cette méthodologie doit inclure ceci :
 - 5.1 Mobiliser l'engagement de la direction, l'organisation et la planification (voir la section 4.1.6.1)
 - 5.2 Analyser les procédés de production, y compris les procédés individuels afin d'identifier les zones à forte consommation d'eau et d'énergie, et à émissions élevées de déchets, pour identifier les opportunités qui s'offrent de les réduire (voir les sections 4.1.6.2, 4.1.6.2.1, 4.1.6.2.2 et 4.1.6.2.3), en tenant compte des exigences quant à la qualité de l'eau dans chaque application, à l'hygiène et la sécurité alimentaire.
 - 5.3 Estimer les objectifs, les cibles et les limites du système (voir section 4.1.6.3)
 - 5.4 Identifier les options s'offrant pour réduire la consommation d'eau et d'énergie, ainsi que la production de déchets (voir section 4.1.6.4), en recourant à une approche systématique telle que la technologie Pinch (voir section 4.1.6.4.1)
 - 5.5 Accomplir une évaluation et une étude de faisabilité (voir section 4.1.6.5)
 - 5.6 Appliquer un programme destiné à réduire la consommation d'eau, d'énergie, et la production de déchets (voir section 4.1.6.6) et
 - 5.7 Surveiller en permanence la consommation d'eau et d'énergie, les niveaux de production de déchets et l'efficacité des mesures de contrôle (voir section 4.1.6.7). Ceci peut impliquer à la fois une métrologie et des inspections visuelles.
- 6 Appliquer un système permettant de surveiller et examiner les niveaux de consommation et d'émission tant pour les procédés de production individuels qu'au niveau du site, pour permettre d'optimiser les niveaux de performance réels. Voici quelques exemples de paramètres à surveiller : la consommation d'énergie, la consommation d'eau, les volumes d'eaux usées, les émissions dans l'air et dans l'eau, la génération de déchets solides, le rendement en produits et en sous-produits, la consommation de substances nocives, la fréquence et la gravité des échappements et déversement non planifiés. Il faut une bonne connaissance des intrants et des extrants pour identifier les zones prioritaires et les options permettant d'améliorer la

- performance environnementale. Un bon système de surveillance comprendra des enregistrements des conditions d'exploitation, un échantillonnage et des méthodes analytiques, et assurera que l'équipement métrologique soit calibré. D'autres informations sont disponibles dans « Reference Document on the General Principles of Monitoring » [96, EC, 2003]
- 7 Maintenir un inventaire précis des intrants et extrants à tous les stades du procédé, de la réception des matières premières à l'expédition des produits et aux traitements au point de rejet (voir section 4.1.6.2)
 - 8 Appliquer un planning de la production pour réduire la production de déchets et les fréquences de nettoyage concomitantes (voir section 4.1.7.1)
 - 9 Transporter les matières premières FDM solides, les coproduits, sous-produits et les déchets tous à l'état sec (voir section 4.1.7.4) ; éviter y compris le transport hydraulique sauf lorsque la forme de lavage implique une réutilisation de l'eau pendant ce transport, et là où le transport hydraulique est nécessaire pour ne pas endommager les matières transportées
 - 10 Réduire les temps de stockage des denrées périssables (voir section 4.1.7.3)
 - 11 Séparer les extrants pour optimiser l'utilisation, la réutilisation, la récupération, le recyclage et la mise au rebut (et réduire la contamination des eaux usées) (voir sections 4.1.7.6, 4.1.6, 4.1.7.7, 4.7.1.1, 4.7.2.1, 4.7.5.1 et 4.7.9.1)
 - 12 Empêcher que les matières ne tombent sur le sol, par exemple à l'aide de carters anti-éclaboussures, d'écrans, volets, plateaux d'égouttage et auges positionnés avec précision (voir section 4.1.7.6)
 - 13 Optimiser la séparation des flux d'eau (voir section 4.1.7.8) pour optimiser leur réutilisation et leur traitement
 - 14 Collecter séparément les flux d'eau tels que le condensat et l'eau de refroidissement pour optimiser la réutilisation (voir section 4.1.7.8)
 - 15 Éviter d'utiliser plus d'énergie que nécessaire dans les procédés de chauffage et de refroidissement, sans pour autant nuire au produit (voir section 4.1.7.9)
 - 16 Appliquer de bonnes méthodes de gestion (voir section 4.1.7.11)
 - 17 Minimiser les nuisances sonores en provenance des véhicules (voir section 4.1.7.12)
 - 18 Appliquer les méthodes de stockage et de manutention telles figurant dans les conclusions du « Storage BREF » [95, EC, 2005]. D'autres contrôles pourraient être nécessaires pour instaurer et maintenir les standards requis d'hygiène et de sécurité alimentaire.
 - 19 Optimiser l'application et l'utilisation des contrôles de procédés dans le but par exemple de prévenir et réduire la consommation d'eau et d'énergie et pour réduire la génération de déchets (voir section 4.1.8) et, en particulier :
 - 19.1 Là où des procédés thermiques sont appliqués et/ou des matières stockées ou transférées à des températures critiques, ou dans des plages de températures critiques : contrôler la température au moyen d'une instrumentation thermométrique et corrective dédiée (voir section 4.1.8.1)
 - 19.2 Là où des matières sont pompées ou s'écoulent : contrôler le flux et/ou le niveau au moyen d'une instrumentation manométrique dédiée (voir sections 4.1.8.2) et/ou une instrumentation débitmétrique dédiée (voir section 4.1.8.4) et/ou au moyen d'une instrumentation niveaumétrique dédiée (voir section 4.1.8.3) et au moyen de dispositifs de pilotage tels que des vannes (voir section 4.1.8.7)
 - 19.3 Là où les liquides sont stockés dans des réservoirs ou récipients et y réagissent, soit pendant les procédés de fabrication ou de nettoyage : utiliser des capteurs détecteurs de niveau et des capteurs de mesure de niveau (voir section 4.1.8.3)
 - 19.4 Utiliser des techniques de mesure et de contrôle analytique pour réduire les déchets de matière et d'eau, et réduire la génération d'eaux usées pendant la transformation et le nettoyage, et, en particulier :
 - 19.4.1 Mesurer le pH pour contrôler les ajouts d'acide et d'alcali et surveiller les flux d'eaux usées pour contrôler la mixtion et la neutralisation avant une poursuite du traitement ou avant le rejet (voir section 4.1.8.5.1)

- 19.4.2 Mesurer la conductivité afin de mesurer les taux de sels dissous avant de réutiliser l'eau, et détecter les taux de détergents avant de réutiliser ces derniers (voir section 4.1.8.5.2) et
- 19.4.3 Là où les fluides peuvent être troubles ou opaques du fait de la présence de matières en suspension, mesurer la turbidité pour surveiller la qualité de l'eau processuelle et optimiser à la fois la récupération de matière/produit et la réutilisation de l'eau de nettoyage (voir section 4.1.8.5.3)
- 20 Utiliser des commandes marche/arrêt automatisées de l'eau, afin de n'apporter de l'eau au procédé que lorsqu'il en faut (voir section 4.1.8.6)
- 21 Sélectionner des matières premières et matières auxiliaires qui réduisent la génération de déchets solides et d'émissions nocives dans l'air et dans les eaux (voir les sections 4.1.9.1 et 4.1.9.2)
- 22 L'épandage est une option de débouché pour les matières provenant du secteur FDM, dans le respect de la réglementation locale, comme en discute la section 4.1.6.

5.1.1 Gestion environnementale

Un certain nombre de techniques de gestion de l'environnement ont été déterminées comme MTD (voir section 4.1.1.) Le domaine d'application (par exemple le niveau de détail) et la nature du SME (par exemple standardisé ou non) seront généralement liés à la nature, à l'échelle et à la complexité de l'entreprise, et à la gamme d'impacts environnementaux qu'elle peut avoir.

La MTD consiste à appliquer un Système de Management Environnemental (SME) intégrant, de façon appropriée aux circonstances individuelles, les caractéristiques suivantes (voir le chapitre 3), et à y adhérer :

- Définition, par la direction générale, d'une politique environnementale applicable à l'entreprise (l'engagement de la direction générale dans ce domaine est considéré comme le prérequis à une application réussie d'autres fonctionnalités du SME).
- Planification et établissement des procédures nécessaires
- Application des procédures, en vouant une attention particulière à ce qui suit :
 - Structure et responsabilité
 - Formation, prise de conscience et compétences
 - Communication
 - Implication du personnel
 - Documentation
 - Contrôle efficace des procédés
 - Programmes de maintenance
 - Niveau de réactivité aux urgences et réaction
 - Veiller à la conformité avec la législation environnementale
- Vérifier les performances et entamer des actions correctives en vouant une attention particulière à ce qui suit :
 - Surveillance et métrologie (voir le « Reference Document on the General Principles of Monitoring »)
 - Action corrective et préventive
 - Actualisation des enregistrements
 - Audit interne indépendant (lorsque praticable) pour déterminer si oui ou non le système de management environnemental se conforme aux arrangements planifiés et s'il a été correctement appliqué et maintenu.
- Révision par la direction générale.

Trois autres séquences peuvent compléter progressivement celles-ci-dessus et sont considérées comme des mesures de support. Toutefois, leur absence n'est pas, d'une manière générale, synonyme d'incohérence avec les MTD. Ces trois séquences additionnelles sont les suivantes :

- Faire examiner et valider le système de management et la procédure d'audit par un organisme de certification accrédité ou un vérificateur SME externe
- Préparation et publication (et si possible validation externe) d'une déclaration environnementale régulière décrivant tous les aspects environnementaux non négligeables de l'installation, permettant une comparaison année après année avec les objectifs et cibles environnementaux ainsi qu'avec des indicateurs de comparaison sectorielle (s'il y a lieu).
- Adhésion à un système volontairement accepté, et application de celui-ci, tel que SMEA et EN ISO 14001:1996. Cette mesure volontaire conférerait une plus haute crédibilité aux SME. En particulier un SMEA intégrant toutes les caractéristiques susmentionnées confère un plus haut niveau de crédibilité. Toutefois, les systèmes non standardisés peuvent, en principe, être tout autant efficaces à condition d'être correctement conçus et appliqués.

Il est également important de considérer les caractéristiques potentielles suivantes du SME :

- Au moment de concevoir une nouvelle installation, envisager l'impact environnemental que peut avoir la mise hors service éventuelle de l'unité.
- Envisager le développement de technologies plus propres.
- Lorsque applicable, recourir à un indicateur de comparaison sectorielle sur une base régulière, y compris les activités tournant autour de l'efficacité énergétique et de la préservation de l'énergie, le choix des matières officiant d'intrants, les émissions dans l'air, les rejets dans l'eau, la consommation d'eau et la génération de déchets.

5.1.2 Collaboration avec les activités en amont et en aval

Les activités de toutes les personnes (agriculteurs et transporteurs compris) impliquées dans la fourniture de matières premières et d'autres ingrédients aux installations de transformation du secteur FDM peuvent avoir des conséquences environnementales pour ces installations FDM. Les fournisseurs de matières premières partiellement et transformées et transformées aux installations FDM peuvent influencer sur l'impact environnemental de ces installations. De même, l'installation FDM peut affecter l'impact environnemental des installations situées en aval à qui elle livre, y compris celles pouvant appartenir au secteur FDM. L'impact environnemental peut être affecté par les propriétés de ces matières comme leur fraîcheur, le degré de séparation des différentes matières et les spécifications

Une MTD consiste à rechercher la collaboration des partenaires situés en amont et en aval, à créer une chaîne de responsabilité environnementale, à réduire la pollution et à protéger l'environnement tout entier (voir par exemple les sections 4.1.7.2, 4.1.7.3, 4.1.7.12, 4.1.9.1, 4.2.1.1, 4.2.4.1 et 4.7.2.3).

5.1.3 Nettoyage des équipements et installations

Le nettoyage des équipements et installations FDM est nécessairement fréquent et doit être très soigné vu qu'il faut respecter des standards d'hygiène eux-mêmes dictés par des raisons de sécurité alimentaire.

Dans toutes les installations FDM, les MTD consiste à accomplir ce qui suit :

- 1 Enlever les résidus de matières premières le plus tôt possible après le traitement et nettoyer fréquemment les zones de stockage des matières (voir section 4.3.10)
- 2 Prévoir et utiliser des pièges à liquides au-dessus des moyens de vidange au sol, et veiller à ce qu'ils soient inspectés et nettoyés fréquemment pour empêcher que des matières soient entraînées avec les eaux usées (voir section 4.3.1.1)

- 3 Optimiser l'utilisation du nettoyage à sec des équipements et installations (y compris des systèmes sous vide), y compris après des déversements de produit (voir les sections 4.3.1, 4.7.1.2, 4.7.2.2, 4.7.5.2 et 4.7.9.2) avant le nettoyage mouillé, là où le nettoyage mouillé est nécessaire pour parvenir aux niveaux d'hygiène requis.
- 4 Prédétremper les sols et équipements ouverts, avant leur nettoyage mouillé, pour en décoller les concrétions sales ou qui ont cuit sur leurs surfaces (voir section 4.3.2)
- 5 Gérer et réduire l'utilisation, d'eau, d'énergie et de détergents (voir section 4.3.5)
- 6 Équiper les tuyaux, destinés au nettoyage manuel, de gâchettes manuelles (voir section 4.3.6)
- 7 Débiter de l'eau sous pression contrôlée et le faire via des buses (voir section 4.3.7.1)
- 8 Optimiser la réaffectation d'eau de refroidissement chaude, issue d'un circuit de refroidissement, par exemple au nettoyage (voir par exemple la section 4.7.5.17)
- 9 Sélectionner et utiliser des produits de nettoyage et désinfectants qui nuisent très peu à l'environnement (voir les sections 4.3.8, 4.3.8.1 et 4.3.8.2) et prévoir un contrôle efficace de l'hygiène
- 10 Exploiter le nettoyage en place (CIP) des équipements fermés (voir section 4.3.9), et vérifier qu'il sert de façon optimale par exemple en mesurant la turbidité (voir section 4.1.8.5.3), la conductivité (voir section 4.1.8.5.2) ou le pH (voir section 4.1.8.5.1) et en dosant les produits chimiques automatiquement à la concentration correcte (voir section 4.3.9)
- 11 Utiliser des systèmes à usage unique avec les petites installations ou celles rarement utilisées, où la solution de nettoyage se pollue fortement (c'est le cas des installations UHT, installation à séparation membranaire, et du nettoyage préliminaire des évaporateurs et séchoirs à pulvérisation, voir section 4.3.9)
- 12 Là où il y a des variations adéquates des pH des flux d'eaux usées provenant du CIP ou d'autres sources, recourir à la neutralisation des flux d'eaux usées alcalines et acides dans un réservoir de neutralisation (voir section 4.5.2.4)
- 13 Réduire l'utilisation d'EDTA : ne s'en servir que là où il le faut vraiment, selon la périodicité requise et en réduisant les quantités utilisées, par exemple en recyclant les solutions de nettoyage (voir les section 4.3.8, 4.3.8.2, 4.3.8.2.2, 4.3.8.2.3 et 4.3.8.2.5).

Au moment de sélectionner les produits chimiques servant à désinfecter et stériliser les équipements et installations, les MTD consistent en ceci :

- 14 Éviter d'utiliser les biocides halogénés oxydants, sauf là où les alternatives sont inefficaces (voir les sections 4.3.8.1, 4.5.4.8, 4.5.4.8.1 et 4.5.4.8.2).

5.1.4 MTD additionnelles pour certains procédés et formes d'activités appliquées dans un certain nombre de secteurs FDM

5.1.4.1 Réception / Expédition des matières

Pendant la réception et l'expédition des matières, les MTD consistent en ceci :

- 1 Lorsque les véhicules sont garés et pendant le chargement et déchargement, éteindre le moteur de chaque véhicule et son groupe frigorifique s'il y a un, et fournir une source alternative d'alimentation électrique (voir section 4.2.1.1).

5.1.4.2 Centrifugation / Séparation

Dans toutes les installations FDM recourant à la centrifugation, les MTD consistent en ceci :

- 1 Faire fonctionner les centrifugeuses de sorte à réduire le rejet de produit dans le flux de déchets (voir section 4.2.3.1).

5.1.4.3 Fumage

Dans toutes les installations recourant au fumage, les MTD consistent en ceci :

- 1 Parvenir à un niveau COT d'émission dans l'air $< 50 \text{ mg/Nm}^3$ (voir par exemple les sections 3.3.1.2.2 et 4.4.3.11.1).

5.1.4.4 Friture

Dans toutes les installations recourant à la friture, les MTD consistent en ceci :

- 1 Faire recirculer et brûler les gaz d'échappement (voir section 4.2.7.1).

5.1.4.5 Conservation dans des boîtes, bouteilles, pots

Dans toutes les installations FDM dédiées à la conservation dans des boîtes, bouteilles et pots, les MTD consistent en ceci :

- 1 Utiliser des systèmes de remplissage automatisé des boîtes, bouteilles et pots comprenant un recyclage en circuit fermé des liquides qui ont débordé (voir section 4.2.8.2)
- 2 Lors de la mise en conserve d'huile, d'aliments conservés dans des huiles végétales ou des aliments huileux, utiliser des réservoirs dédiés au nettoyage des boîtes, bouteilles et pots avec récupération de l'huile flottante (voir section 4.2.8.3).

5.1.4.6 Évaporation

Dans toutes les installations recourant à l'évaporation, les MTD consistent en ceci :

- 1 Pour concentrer des liquides, recourir à des évaporateurs multi-effets (voir section 4.2.9.1) optimisant la recompression de la vapeur (voir section 4.2.9.2), en fonction de la disponibilité de la chaleur et de la vapeur dans l'installation.

5.1.4.7 Congélation et réfrigération

Dans toutes les installations FDM recourant à la congélation et à la réfrigération, les MTD consistent en ceci :

- 1 Empêcher les émissions de substances qui appauvrissent la couche d'ozone, par exemple en n'utilisant pas de substances halogénées comme réfrigérants (voir section 4.1.9.3).
- 2 Éviter de maintenir les zones climatisées et réfrigérées à une température plus basse que nécessaire (voir section 4.2.15.1).
- 3 Optimiser la pression de condensation (voir section 4.2.11.2).
- 4 Dégivrer régulièrement l'ensemble du système (voir section 4.2.15.3).
- 5 Maintenir les condenseurs en bon état de propreté (voir section 4.2.11.3).
- 6 Veiller à ce que l'air entrant dans les condenseurs soit aussi froid que possible (voir section 4.2.11.3).
- 7 Optimiser la température de condensation (voir section 4.2.11.3).
- 8 Recourir au dégivrage automatique des évaporateurs de refroidissement (voir section 4.2.15.5).
- 9 Faire fonctionner les équipements sans activer le dégivrage automatique pendant les arrêts de production courts (voir section 4.2.11.7).
- 10 Réduire les pertes par transmission et ventilation en provenance des salles refroidies et des chambres froides (voir section 4.2.15.2).

5.1.4.8 Refroidissement

Dans toutes les installations FDM recourant au refroidissement, les MTD consistent en ceci :

- 1 Optimiser le fonctionnement des systèmes à eau de refroidissement pour éviter une purge excessive de la tour de refroidissement (voir section 4.1.5)
- 2 Installer un échangeur thermique à plaques pour prérefroidir l'eau glacée avec de l'ammoniacque avant le refroidissement final dans un réservoir accumulateur d'eau glacée avec un évaporateur à serpentin (voir section 4.2.10.1)
- 3 Récupérer la chaleur provenant de l'équipement de refroidissement. Il est possible de parvenir à des températures d'eau comprises entre 50 et 60 °C (voir section 4.2.13.5).

5.1.4.9 Conditionnement

Dans toutes les installations FDM exécutant un conditionnement, les MTD consistent en ceci :

- 1 Optimiser la conception des emballages, y compris le poids et le volume de matière et la teneur en matière recyclée, ceci afin de réduire la quantité utilisée et de réduire les déchets (voir section 4.2.12.2)
- 2 Acheter les matières en vrac (voir section 4.1.7.2)
- 3 Collecter séparément les matériaux d'emballage (voir section 4.2.12.3)
- 4 Réduire les débordements au minimum pendant la mise sous emballage (voir section 4.2.12.6).

5.1.4.10 Génération et utilisation d'énergie

Les MTD consistent en ceci :

- 1 Installations où la chaleur et l'électricité produites peuvent être réaffectées, comme par exemple dans la fabrication du sucre, la production de lait en poudre, le séchage du petit-lait, la production de café instantané, le brassage et la distillation : utiliser la génération combinée de chaleur et d'électricité dans les installations neuves ou passablement âgées ou celles renouvelant leurs systèmes énergétiques (voir section 4.2.13.1)
- 2 Utiliser des pompes à chaleur pour récupérer la chaleur en provenance de différentes sources (voir section 4.2.13.4)
- 3 Éteindre les équipements lorsqu'ils ne servent pas (voir section 4.2.13.6)
- 4 Réduire les charges que doivent supporter les moteurs (voir section 4.2.13.7)
- 5 Réduire les pertes dues aux moteurs (voir section 4.2.13.8)
- 6 Recourir à des mécanismes d'entraînement à vitesse variable pour réduire la charge imposée aux ventilateurs et aux pompes (voir section 4.2.13.10)
- 7 Recourir à l'isolation thermique, par exemple des conduites, récipients et équipements servant à transporter, stocker et traiter des substances au-dessus ou en dessous de la température ambiante, et aux équipements affectés à des procédés impliquant un chauffage et un refroidissement (voir section 4.2.13.3)
- 8 Intercaler des variateurs de fréquence entre la source d'électricité et les moteurs (voir section 4.2.13.9).

5.1.4.11 Utilisation de l'eau

En cas d'utilisation d'eaux souterraines, les MTD consistent en ceci :

- 1 Ne pomper que les quantités d'eau réellement requises (voir section 4.2.14.1).

5.1.4.12 Systèmes à air comprimé

Dans la génération d'air comprimé, les MTD consistent en ceci :

- 1 Vérifier le niveau de pression et le réduire si possible (voir section 4.2.16.1)
- 2 Optimiser la température d'admission de l'air (voir section 4.2.16.2)
- 3 Pour réduire les niveaux de bruit, adapter des silencieux aux entrées et sorties d'air (voir section 4.2.16.3).

5.1.4.13 Systèmes à vapeur

Dans les systèmes à vapeur, les MTD consistent en ceci :

- 1 Maximiser le retour du condensat (voir section 4.2.17.1)
- 2 Éviter les pertes de vapeur de détente à partir du condensat en train de revenir (voir section 4.2.17.2)
- 3 Isoler les conduites qui ne servent pas (voir section 4.2.17.3)
- 4 Améliorer le piégeage de la vapeur (voir section 4.1.5)
- 5 Réparer les fuites de vapeur (voir section 4.1.5)
- 6 Réduire les purges de chaudières (voir section 4.2.17.4).

5.1.5 Réduction des émissions dans l'air

Les émissions dans l'air proviennent de différentes sources pendant le traitement et le nettoyage, et pendant le séchage des matières FDM.

Il faudrait appliquer des MTD intégrées dans le procédé qui réduisent les émissions dans l'air, en sélectionnant et utilisant des substances et techniques adéquates. La sélection de techniques visant à réduire les émissions dans l'air pourra ensuite avoir lieu si des contrôles avancés sont requis.

Pour prévenir les émissions dans l'air par les entreprises du secteur FDM, les MTD consistent en ceci :

- 1 Appliquer et maintenir une stratégie de contrôle des émissions dans l'air (voir section 4.4.1) comprenant les actions suivantes :
 - 1.1 Définir le problème (voir les sections 4.4.1.1 et 4.4.1.1.1)
 - 1.2 Dresser un inventaire des émissions sur le site, y compris les fonctionnements anormaux (voir les sections 4.4.1.2 et 4.4.1.2.1)
 - 1.3 Mesurer les émissions majeures (voir les sections 4.4.1.3 et 4.4.1.3.1)
 - 1.4 Évaluer et sélectionner les techniques de contrôle des émissions dans l'air (voir section 4.4.1.4)
- 2 Collecter les gaz résiduels, les odeurs et poussières à la source (voir section 4.4.3.2) et les conduire vers l'équipement de traitement ou de réduction (voir section 4.4.3.3)
- 3 Optimiser les séquences de démarrage et d'arrêt des équipements chargés de réduire les émissions dans l'air, pour être sûr qu'ils fonctionnent toujours efficacement à tout moment où cette réduction est nécessaire (voir sections 4.4.3.1)
- 4 Sauf spécification différente et lorsque les MTD – intégrées dans le procédé et destinées à réduire les émissions dans l'air par sélection et utilisation de substances et par application de certaines techniques – ne permettent pas d'atteindre des niveaux de 5 – 20 mg/Nm³ (poussière sèche), 35 – 60 mg/Nm³ (poussière mouillée/collante) et <50 mg/Nm³ COT : parvenir à ces niveaux en appliquant des techniques de réduction. Le présent document n'examine pas spécifiquement les émissions provenant des centrales électriques à combustion dans les installations FDM, et ces niveaux ne sont par conséquent pas censés représenter les niveaux d'émission, associés aux MTD, de ces installations de combustion. Certaines techniques de réduction sont décrites aux sections 4.4 - 4.4.3.12

- 5 Là où les MTD intégrées dans le procédé n'éliminent pas les nuisances occasionnées par les odeurs : appliquer des techniques de réduction. Nombre des techniques décrites à la section 4.4 sont applicables à la réduction d'odeurs.

5.1.6 Traitement des eaux usées

Le traitement des eaux usées est un moyen en fin de chaîne destiné à prévenir et maîtriser la pollution de l'eau. Les eaux usées proviennent de différentes sources, et résultent tant de la consommation d'eau pendant le traitement que du nettoyage et du séchage des matières FDM.

Il faudrait appliquer des MTD intégrées dans le procédé et qui minimisent à la fois la consommation et la contamination de l'eau. Il est possible d'effectuer une sélection des techniques de traitement de l'eau.

Les participants ne sont parvenus à aucune conclusion générale sur le fait de savoir s'il vaut mieux traiter sur site ou hors site les eaux usées en provenance des entreprises FDM, à l'exception de quelques techniques FDM primaires.

Dans le traitement des eaux usées provenant des installations FDM, les MTD consistent à utiliser une combinaison adéquate de ce qui suit :

- 1 Recourir à un criblage initial des matières solides (voir section 4.5.2.1) dans l'entreprise FDM
- 2 Si l'eau contient des FOG animales ou végétales, enlever la matière grasse au moyen d'un piège à graisse (voir section 4.5.2.2) dans l'entreprise FDM.
- 3 Recourir à une égalisation des flux et des charges (voir section 4.5.2.3)
- 4 Recourir à la neutralisation (voir section 4.5.2.4) en présence d'eaux usées très acides ou alcalines
- 5 Recourir à la décantation (voir section 4.5.2.5) avec les eaux usées contenant des MES
- 6 Recourir à la flottation à l'air dissous (voir section 4.5.2.6)
- 7 Appliquer un traitement biologique. Les techniques aérobies et anaérobies appliquées au secteur FDM sont décrites aux sections 4.5.3.1 - 4.5.3.2
- 8 Utiliser le méthane gazeux CH₄ produit pendant le traitement anaérobie pour générer de la chaleur et/ou de l'électricité (voir section 4.5.3.2).

Sauf énoncé différent dans ce chapitre, les niveaux d'émissions indiqués au Tableau 5.217 renseignent sur les niveaux d'émissions qui seraient atteints avec les techniques généralement considérées comme représentant les MTD (voir section 4.5.1.1). Ces niveaux ne reflètent pas forcément les niveaux actuellement atteints dans l'industrie mais sont fondés sur le jugement expert du TWG.

Paramètre	Concentration (mg/l)
DBO ₅	<25
DCO	<125
STS	<50
pH	6 – 9
Huiles et graisses	<10
Azote total	<10
Phosphore total	0.4 – 5
Il est possible de parvenir à de meilleurs niveaux de DBO ₅ et de DCO. Selon les conditions locales prévalentes, il n'est pas toujours possible ou rentable d'atteindre les niveaux totaux d'azote et de phosphore indiqués.	

Tableau 5.217 : Qualité typique des eaux usées de FDM après leur traitement [140, World Bank (IBRD), et al., 1998, 199, Finland, 2003]

L'un des États membres n'est pas d'accord avec la note au bas du Tableau 5.217, car il estime que les déviations par rapport aux MTD en raison par exemple des conditions régnant localement sont exclusivement autorisées pour durcir les exigences dont s'assortissent les octrois de permis.

Lorsqu'une poursuite du traitement est nécessaire soit pour atteindre ces niveaux, soit pour ne pas dépasser certains seuils limites de rejets, les techniques suivantes sont disponibles :

- 9 Enlever l'azote biologiquement (voir les sections 4.5.4.1 et 4.5.4.7)
- 10 Recourir à la précipitation pour retirer le phosphore (voir section 4.5.2.9), simultanément avec le traitement à la boue activée, lorsque applicable (voir section 4.5.3.1.1)
- 11 Utiliser la filtration pour polir les eaux usées (voir section 4.5.4.5)
- 12 Retirer les substances dangereuses et prioritaires au niveau des risques (voir section 4.5.4.4)
- 13 Appliquer la filtration par membrane (voir section 4.5.4.6).

Lorsque la qualité des eaux usées les rend aptes à la réutilisation dans un procédé FDM, les MTD consistent en ceci :

- 14 Réutiliser l'eau après qu'elle a été stérilisée et désinfectée, en évitant de recourir au chlore actif (voir les sections 4.5.4.8, 4.5.4.8.1 et 4.5.4.8.2), et qui répond au standard énoncé dans la Directive du Conseil 98/83/CE [66, EC, 1998].

Le Tableau 4.138 renseigne sur l'application typique de certaines techniques de traitement des eaux usées dans le secteur FDM.

Les MTD consistent à traiter les boues d'eaux usées en utilisant les techniques suivantes, seules ou combinées entre elles :

- 15 Stabilisation (voir section 4.5.6.1.2)
- 16 Épaississement (voir section 4.5.6.1.3)
- 17 Déshydratation (voir section 4.5.6.1.4)
- 18 Séchage (voir section 4.5.6.1.5), si la chaleur naturelle ou la chaleur processuelle récupérée dans l'installation peut être réutilisée.

En ce qui concerne l'utilisation ou l'élimination des boues d'eaux usées, aucune MTD n'a été identifiée. Certaines des options disponibles sont énumérées à la section 4.5.6.1, mais elles n'y sont pas décrites.

5.1.7 Rejets accidentels

D'une manière générale, pour prévenir les accidents et réduire les dommages qu'ils peuvent occasionner à l'environnement dans son ensemble, les MTD consistent en ceci :

- 1 Identifier les sources potentielles d'incidents / rejets accidentels qui pourraient nuire à l'environnement (voir section 4.6.1)
- 2 Évaluer la probabilité que les incidents potentiels / rejets accidentels identifiés se produisent, et leur gravité s'ils se produisent, c'est-à-dire réaliser une évaluation des risques (voir section 4.6.2)
- 3 Identifier les incidents potentiels / rejets accidentels pour lesquels il faut des contrôles additionnels pour les empêcher de se produire (voir section 4.6.3)
- 4 Identifier et appliquer les mesures de contrôle requises pour prévenir les accidents et minimiser les dommages qu'ils peuvent occasionner à l'environnement (voir section 4.6.4)
- 5 Développer, appliquer et tester régulièrement un plan d'urgence (voir section 4.6.5)

- 6 Enquêter sur tous les accidents et quasi-accidents, et archiver les enregistrements (voir section 4.6.6).

5.2 MTD additionnelles pour certains secteurs FDM

Les MTD énoncées aux sections 5.1 - 5.1.7 s'appliquent aux secteurs pour lesquels aucune MTD additionnelle n'a été déterminée, comme les produits de meunerie, la fabrication des pâtes sèches, celle des aliments pour animaux, la boulangerie, la confiserie, la fabrication de la levure, la distillerie, l'élaboration du cidre, des boissons non alcoolisée et la fabrication de l'acide citrique.

5.2.1 MTD additionnelles pour le secteur de la viande et de la volaille

Outre les MTD énoncées aux sections 5.1 - 5.1.7, les MTD consistent en ceci dans les installations chargées de la transformation de la viande et de la volaille :

- 1 Faire dégeler la viande dans l'air (voir section 4.2.2.5)
- 2 Éviter l'emploi de flocons de glace en utilisant un mélange adéquant de matières premières très froides et congelées (voir section 4.7.1.3)
- 3 Doser les épices et autres ingrédients solides depuis un conteneur en vrac plutôt que depuis des sacs en plastique (voir section 4.1.7.2)
- 4 Stopper automatiquement l'alimentation en eau lorsque les extrudeuses à saucisses et équipements similaires ne servent pas pendant les pauses ou les arrêts de production (voir section 4.1.8.4).

5.2.2 MTD additionnelles applicables au secteur du poisson et des fruits de mer

Outre les MTD énoncées aux section 5.1 - 5.1.7, les MTD consistent en ceci dans les installations chargées de la transformation du poisson et des fruits de mer :

- 1 Maintenir la qualité du poisson, pour une utilisation optimale, en réduisant les temps de stockage (voir section 4.1.7.3)
- 2 Utiliser du poisson de haute qualité en sécurisant la collaboration avec les fournisseurs en amont (voir section 4.7.2.3)
- 3 Appliquer des programmes de maintenance réguliers (voir section 4.1.5), pour assurer par exemple un dépouillement efficace (voir section 4.7.2.3)
- 4 Décongeler le maquereau en l'immergeant dans des récipients remplis d'eau mélangée par des bulles d'air la traversant. Le niveau d'eau est maintenu par recirculation de cette dernière et par des capteurs eux-mêmes commandés par le niveau (voir section 4.2.2.1), pour parvenir ainsi à une consommation d'eau \leq à 2 m³/tonne de poisson cru
- 5 Décongeler le poisson à chair blanche en l'immergeant dans des récipients remplis d'eau mélangée par des bulles d'air la traversant. Le niveau d'eau est maintenu à l'aide de capteurs eux-mêmes commandés par le niveau (voir section 4.2.2.2), pour parvenir ainsi à une consommation d'eau comprise entre 1,8 et 2,2 m³/tonne de poisson cru
- 6 Décongeler les crevettes et les crevettes roses en les immergeant dans des récipients remplis d'eau de pelage filtrée si disponible. L'eau est mélangée par les bulles d'air la traversant. Le niveau d'eau est maintenu par recirculation de l'eau au moyen de capteurs eux-mêmes commandés par le niveau (voir section 4.2.2.1), ou de capteurs commandés par le niveau (voir section 4.2.2.2)
- 7 Éviter d'écailler le poisson s'il doit subir un dépouillement subséquent (voir section 4.7.2.7)
- 8 Là où l'écaillage a lieu, c'est-à-dire là où le poisson n'est pas dépouillé ensuite, utiliser les eaux usées filtrées recirculées provenant de l'écaillage pour effectuer un rinçage préliminaire du poisson et ajuster correctement le fonctionnement de l'appareil d'écaillage en pesant la quantité d'écaillés correctement adaptée à un débit spécifique d'eau (voir section 4.7.2.8)

- 9 En recourant à l'aspiration par le vide, retirer et évacuer la peau et la graisse du tambour de dépouillement (voir section 4.7.2.3)
- 10 En recourant à l'aspiration par le vide, retirer et transporter la graisse et les viscères des maquereaux (voir section 4.7.2.5)
- 11 Utiliser des tapis convoyeurs à maillage fin pour transporter les produits solides, sous-produits et déchets, afin que la séparation entre ces produits et l'eau puisse se faire (voir section 4.7.2.6)
- 12 Lors du découpage en filets :
 - 12.1 Retirer les carcasses des filets de poisson au moyen de deux jeux de lames rotatives (voir section 4.1.8.8)
 - 12.2 Là où il faut des buses à eau et des systèmes de nettoyage par pulvérisation, les installer avec des capteurs provoquant l'activation par détection de présence (assurant donc un fonctionnement intermittent) (voir section 4.1.8.8).
 - 12.3 On peut parvenir à réduire la consommation d'eau de 60 à 75 % par les moyens suivants :
 - 12.3.1 Retirer les buses inutiles de sorte que l'apport d'eau n'ait lieu que là où il le faut (voir section 4.1.8.8)
 - 12.3.2 Remplacer, par un dispositif mécanique, les buses qui prennent le poisson à partir de la coupe caudale (voir section 4.1.8.8)
 - 12.3.3 Remplacer, par des dispositifs mécaniques, les buses affectées au nettoyage des roues d'entraînement sur la pièce de découpage en filets (voir section 4.1.8.8)
 - 12.3.4 Remplacer les buses existantes par des buses consommant moins d'eau (voir section 4.1.8.8)
 - 12.3.5 Utiliser des buses à eau pulsée, c'est-à-dire offrant une ouverture et fermeture alternée de l'alimentation au moyen d'une vanne automatique (voir section 4.1.8.8)
 - 12.3.6 Remplacer le tuyau d'évacuation des déchets par des tapis d'évacuation et fermer les buses dans le tuyau d'évacuation. Les déchets seront séparés de l'eau processuelle directement à proximité de la machine de découpage en filets, ce qui raccourcit la durée de contact (voir section 4.7.2.6)
 - 12.4 Réduire tant le nombre que la taille des buses de pulvérisation (économies d'eau : env. 75 %) (voir section 4.1.8.8).

5.2.3 MTD additionnelles applicables au secteur des fruits et légumes

Outre les MTD énoncées aux sections 5.1 - 5.1.7, les MTD applicables aux installations transformatrices des fruits et légumes consistent en ceci :

- 1 Là où le stockage est inévitable : réduire les temps de stockage (voir section 4.1.7.3), et là où les conditions météorologiques n'accroissent pas la vitesse de dégradation et/ou ne nuisent pas à la qualité, éviter la réfrigération en stockant en plein air les fruits et légumes, ainsi que leurs sous-produits destinés à servir d'aliments pour animaux, dans un endroit propre et couvert ou dans des conteneurs (voir section 4.7.3.3)
- 2 Appliquer la séparation à sec des matières premières rejetées, provenant de la séquence de tri, et des résidus solides (par exemple pendant les séquences de triage, parage, extraction, filtrage) (voir section 4.1.7.6)
- 3 Collecter le sol au cours des séquences de décantation et/ou de filtration au lieu de le laisser emporter vers la SEEU (voir les sections 4.1.7.6, 4.5.2.5 et 4.5.4.5)
- 4 Peler les fruits et légumes à l'aide d'un procédé à vapeur par charges successives (voir section 4.7.3.4.2) ou un procédé continu à vapeur (voir section 4.7.3.4.1) n'utilisant pas d'eau froide pour condenser la vapeur et, si le pelage à la vapeur est inapplicable pour des raisons technologiques, utiliser le pelage caustique à sec (voir section 4.7.3.4.6), sauf si l'utilisation de l'une ou l'autre technique ne permet pas de répondre aux exigences de la recette.

- 5 Après le blanchiment, faire passer les fruits et légumes à travers de l'eau froide pour les refroidir avant de les congeler (voir section 4.7.3.6)
- 6 Optimiser la réutilisation de l'eau avec ou sans traitement, ceci dépendant des formes d'activités requérant de l'eau et de la qualité de l'eau dont elles ont besoin, en veillant au maintien d'une hygiène adéquate et des standards de qualité alimentaire (voir section 4.7.3.7).

5.2.4 MTD additionnelles applicables au secteur des huiles végétales et des matières grasses

Outre les MTD énoncées aux sections 5.1 - 5.1.7, les MTD consistent en ceci :

- 1 Utiliser un désolvant-toasteur à contre-courant dans l'extraction d'huile végétale (voir section 4.7.4.2)
- 2 Dans la transformation de l'huile végétale, utiliser la vapeur générée dans le désolvant-toasteur au cours de la première séquence du pré-évaporateur de distillation du miscella (voir section 4.7.4.3)
- 3 Utiliser la chaleur issue de la réaction exothermique, au cours de l'hydrogénation de l'huile végétale, pour porter le produit à la température de réaction désirée et pour générer de la vapeur plus tard dans la réaction (voir section 4.7.4.4). La génération d'énergie (vapeur) réalisable est comprise entre 25 et 125 kWh/t (90 et 450 MJ/t) (40 et 200 kg/t) d'huile non raffinée.
- 4 Utiliser des pompes à vide à anneau d'eau pour générer le vide auxiliaire nécessaire au séchage de l'huile, à son dégazage ou pour réduire l'oxydation de l'huile (voir section 4.7.4.11)
- 5 Récupérer l'hexane des vapeurs condensables provenant du désolvant-toasteur de tourteau, de la distillation du miscella et de la colonne de fractionnement du système à huile minérale, en utilisant un séparateur hexane-eau opérant par gravité et un rebouilleur (voir section 4.7.4.6)
- 6 Utiliser un laveur à huile minérale pour récupérer l'hexane présent dans les vapeurs non condensables provenant du désolvant-toasteur de tourteau, de la distillation du miscella, du rebouilleur et de la colonne de fractionnement équipant le système à huile minérale (voir section 4.7.4.5)
- 7 Utiliser des cyclones pour réduire les émissions de poussière mouillée provenant de l'extraction de l'huile végétale, pour obtenir un niveau d'émission de poussière mouillée < à 50 mg/Nm³ (voir section 4.7.4.10)
- 8 Raffiner les huiles brutes par raffinage physique (voir section 4.7.4.7.2) ou, si leur teneur en AGL est < à 2 %, par raffinage chimique (voir section 4.7.4.7.1)
- 9 Désodoriser les huiles végétales à l'aide d'un double laveur en association avec un système de refroidissement à passage unique (voir section 4.7.4.12.1).

5.2.5 MTD additionnelles applicables au secteur des laiteries

Outre les MTD énoncées aux sections 5.1 - 5.1.7, les MTD applicables aux laiteries consistent en ceci :

- 1 Homogénéiser partiellement le lait (voir section 4.7.5.3)
- 2 Remplacer les pasteurisateurs à charges successives par des pasteurisateurs opérant en continu (voir section 4.7.5.5)
- 3 Dans la pasteurisation, utiliser l'échange de chaleur régénérative (voir section 4.7.5.6)
- 4 Réduire la fréquence requise de nettoyage des séparateurs centrifuges en améliorant la filtration et la clarification préliminaires du lait (voir section 4.7.5.7)
- 5 Utiliser le « remplissage de composant » juste à temps pour éviter les pertes et réduire la pollution de l'eau (voir section 4.7.5.12)
- 6 Maximiser la récupération du produit dilué, non contaminé sinon, provenant des rinçages initiaux pendant le CIP, la procédure de démarrage de la HTST, la procédure d'arrêt, le passage à un autre produit, et provenant du rinçage d'autres équipements et

tuyauteries, par détection en ligne des points de transition entre le produit et la phase eau (voir section 4.7.5.10). C'est faisable par exemple en mesurant le volume au moyen de transmetteurs de débit (voir section 4.1.8.4) ou de densité, en mesurant la densité à l'aide de transmetteurs de conductivité (voir section 4.1.8.5.2) et en recourant à des capteurs de turbidité à lumière dispersée (voir section 4.1.8.5.3) pour différencier l'eau du produit.

- 7 Dans les grandes laiteries comportant des tuyauteries à grand nombre de bifurcations, utiliser plusieurs systèmes CIP de petite taille plutôt qu'un grand système CIP centralisé (voir section 4.3.9)
- 8 Réutiliser l'eau de refroidissement, utiliser de l'eau de nettoyage, des condensats provenant du séchage et de l'évaporation, les perméats engendrés pendant les procédés de séparation membranaire et l'eau de rinçage final après le traitement, si nécessaire, pour assurer le niveau d'hygiène nécessaire à la réutilisation.(voir section 4.7.5.16)
- 9 Atteindre les niveaux indiqués au Tableau 5.218 (voir section 5.2.5.1), Tableau 5.219 (voir section 5.2.5.2) et au Tableau 5.220 (voir section 5.2.5.5). Ces tableaux contiennent des niveaux indicatifs pouvant être atteints en appliquant des MTD pendant le procédé. Ils sont basés sur les niveaux atteints relatés par le TWG. Les plages relatives reflètent toute une variété de conditions dans lesquelles les installations fonctionnent. Les niveaux de consommation d'énergie peuvent varier du fait par exemple des volumes de production. Les climats chauds peuvent consommer plus d'énergie pour refroidir et *vice-versa*. Les niveaux de consommation d'eau et d'émissions d'eaux usées peuvent varier du fait par exemple de différentes gammes de produits, différentes tailles des charges et de nettoyages différents. Le niveau d'émission d'eaux usées peut être plus bas comparé au niveau de consommation d'eau du fait que plusieurs laiteries mesurent l'admission de l'eau de refroidissement entrante, souvent depuis leurs propres puits, mais qu'elles rejettent ensuite cette eau sans en mesurer les quantités. Sous les climats chauds, il peut y avoir des pertes d'eau dues à l'évaporation.

5.2.5.1 MTD additionnelle applicable à la production de lait de consommation

Outre les MTD des sections 5.1 - 5.1.7 et 5.2.5, la MTD applicable à la production de lait de consommation consistant en ceci :

- 1 Atteindre les niveaux de consommation et d'émission indiqués au Tableau 5.218 (voir les sections 3.3.5.1.1, 3.3.5.1.2, 3.3.5.4 et 5.2.5, paragraphe 9)

Consommation d'énergie (kWh/l)	Consommation d'eau (l/l)	Eaux usées (l/l)
0,07 – 0,2	0,6 – 1,8	0,8 – 1,7

Tableau 5.218 : Niveaux de consommation et d'émission associés à la production de lait de consommation, à partir d'un litre de lait reçu

5.2.5.2 MTD additionnelles applicables à la production de lait en poudre

Outre les MTD énoncées aux sections 5.1 à 5.1.7 et 5.2.5, les MTD applicables à la production de lait en poudre consistant en ceci :

- 1 Utiliser des évaporateurs multi-effets pour produire du lait en poudre (voir section 4.2.9.1), en optimisant la recompression de la vapeur (voir section 4.2.9.2) en fonction de la disponibilité de la chaleur et de l'électricité dans l'installation ; concentrer le lait liquide avant le séchage par pulvérisation, suivi du FBD, par exemple d'un FBB intégré (voir section 4.7.5.8)
- 2 Appliquer un système d'alarme incendie précoce, par exemple un détecteur de CO, pour réduire le risque d'explosion dans les séchoirs à pulvérisation (voir section 4.7.5.8).

- 3 Atteindre les niveaux de consommation et d'émission énoncés dans le Tableau 5.219 (voir les sections 3.3.5.1.1, 3.3.5.1.2, 3.3.5.4 et 5.2.5, paragraphe 9)

Consommation d'énergie (kWh/l)	Consommation d'eau (l/l)	Eaux usées (l/l)
0,3 – 0,4	0,8 – 1,7	0,8 – 1,5

Tableau 5.219 : Niveaux de consommation et d'émission associés à la production de lait en poudre à partir d'un litre de lait reçu

5.2.5.3 MTD additionnelles applicables à la fabrication du beurre

Outre les MTD énoncées aux sections 5.1 - 5.1.7 et 5.2.5, les MTD applicables à la fabrication du beurre consistent en ceci :

- 1 Retirer le beurre résiduel des conduites à l'aide d'un bloc de beurre refroidi que pousse de l'air comprimé (voir section 4.3.4)
- 2 Avant de nettoyer le dispositif de chauffage de la crème, le rincer avec du lait écrémé (voir section 4.7.5.13.1).

5.2.5.4 MTD additionnelles applicables à la fabrication du fromage

Outre les MTD énoncées aux sections 5.1 - 5.1.7 et 5.2.5, les MTD applicables à la fabrication du fromage consistent en ceci :

- 1 Utiliser la chaleur provenant du petit-lait chaud pour préchauffer le lait destiné à la fabrication du fromage (voir section 4.7.5.14.7)
- 2 Maximiser la récupération du petit-lait et son utilisation (voir section 4.7.5.14.4)
- 3 Séparer le petit-lait salé (ne pas le mélanger avec le petit-lait doux ou acide) (voir section 4.7.5.14.4)
- 4 Réduire les fines de matière grasse et de fromage dans le petit-lait et cribler les flux de liquide pour collecter les fines (voir section 4.7.5.14.2)
- 5 Minimiser la génération de petit-lait acide et évacuer le sommet ou la plateforme des cuves de salage pour éviter les déversements de saumure vers la SEEU (voir section 4.7.5.14.3)
- 6 Utiliser des évaporateurs multi-effets pour produire du petit-lait en poudre (voir section 4.2.9.1), en optimisant la recompression de vapeur (voir section 4.2.9.2) liée à la disponibilité de chaleur à d'électricité dans l'installation, pour concentrer le petit-lait avant le séchage à pulvérisation, suivi du FBD, par exemple d'un FBD intégré (voir section 4.7.5.8).

5.2.5.5 MTD additionnelles applicables à la fabrication des crèmes glacées

Outre les MTD énoncées aux sections 5.1 - 5.1.7 et 5.2.5, la MTD applicable à la fabrication des crèmes glacées consistent en ceci :

- 1 Atteindre les niveaux de consommation et d'émission indiqués au Tableau 5.220 (voir sections 3.3.5.1.1, 3.3.5.1.2, 3.3.5.4 et 5.2.5, paragraphe 9)

Consommation d'énergie (kWh/kg)	Consommation d'eau (l/kg)	Eaux usées (l/kg)
0,6 – 2,8	4,0 – 5,0	2,7 – 4,0

Tableau 5.220 : Niveaux de consommation et d'émission associés à la production d'un kg de crème glacée

5.2.6 MTD additionnelles applicables à fabrication de l'amidon

Outre les MTD énoncées aux sections 5.1 - 5.1.7, les MTD applicables au secteur de l'amidon consistent en ceci :

- 1 Dans le procédé de fabrication d'amidon de pomme de terre, optimiser la réutilisation de l'eau processuelle et/ou du jus de pomme de terre (voir les sections 3.3.7.1, 4.1.6, 4.1.7.6 et 4.7.6.1)
- 2 Utiliser l'eau processuelle du gluten (à la séquence de séparation des protéines) pour laver les germes et les fibres et pour les procédés de trempage dans le procédé de fabrication de l'amidon de maïs (voir section 4.1.7.8)
- 3 Laver les pâtes liquides d'amidon à l'aide d'un flux à contre-courant avant de les faire égoutter et sécher (voir section 4.7.6.1).

5.2.7 MTD additionnelles applicables au secteur du sucre

Outre les MTD énoncées aux sections 5.1 - 5.1.7, les MTD applicables au secteur de la betterave à sucre consistent en ceci :

- 1 Recycler l'eau de transport (voir section 4.7.7.3)
- 2 Utiliser le condensat en provenance de l'évaporateur pour extraire le sucre des betteraves (voir section 4.1.7.8)
- 3 Éviter de sécher la pulpe de betterave sucrière s'il existe un débouché prenant la pulpe de betterave sucrière pressée (pour l'utiliser par exemple comme aliment pour animaux) ; sécher sinon la pulpe de betterave sucrière à l'aide de séchoirs à vapeur (voir section 4.7.7.1.4) ou à l'aide de séchoirs à haute température (voir section 4.7.7.1.2), associés à des mesures visant à réduire les émissions dans l'air. Dans le séchage à haute température (HTD) les mesures pouvant être prises pour réduire les émissions consistent par exemple à réduire la quantité de petites particules de betterave séchées, à sécher jusqu'à obtenir une teneur maximum en matière sèche de 91 %, à presser mécaniquement la pulpe avant de la sécher, à réduire la quantité de mélasses ajoutées avant le séchage et à optimiser le fonctionnement des cyclones (voir section 4.4.3.5.2) et des laveurs à pulvérisation (voir section 4.4.3.5.3).

5.2.8 MTD additionnelles applicables au secteur du café

Outre les MTD énoncées aux sections 5.1 - 5.1.7, les MTD applicables au secteur du café consistent en ceci :

- 1 Lors de la torréfaction du café, faire rentrer à nouveau dans le torréfacteur l'air qui en sort (voir section 4.7.8.4.1)
- 2 Lors de la torréfaction du café, là où des MTD intégrées dans le procédé – et chargées de réduire les émissions dans l'air par sélection et utilisation de substances et application de techniques – ne permettent pas d'atteindre des niveaux d'émission de 5 à 20 mg/Nm³ pour la poussière sèche ; < à 50 mg/Nm³ COT pour le café légèrement torréfié (ce niveau étant plus difficile à atteindre au fur et à mesure qu'augmente le brunissage obtenu par torréfaction, voir la section 3.2.39.2) ; atteindre ces niveaux en appliquant des techniques de réduction. Certaines techniques de réduction d'air sont décrites aux sections 4.4 - 4.4.3.12. Les niveaux d'émission de NO_x ont été fournis trop tard pour que le TWG puisse les vérifier intégralement ; ils figurent à la section 7.5 du chapitre intitulé Remarques de clôture.
- 3 Dans la fabrication du café instantané, utiliser la chaleur résiduaire, provenant de l'extrait très chaud de café liquide, pour échauffer l'eau processuelle avant l'extraction, et utiliser un échange thermique à contre-courant pour exploiter la chaleur provenant du séchage à pulvérisation dans le secteur de la torréfaction (voir section 4.7.8.1)
- 4 Pendant la fabrication du café instantané, après le séchage, agglomérer la poussière pour en faire des granulés puis recycler la poussière restante et appliquer une réduction des émissions dans l'air (voir section 4.7.8.2).

5.2.9 MTD additionnelles applicables à l'élaboration de boissons

Outre les MTD décrites aux sections 5.1 - 5.1.7, les MTD applicables aux installations de traitement des boissons consistent en ceci :

- 1 Si l'installation utilise du CO₂ qui soit provient du procédé de fermentation, soit est le sous-produit d'un autre procédé : éviter de produire du CO₂ qui soit directement dérivé de combustibles fossiles, spécialement en cas d'utilisation dans l'installation (voir section 4.2.4.1)
- 2 Récupérer la levure après la fermentation (voir section 4.7.9.3)
- 3 Lorsque de la diatomite sert de filtre, collecter la diatomite épuisée pour optimiser sa réutilisation et/ou son élimination (voir section 4.7.9.4.3)
- 4 Utiliser des systèmes multiséquences de nettoyage des bouteilles (voir section 4.7.9.5.2)
- 5 Optimiser la consommation d'eau par la zone de rinçage composant la machine de nettoyage des bouteilles, en contrôlant le flux d'eau de rinçage, en installant une vanne automatique qui interrompt l'alimentation en eau lors des arrêts des lignes, et utiliser de l'eau douce dans les deux dernières rangées de buses de rinçage (voir section 4.7.9.5.4)
- 6 Après décantation et filtrage, réutiliser le liquide qui a débordé au cours du nettoyage des bouteilles (voir section 4.7.9.5.3).

5.2.9.1 MTD additionnelles applicables à la brasserie

Outre les MTD énoncées aux sections 5.1 - 5.1.7 et 5.2.9, les MTD applicables aux brasseries consistent en ceci :

- 1 Optimiser la réutilisation de l'eau échauffée qui avait servi à refroidir le moût (voir section 4.7.9.6.4) et récupérer la chaleur provenant de l'ébullition du moût (voir section 4.7.9.6.5)
- 2 Réutiliser l'eau qui a débordé pendant la pasteurisation dans les bouteilles (voir section 4.7.9.5.5)
- 3 Atteindre un niveau de consommation d'eau de 0,35 – 1 m³/hl de bière produite (voir section 3.3.11.1).

5.2.9.2 MTD additionnelle applicable à la vinification

Outre les MTD énoncées aux sections 5.1 - 5.1.7 et 5.2.9, la MTD applicable à la vinification consiste en ceci :

- 1 Après la stabilisation du vin par le froid, réutiliser la solution de nettoyage alcaline (voir section 4.7.9.8.1) et, lorsqu'il n'est plus possible de réutiliser la solution alcaline parce qu'épuisée mais que le pH est encore suffisamment élevé au point de perturber l'exploitation de la SEEU, appliquer l'auto-neutralisation (voir section 4.5.2.4) ou, si les niveaux de pH et le débit d'écoulement ne perturbent pas l'exploitation de la SEEU, rejeter graduellement de la solution de nettoyage vers celle-ci (voir section 4.7.9.8.2).

6 TECHNIQUES ÉMERGENTES

Ce chapitre aborde les nouvelles techniques de prévention et de contrôle de la pollution que les rapports signalent comme étant en cours de développement, et qui peuvent être porteuses d'avantages futurs en matière de coûts et d'avantages environnementaux. Si disponibles, les informations renseignent également sur l'efficacité potentielle de ces techniques, elles contiennent une estimation préliminaire des coûts et une indication de l'échelle temporelle d'ici à ce que ces techniques soient disponibles dans le commerce. Ce chapitre n'inclut pas les techniques préexistantes utilisées dans d'autres secteurs émergents au sein du secteur FDM.

6.1 Utilisation des UV / de l'ozone dans l'absorption pour réduire les odeurs

Description

Historiquement, l'ozone a été utilisé comme oxydant dans un nombre limité seulement d'applications visant à maîtriser les odeurs. Ceci est dû en premier lieu au fait que, bien qu'il soit extrêmement réactif dans sa phase liquide, il l'est moins dans sa phase gazeuse. Un procédé a été développé dans les années 1980, qui a potentialisé l'activité de l'ozone en ajoutant de la lumière ultraviolette. Ce procédé utilise un système à lit garni de façon conventionnelle, et un système de recyclage de liquide. Les bulles d'ozone pénètrent dans le carter de l'absorbeur et l'eau ozonisée traverse un banc de lampes à UV. L'ozone, en présence de lumière ultraviolette, génère des radicaux hydroxyle qui sont bien plus réactifs que l'ozone seul. Les composés organiques dissous dans la phase liquide s'oxydent en dioxyde de carbone et l'eau, donc la liqueur de l'absorbeur rejetées par le système sont relativement propres.

Avantages environnementaux atteints

Réduction des émissions d'odeurs.

Applicabilité

Les systèmes à ozone ne se sont pas avérés efficaces lorsque appliqués à des flux d'air très chauds et humides, par exemple lorsque appliqués au niveau de l'orifice d'un réservoir d'ébouillantage équipant une installation de traitement de la volaille.

Bibliographie de référence

[34, Willey A R and Williams D A, 2001]

7 REMARQUES DE CLÔTURE

7.1 Calendrier des travaux

Les travaux sur ce document ont commencé avec la réunion plénière du TWG en janvier 2001. Les principales problématiques discutées au cours de cette réunion étaient les suivantes : son domaine d'application, les problématiques environnementales majeures, comment aborder les travaux dans un secteur aussi diversifié et l'identification des informations requises. Un délai a été convenu pour fournir les informations, c'est-à-dire à ne pas dépasser pour pouvoir l'inclure dans le premier projet de texte.

La discussion sur le domaine d'application a conduit à définir les limites en amont et en aval, sur la base des activités énoncées dans la directive et des problématiques figurant dans le domaine d'application d'autres documents BREF dans la série. L'inclusion ou l'exclusion de secteurs dans le présent document ne permet toutefois pas d'en déduire quelque interprétation que ce soit de la directive. Ainsi par exemple, les discussions ont révélé que dans les langues de quelques États membres, le terme « aliment » inclut les aliments pour animaux, et que ce n'est pas le cas dans d'autres langues. Après avoir discuté un certain temps, le TWG a décidé d'inclure la transformation des aliments pour animaux dans le présent document. D'autres discussions avec le TWG sur les « Abattoirs et sous-produits d'origine animale » a conduit à inclure les aliments pour animaux de compagnie dans le domaine d'application du présent document. Ces documents ne cherchent pas à interpréter la directive, de sorte qu'ils n'abordent pas les problématiques liées aux capacités de production et aux décisions relatives aux domaines requérant l'obtention de permis.

Un premier projet de texte a été adressé au TWG, pour consultation, en avril 2002. La période de consultation a duré environ 8 semaines. Un deuxième projet de texte contenant les propositions de conclusions sur les MTD, a été envoyé au TWG en mai 2003. La période de consultation a duré jusqu'en août 2003. En septembre 2003, l'auteur d'origine a quitté l'EIPPCB et, en novembre 2003, un nouvel auteur a pris en charge les travaux afférents à ce document.

Pendant l'année 2004, les travaux se sont concentrés sur ceci : intégrer les commentaires dans le deuxième projet de texte, développer une présentation de l'information au lecteur et consolider les conclusions sur les MTD en veillant à l'insertion de renvois vers les informations de support figurant dans ce document.

La réunion plénière finale du TWG s'est déroulée en février 2005. La réunion a porté sur une discussion des conclusions afférentes aux MTD et sur les informations les étayant à l'intérieur du présent document.

Après la réunion finale, le chapitre sur les MTD a été modifié pour faire apparaître les modifications qui avaient été convenues en réunion. C'est à ce moment là que les « Remarques de clôture » et le « Résumé général » ont été élaborés, suivis de brèves consultations, après quoi le remaniement rédactionnel final a eu lieu.

La grande diversité inhérente au secteur FDM a constitué un défi spécial pour le TWG. Ce secteur en effet transforme une immense variété de matières premières. De nombreux produits similaires sont traités de façons différentes, parfois dans le respect de recettes / formulations régionales, et de nombreux produits non similaires sont transformés de manières similaires. Le vaste domaine d'application du secteur, l'apport permanent d'informations tard dans le processus susmentionné d'élaboration du document et le changement d'auteur sont autant de facteurs qui ont influé sur le contenu et la durée de préparation du document.

7.2 Niveau de consensus, forces motrices et problématiques issues de la dernière réunion du TWG

Les conclusions du travail ont fait l'objet d'un accord au cours de la réunion plénière finale, et le niveau de consensus atteint fut élevé. La plupart des MTD traite de la façon de gérer et exploiter les procédés FDM. Par conséquent, l'application de la majorité des MTD requiert peu ou pas d'investissements en équipements. Ces « MTD dans le procédé » peuvent généralement générer des économies de coûts du fait de l'amélioration de l'efficacité et d'une moindre production de déchets. Le fait d'accentuer la prévention de la pollution en appliquant des « MTD dans le procédé » peut se traduire par une réduction des investissements requis pour appliquer les MTD « au point de rejet », par exemple en réduisant l'échelle à laquelle elles sont requises. Ainsi par exemple, si l'on réduit la quantité d'eau en réalisant un nettoyage à sec, cela peut réduire les exigences quant au traitement des eaux usées, comparé à un nettoyage au jet d'eau des équipements et sols sur lesquels adhèrent des aliments avec envoi subséquent vers des avaloirs. Dans le secteur FDM, la nature des matières premières et l'importance de la fraîcheur, tant pour la qualité des produits que pour prévenir la production de déchets, rend importante la collaboration entre partenaires situés en amont et en aval. Il a été convenu qu'ici, « les MTD consistent à rechercher une collaboration avec les partenaires en amont et en aval, à créer une chaîne de responsabilité environnementale, à réduire la pollution et à protéger l'environnement tout entier ». C'est cohérent avec la démarche des MTD, pas seulement au niveau d'un site spécifique, aussi à une plus grande échelle, et l'on peut y parvenir au niveau d'une entreprise ou à une plus vaste échelle via des organisations représentant le secteur FDM.

Dans les installations FDM, le maintien de standards d'hygiène acceptables joue un rôle critique car c'est lui qui garantit la qualité des produits et la sécurité alimentaire. Ce contrôle strict de l'hygiène et l'exigence conséquente de nettoyer régulièrement et fréquemment les installations FDM et les équipements ont grandement influé sur les conclusions en matière de MTD, notamment sur les MTD directement liées au nettoyage. De même, les formulations de certains produits ont influencé les considérations environnementales vu que l'application de certaines techniques peut être nécessaire pour assurer l'obtention d'une certaine saveur, d'un certain arôme ou d'une certaine texture, et que cela rend d'autres techniques inapplicables.

Un vue divergente a été enregistrée. Un État membre n'est pas d'accord avec la note au bas du Tableau 5.217 qui explicite la qualité des eaux usées FDM après traitement. Cette note énonce ceci « Il est possible d'atteindre de meilleurs niveaux de DBO₅ et de DCO. Il n'est pas toujours possible, ou rentable, de parvenir aux concentrations totales d'azote ou de phosphore indiquées, ceci dépendant des conditions locales ». Cet État membre pense que les dérives par rapport aux MTD, par exemple dues à des conditions locales, sont exclusivement autorisées pour durcir les exigences dont s'assortissent les octrois de permis.

Il y a eu quelques discussions occasionnées par les informations nouvelles présentées en cours de réunion. Elles sont discutées à la section 1.5, laquelle contient des recommandations quant aux travaux futurs.

Lorsque le niveau d'émissions de poussières sèches, associé aux MTD et émanant d'installations FDM, a été discuté au cours de la réunion plénière finale, la question a été posée de savoir si cela s'appliquait aux émissions provenant des centrales électriques thermiques dans les entreprises FDM. Les émissions provenant des centrales électriques thermiques n'ont pas fait l'objet d'un échange d'informations avant la réunion finale, de sorte qu'il a été clairement dit que les niveaux d'émission associés aux MTD ne sont pas censés représenter les MTD découlant de telles installations thermiques.

7.3 Informations fournies

Le TWG réunit 16 États membres et les industries FDM ; il représente donc une large proportion du groupe. De nombreux membres du TWG en provenance de l'industrie font partie de la délégation de la CIAA. Certaines des membres du TWG en provenance des États membres

comprennent aussi des représentants de l'industrie. Des fournisseurs d'équipements sont également représentés. Les ONG environnementales n'ont pas participé aux travaux sur ce document.

De nombreux rapports des États membres et de l'industrie ont servi comme sources d'informations dans l'élaboration de ce document, y compris les informations provenant d'installations prises comme exemple. La participation de certains États membres aux travaux a reflété jusqu'à un certain point la distribution régionale des secteurs. Ainsi par exemple, de nombreux États membres ont participé aux travaux sur les laiteries, avec une contribution notable en provenance des pays nordiques [42, Nordic Council of Ministers, et al., 2001], de l'Allemagne [9, Verband der Deutschen Milchwirtschaft (German Dairy Association), 1999] et de l'Italie [75, Italian contribution, 2002]. La Grèce, l'Italie et le Portugal ont dominé les débats sur l'huile d'olive. L'Italie a fourni toutes les informations sur les pâtes. L'Allemagne a été l'un des membres les plus actifs dans le procédé d'échange d'informations. La majeure partie de l'information fournie par l'Allemagne a été le résultat d'une collaboration entre les pouvoirs publics allemands et certains secteurs FDM individuels [65, Germany, 2002], par exemple les secteurs des huiles et graisses végétales, des laiteries et des brasseries.

La CIAA et ses organisations affiliées ont fourni la majeure partie des contributions de l'industrie. Ces contributions incluaient des informations sur la majorité des secteurs FDM individuels, à l'exception de la viande, du poisson, des fruits de mer, des fruits et légumes. Le présent document contient relativement peu d'informations spécifiques sur le secteur de la viande et la majeure partie a été fournie par les pays nordiques [41, Nordic Council of Ministers, 2001] et l'Italie [89, Italian contribution, 2001, 91, Italian contribution, 2001]. Les informations sur la transformation du poisson et des fruits de mer proviennent principalement des pays nordiques [28, Nordic Council of Ministers, 1997]. Les principales sources d'informations sur la transformation des fruits et légumes ont été fournies par la Belgique [31, VITO, et al., 2001, 32, Van Bael J., 1998] et l'Italie [89, Italian contribution, 2001, 91, Italian contribution, 2001].

L'importance de l'hygiène dans tout le secteur FDM est illustrée par le fait que les informations et commentaires sur le nettoyage ont été fournis par plusieurs États membres et par la CIAA.

La majorité des informations sur les techniques de réduction des émissions dans l'air ont été fournies par la CIAA [34, Willey A R and Williams D A, 2001] et l'Allemagne [65, Germany, 2002], bien que ces informations renseignent relativement peu sur les niveaux d'émission ou sur l'application et l'applicabilité des techniques dans le secteur FDM dans son ensemble ou dans des secteurs individuels.

Une forte part de l'information sur les eaux usées et sur leur traitement a été fournie par le Royaume Uni [13, Environment Agency of England and Wales, 2000] et l'Allemagne [65, Germany, 2002]. Les informations sur le traitement des eaux usées dans certains secteurs individuels ont été fournies par divers États membres et par l'industrie.

De l'information a également été recueillie pendant des visites effectuées au cours de la période 2001 – 2003, c'est-à-dire avant l'achèvement du second projet de texte. Les sites visités portaient sur deux laiteries, l'une en Hongrie, l'autre en Allemagne ; quatre brasseries, une en Hongrie, une en Finlande et deux en Espagne ; une raffinerie de sucre en Finlande ; une installation de transformation de la viande en Espagne ; deux producteurs de champagne en France, une entreprise sucrière pratiquant l'épandage en champ en France et plusieurs producteurs d'huile d'olive en Espagne. Plusieurs réunions se sont déroulées avec la CIAA au nom de ses membres. Les réunions se sont également déroulées avec des membres allemands, finlandais et espagnols du TWG et avec les Brewers of Europe.

Les consultations formelles sur le projet de document ont également déclenché la soumission d'une grande quantité d'informations à un stade relativement tardif du procédé, et non pas au stade, comme cela avait été demandé, du premier projet de texte. Les consultations ont fourni des occasions majeures pour le TWG de vérifier les informations déjà soumises.

Presque la moitié des membres du TWG ont participé à la réunion plénière finale. Les États membres siégeant au TWG sur les FDM ont bien été représentés lors de la réunion plénière finale et ont participé activement aux discussions. Les représentants de l'industrie ont actifs eux aussi. La délégation de l'industrie était représentée pour une forte part par le secteur du sucre.

L'échange d'informations et la préparation de ce document ont constitué une évolution positive dans la prévention et le contrôle de la pollution dans les secteurs concernés. Il a fourni une occasion inédite aux différents secteurs d'en apprendre plus sur les techniques qui se sont avérées bien fonctionner dans d'autres, et ceci à l'échelle de l'Europe entière. La structure de ce document favorise la compréhension car il se concentre sur des procédés et pratiques courants dans tous les secteurs FDM ou un bon nombre d'entre eux, et décrit leur application et applicabilité. Ainsi par exemple, certaines techniques décrites pour la mise en boîte du poisson ont été reconnues comme étant applicables à la conservation en boîtes, bouteilles et pots, et à d'autres aliments que le poisson. Par voie de conséquence, certaines techniques dont les rapports signalaient à l'origine qu'elles sont l'apanage de secteurs particuliers, ont été déterminées comme constituant des MTD dans d'autres.

7.4 Déséquilibres de l'information et lacunes

D'une manière générale, il y a une grande différence dans les niveaux de détail des informations fournies sur des secteurs FDM particuliers, et il y a également des différences de couverture, dans ce document, des problématiques environnementales clés.

Plusieurs des lacunes existantes peuvent être symptomatiques du fait qu'avant d'appliquer l'approche intégrée à la réglementation des performances environnementales du secteur FDM, une moindre surveillance a été accomplie, en particulier des niveaux de consommation et d'émission au cours du procédé. Est reconnu le besoin de plus d'informations pour identifier les endroits où des améliorations de performances sont nécessaires, pour leur affecter une priorité et pour surveiller les améliorations.

Ainsi par exemple, on dispose d'un très faible niveau de données quantitatives sur le secteur de la transformation de la viande, lequel constitue un secteur FDM majeur avec des entreprises dans tous les États membres. Inversement, ce document contient beaucoup de détails sur la transformation des fruits et légumes ; mais ces détails sont énoncés comme étant les données actuelles de consommation et d'émission, sans fournir d'explication sur les techniques appliquées à l'intérieur du procédé ou au point de rejet pour parvenir aux niveaux mesurés.

D'une manière générale, les données fournies sur les niveaux actuels de consommation et d'émission n'étaient pas liées avec des descriptions de procédé, des conditions de fonctionnement, avec la capacité de l'entreprise, des méthodes d'échantillonnage et analytiques et des présentations statistiques. Ainsi par exemple, concernant les eaux usées, des informations sur les taux de contaminants en provenance de formes d'activité pourraient aider à identifier les zones dans lesquelles on pourrait améliorer les contrôles en cours de procédé, tandis que les niveaux mesurés après avoir mélangé de l'eau en provenance de différentes sources, après traitement partiel ou complet sur site des eaux usées ne le permettent pas. Les variations des niveaux de consommation et d'émission, énoncées dans les rapports, peuvent refléter par exemple les variations dans les produits et procédés ou des différences dans l'application des techniques préventives. De nombreuses techniques ont fait l'objet d'évaluations quantitatives et, du fait que les données n'étaient pas suffisamment expliquées, il n'a été possible de conclure que sur un très petit nombre de niveaux de consommation et d'émission associés aux MTD. Les niveaux associés aux MTD constituent des niveaux de performance utiles, dont on peut se servir pour surveiller l'application des MTD. Ils contribuent également à la cohérence des conditions dans lesquelles sont délivrés les permis.

La consommation d'énergie constitue une problématique environnementale clé dans le secteur FDM, par exemple pour les opérations de transformation impliquant l'application ou la

soustraction de chaleur, ou pour le stockage au froid, afin de maintenir la fraîcheur et d'assurer la sécurité alimentaire. Le présent document décrit des techniques capables de réduire la consommation d'énergie, mais très peu de mesures réelles ont été fournies sur les économies d'énergie associées à l'application de ces techniques, ou sur la rentabilité économique des investissements dans des techniques et les économies de coûts qui en résultent. De telles informations sont utiles au niveau des entreprises lorsqu'elles veulent étudier quelles techniques s'appliquent à leur cas.

Ce document ne contient pas d'indicateurs de comparaison (benchmarks) sur la réduction des déchets ; ainsi par exemple, il n'y a pas d'informations détaillées sur la proportion de matières premières spécifiques finissant par être utilisées comme produits ou sous-produits. Les industries concernées utilisent les expressions « produit », « sous-produit », « co-produit ». Pour identifier les MTD, il est plus pratique de faire la distinction entre les matières utilisées et celles éliminées comme déchets. La nature même du secteur FDM, c'est-à-dire la production d'aliments pour l'homme et pour l'animal, signifie que la réduction des déchets doit nécessairement tenir compte des problématiques importantes que sont l'hygiène, la qualité des aliments et les préférences des clients.

La consommation de l'eau et, par conséquent le recyclage et la réutilisation de l'eau ont été identifiés comme des problématiques clés du secteur FDM. Bien que certaines données aient été fournies, elles n'étaient pas toujours bien expliquées, c'est-à-dire qu'elles n'énonçaient pas si certaines données de consommation d'eau dans la production du lait en poudre comprenaient l'eau de refroidissement et si, dans l'affirmative, cette eau était à passage unique ou recirculée. Les principes sur le point jusqu'auquel il faudrait traiter l'eau par exemple pour atteindre un standard acceptable visant une réutilisation spécifiée, ou pour en faire un standard sur l'eau potable et utilisable dans toutes les applications, ne sont pas vraiment bien traités dans ce document bien qu'il s'agisse d'une problématique FDM fondamentale. Certaines informations détaillées sur la réutilisation de l'eau ont été fournies pour la transformation des fruits et légumes ainsi que pour des laiteries.

Les exigences législatives et solutions pratiques afférentes à certains problèmes environnementaux sont reconnues comme rapidement changeantes, par exemple en ce qui concerne l'utilisation de substances contribuant à l'échauffement planétaire. Ces substances incluent quelques fluides frigorigènes. D'autres informations sont disponibles sur le site <http://www.fluorocarbons.org/>.

7.5 Recommandations visant les travaux futurs

Bien que l'échange d'informations ait fourni l'occasion d'apprendre, chose qui n'existait pas par le passé, il reste encore quelques lacunes dans les informations et les travaux futurs pourraient fournir des résultats pouvant aider à identifier des MTD lorsque ce document passera en révision. Examiner de telles informations additionnelles pourrait aider les exploitants d'installations et émetteurs de permis à protéger l'environnement tout entier. Cette section contient des recommandations visant les travaux futurs, tant au niveau du secteur FDM tout entier qu'au niveau de secteurs individuels.

Une grande quantité de données figurant dans ce document n'étaient pas accompagnées de bonnes explications, les rendant difficiles à utiliser pour comparer les techniques et surveiller les améliorations. Ce document recommande, lorsque des données sur les niveaux de consommation et d'émission seront fournies pour réviser ce document avec, de fournir aussi des descriptions des procédés, conditions d'exploitation, méthodes d'échantillonnage et analytiques, et de présentations statistiques. Les informations fournies au niveau des formes d'activités permettraient aux exploitants d'installations et aux émetteurs de permis d'appliquer les MTD tout au long du procédé et de réduire ainsi l'ampleur du traitement requis au point de rejet. Des exemples de ces lacunes sont fournis à la section 7.4.

L'identification des MTD afférentes à la première extraction de l'huile d'olive a été discutée. La technique « Extraction de l'huile d'olive en deux phases » est décrite au chapitre 4. Cette technique est largement appliquée et les rapports en signalent les avantages pour l'environnement. Après une discussion en réunion, le TWG a décidé qu'il ne pouvait pas parvenir à une conclusion quant aux MTD applicables à l'extraction de l'huile d'olive. A la vue de l'impact sur l'environnement qu'a l'extraction de l'huile d'olive et de l'application récente de cette technique à une très vaste échelle, ce document recommande de fournir des informations pertinentes pour permettre un débat intégral lorsque ce document sera révisé.

La problématique afférente aux émissions de NO_x au cours de la torréfaction du café a été soulevée au cours de la réunion plénière finale du TWG, pour la première fois au cours de l'échange d'informations. De nouvelles informations sur les niveaux d'émission de NO_x, à savoir 350 mg/Nm³ pour le café décaféiné et 700 mg/Nm³ pour le café normal, ont été présentées et proposées à titre de MTD. Cette problématique ayant été présentée à un stade aussi tardif des travaux, le TWG n'a pas pu examiner si des niveaux d'émission apparemment aussi hauts pouvaient constituer des MTD, et d'établir un rapport ou des commentaires sur la façon dont on parvenait à ces niveaux. Les rapports énoncent que les émissions de NO_x dues à la torréfaction du café sont un problème reconnu et que des niveaux de 3 000 mg/Nm³ sont émis, sans réduction, par certaines entreprises. Du fait du caractère tardif de ce processus et que les informations sont incomplètes, il n'a pas été possible de déterminer de MTD ni de niveaux associés aux MTD afin de réduire les émissions de NO_x provenant des entreprises de torréfaction du café.

Ce document recommande que le problème des émissions de NO_x issues des entreprises de torréfaction du café soit pleinement examiné lorsque ce document passera en révision. Ceci dicte qu'il faudra fournir des informations sur les techniques utilisées dans les entreprises existantes, avec les plages de niveaux d'émission signalés, afin de pouvoir identifier les techniques permettant d'abaisser les niveaux d'émissions. Ceci pourrait inclure une explication sur les différences entre la torréfaction du café normal et du café décaféiné. De même, vu que les niveaux inférieurs sont aussi élevés, ce document suggère que l'on fasse – de la poursuite de la réduction des niveaux émissifs de NO_x, dans les entreprises de torréfaction – un sujet de recherche (voir section 7.6).

Les risques associés à l'utilisation d'EDTA ont été évalués par le Bureau européen des produits chimiques [256, European Communities European Chemicals Bureau, 2004]. Le rapport sur l'évaluation des risques se réfère à l'ensemble du marché européen pour l'EDTA et déclare ceci : « Le niveau d'utilisation est élevé dans l'industrie laitière et des boissons, avec 50 % du tonnage total figurant dans les rapports ». Le rapport discute des taux d'enlèvement pour certaines SEEU sur site et certaines SEEUM. Il conclut que « Il est nécessaire de limiter les risques ; les mesures réductrices des risques déjà appliquées devront être prises en compte. On parvient à cette conclusion du fait des émissions élevées imputables à l'utilisation d'EDTA dans les détergents industriels. Les sites proches d'une exposition dans l'industrie laitière et des boissons ne disposant pas d'un enlèvement efficace de l'EDTA dans leurs installations de traitement engendrera, c'est à prévoir, un risque pour les organismes aquatiques ». Le rapport mentionne ensuite d'autres sources de rejets d'EDTA dans l'eau.

Pendant l'échange d'informations, l'utilisation d'EDTA et son rejet dans l'eau ont été reconnus comme étant un problème en cours dans le secteur FDM. Le TWG a convenu que la MTD consiste à réduire l'utilisation d'EDTA. Tout au long des travaux, la TWG a signalé que, dans certaines applications, il n'existe pas de substituts efficaces connus, utilisables pour supprimer complètement l'emploi d'EDTA, et que l'efficacité et l'impact environnemental de certains substituts potentiels n'ont pas été adéquatement évalués. Pendant la réunion finale du TWG, il a été signalé que l'EDTA n'est pas utilisé dans les laiteries du Royaume-Uni. Ce serait faciliter grandement la détermination d'une MTD servant à supprimer l'emploi de l'EDTA que de fournir, avant que ce document ne passe en révision, des informations sur les substances alternatives déjà en cours d'utilisation, et d'entreprendre la recherche d'autres alternatives.

Un certain nombre d'activités et notamment celles liées à la transformation des légumes, sont saisonnières. Certains membres du TWG se sont dits préoccupés par l'application de MTD génériques aux activités saisonnières, vu les différences entre standards économiques, bien que des informations spécifiques n'aient pas été fournies sur ces difficultés. Cette problématique n'est pas bien traitée par le présent document. Dans le futur, il faudrait recueillir des informations sur les activités saisonnières.

Certaines informations ont été fournies par le TWG au-delà de la période de consultation, donc à un stade trop tardif pour en tenir compte. Ainsi par exemple, des informations tardives ont été reçues sur le dégomme enzymatique des huiles et graisses végétales et sur l'interstérification enzymatique des huiles et graisses végétales entièrement hydrogénées. De telles informations pourront être examinées lorsque ce document passera en révision. Ce document recommande d'évaluer pleinement le dégomme des huiles végétales lorsqu'il passera en révision. Le TWG a débattu sur les utilisations soit de l'acide citrique soit de l'acide phosphorique, en référence en particulier à leurs impacts relatifs sur la teneur finale en phosphore des eaux usées traitées, et en particulier sur leur viabilité économique. Le TWG n'est pas parvenu à une conclusion quant à la technique qui constituait une MTD.

D'autres problématiques ont été abordées pendant l'échange d'information, mais pas pleinement évaluées. Ce document recommande que des informations soient fournies les concernant, pour en discuter lorsqu'il passera en révision. Ces problématiques comprennent les suivantes :

- Principe général : étudier à plus grande échelle l'applicabilité de techniques, dont l'emploi a été signalé dans un secteur, à d'autres secteurs. Ceci permettrait d'optimiser l'opportunité, pour les secteurs, d'apprendre les uns des autres. Ainsi par exemple, le raclage/écouvillonnage a été signalé comme technique dans le secteur de la confiture, mais il est déjà largement appliqué par le secteur FDM et peut servir de technique de nettoyage à sec dans d'autres secteurs FDM dans lesquels il n'a pas encore été envisagé.
- Identification de plus d'opportunités dans la valorisation des sous-produits, pour optimiser l'utilisation des aliments, des boissons et des produits laitiers et pour réduire la génération de déchets.
- Informations économiques sur les coûts d'investissement dans des techniques et d'exploitation de ces derniers, et sur les économies directes et indirectes qu'elles engendrent, du fait qu'elles réduisent les coûts énergétiques et de mise au rebut des déchets, ou qu'elles réduisent les pertes involontaires dues à des fuites ou des déversements.
- Identification des MTD associées au nettoyage à pression haute, moyenne et basse. Le TWG n'est pas parvenu à déterminer laquelle de ces techniques est la MTD. L'augmentation de la pression peut détacher les résidus solides sous l'action de la force physique et réduire potentiellement la consommation d'eau chaude, froide et de détergent. L'augmentation de pression augmente aussi les niveaux d'aérosols engendrés et ceci peut causer des problèmes d'hygiène, en particulier lorsqu'il est nécessaire d'accomplir le nettoyage en cours de production.
- Bien que plusieurs techniques de réduction des émissions dans l'air soient décrites dans ce document, peu nombreuses sont les informations sur leur application et sur leur applicabilité dans le secteur FDM.
- L'application du traitement plasmique non thermique des odeurs dans le secteur FDM. Il y a quelques préoccupations saillantes sur la fiabilité et les performances de cette technique, et certaines préoccupations quant à la sécurité lorsqu'on l'utilise pour traiter les flux d'air pouvant engendrer un risque d'incendie et d'explosion.
- La production de bière non alcoolique peut entraîner de très forts rejets d'alcool condensé dans les SEEU. Les techniques visant à empêcher ces rejets ne sont pas décrites dans ce document.
- La fumigation en tant que source d'émissions fugitives possibles, par exemple la sélection et l'utilisation de fumigants.

7.6 Thèmes suggérés de projets de R&D futurs

L'échange d'informations a également permis d'identifier certains domaines dans lesquels des projets de recherche et de développement pourraient fournir d'utiles connaissances supplémentaires. Ces projets portent sur les sujets suivants :

- Certaines substances nauséabondes émises par les installations FDM sont reconnues comme nocives pour l'environnement du fait par exemple qu'elles contiennent des COV. Certains pans de l'industrie considèrent qu'il faudrait considérer les odeurs en général comme causant seulement une source de nuisance, à disperser sans traitement visant à détruire les substances nauséabondes qu'elles contiennent. Les émissions nauséabondes comprennent un mélange complexe de substances non identifiées, raison pour laquelle il est difficile d'évaluer l'adéquation des techniques de réduction. Des recherches sur la composition des émissions et sur leur nocivité rendraient par conséquent service.
- Les plus bas niveaux d'émissions de NO_x signalées pour la torréfaction du café sont très élevés (voir section 7.5). Ce document suggère, comme sujet de recherche, que l'on identifie les techniques envisageables pour déterminer les MTD permettant de réduire les niveaux de NO_x dans les entreprises de torréfaction.
- Alternatives à l'EDTA en tant qu'agent de nettoyage.
- Avantages et coûts environnementaux de l'osmose inverse (OI). Les rapports signalent que le secteur FDM utilise l'OI à grande échelle, par exemple pour concentrer le petit-lait, le lait écrémé et les jus de fruits, pour les perméats issus de la NF de polissage ou pour le condensat d'évaporateur ainsi que dans le traitement de l'eau, par exemple l'adoucissage et l'enlèvement du sel et du phosphore. Cette technique est signalée comme efficace. Ses effets entre milieux (consommation énergétique élevée) et le coût du nettoyage et du remplacement des filtres la rendent chère à exploiter. Le TWG n'est parvenu à aucune conclusion quant à une MTD préconisant ou rejetant l'emploi de l'osmose inverse. Des recherches sur ses avantages environnementaux, sur ses effets entre milieux et sur sa viabilité économique livreraient des informations utiles au moment où ce document passera en révision.

La CE est en train de lancer et de soutenir, par le biais de ses programmes de RTD, toute une série de projets portant sur les technologies propres, sur les technologies émergentes de traitement et de recyclage des effluents, et sur les stratégies de management émergentes. Ces projets pourraient potentiellement fournir une contribution utile à de futures révisions des BREF. Les lecteurs sont par conséquent invités à informer l'EIPPCB de tous résultats de recherche pertinents vis-à-vis du domaine d'application de ce document (voir aussi la préface de ce dernier).

8 RÉFÉRENCES

- 1 CIAA (2002). "CIAA Background Document for the Technical Working Group on the "Food and Drink" MTD Reference Document Rev. 7".
- 2 Meyer, J.; Kruska, M.; Kuhn, H.-G.; Sieberger, B.-U. and Bonczek, P. (2000). "Rationelle Energienutzung in der Ernährungsindustrie", Friedr. Vieweg & Sohn, 3-528-03173-5.
- 3 CIAA (2001). "Status Report on Food Legislation in the European Union".
- 5 Derden A Vercaemst P and Dijkmans R (1999). "Beste Beschikbare Technieken voor de groente-en fruitverwerkende nijverheid", Vlaamse BBT-Kenniscentrum VITO.
- 9 Verband der Deutschen Milchwirtschaft (German Dairy Association) (1999). "Bonn, 1999, translation of extracts and additions made 2001", VDM.
- 10 Environment Agency of England and Wales (2000). "Procédé Descriptions for the Food and Drink sector".
- 11 Environment Agency of England and Wales (2000). "MTD and Waste Minimisation in Food and Drink Sector", Environment Agency.
- 13 Environment Agency of England and Wales (2000). "IPPC Best Available Techniques (MTD) for Effluent Management in the Food & Drink Sector".
- 17 Envirowise (UK) and March Consulting Group (UK) (1998). "ETBPP: Reducing the Cost of Cleaning in the Food and Drink Industry Guide - GG 154", Environmental Technology Best Practice Programme, <http://www.etsu.com/etbpp>.
- 18 Envirowise (UK) & Entec UK Ltd (1999). "ETBPP: Low-Cost Procédé Control in Food and Drink Procédéing - Guide GG 220", Environmental Technology Best Practice Programme, <http://www.etsu.com/etbpp>.
- 23 Envirowise (UK) and Dames & Moore Ltd (1998). "ETBPP: Reducing the Water and Effluent Costs in Breweries - Guide GG 135", Environmental Technology Best Practice Programme, <http://www.etsu.com/etbpp>.
- 27 ATV (2000). "ATV Handbuch Industrieabwasser, Lebensmittelindustrie, 4. Auflage", Ernst Sohn Verlag, ISBN 3-433-01467-1.
- 28 Nordic Council of Ministers (1997). "MTD Best available technology in the fishing industry", Nordic Council of Ministers and Nordic Council,, TemaNord 1997:579.
- 31 VITO; Derden, A.; Vercaemst, P. and Dijkmans, R. (2001). "Best Available Techniques (MTD) for the fruit and vegetable procédéing industry", VITO.
- 32 Van Bael J. (1998). "Memorandum on Energy Consumption in the Flemish Frozen Vegetable Sector", VITO.
- 34 Willey A R and Williams D A (2001). "Management of Odorous Emissions in the Food Industry".
- 35 OECD (2001). "The Application of Biotechnology to Industrial Sustainability", OECD.
- 37 Environment Agency of England and Wales (2000). "MTD for Cleaning. Extract from UK Interim National MTD Guidance for the Food and Drink Sector".

- 39 Verband der Deutschen Milchwirtschaft (German Dairy Association) (2001). "Comments on the first draft and associated additional information and personal communications", personal communication.
- 41 Nordic Council of Ministers (2001). "Best Available Techniques (MTD) in Nordic Slaughterhouses", TemaNord 2001:553.
- 42 Nordic Council of Ministers; Korsström, E. and Lampi, M. (2001). "MTD for Nordic dairy industry", TemaNord 2001:586.
- 43 Envirowise (UK) and Entec UK Ltd. (1999). "ETBPP: Reducing Waste for Profit in the Dairy Industry - Guide GG 242", Environmental Technology Best Practice Programme, <http://www.etsu.com/etbpp>.
- 45 Envirowise (UK) and Ashact (2001). "ETBPP: Reducing Water and Waste Costs in Fruit and Vegetable processing - Guide GG 280", Environmental Technology Best Practice Programme, <http://www.etsu.com/etbpp>.
- 47 Envirowise (UK) and Aspinwall & Co. (1999). "ETBPP: Reducing the Cost of Packaging in the Food and Drink Industry - Guide GG 157", Environmental Technology Best Practice Programme, <http://www.etsu.com/etbpp>.
- 51 Envirowise (UK) (1998). "ETBPP: Water use in the Soft Drink Industry - Guide EG 126", Environmental Technology Best Practice Programme, <http://www.etsu.com/etbpp>.
- 52 Envirowise (UK) (2000). "ETBPP: Turning Waste into Profit - Case Study GC 150", Environmental Technology Best Practice Programme, <http://www.etsu.com/etbpp>.
- 57 Envirowise (UK) (2000). "ETBPP: Pigging Cuts Costs, Recovers Product and Reduces Effluent - Case Study GC 261", Environmental Technology Best Practice Programme, <http://www.etsu.com/etbpp>.
- 58 Envirowise (UK) (1999). "ETBPP: Cutting Water and Effluent Costs in Fish Processing - Case Study GC 202", Environmental Technology Best Practice Programme, <http://www.etsu.com/etbpp>.
- 59 Danbrew Ltd. (1996). "Environmental Management in the Brewing Industry", UNEP Industry and Environment, 92-807-1523-2.
- 60 Environment Agency of England and Wales (1998). "Money for nothing - your waste tips for free", Environment Agency.
- 61 CEFS (2001). "Guide to establishing MTD in the sugar industry", CEFS.
- 62 Envirowise (UK); EEF and Lloyds Bank (1998). "ETBPP: Waste minimisation pays: Five business reasons for reducing waste - GG 125", Environmental Technology Best Practice Programme, <http://www.etsu.com/etbpp>.
- 63 Envirowise (UK) and William Battle Associates. (1998). "ETBPP: Cutting costs by reducing waste: Running a workshop to stimulate action - GG 106", Environmental Technology Best Practice Programme, <http://www.etsu.com/etbpp>.
- 64 Environment Agency of England and Wales (2001). "Waste Minimisation - An Environmental Good Practice Guide For Industry".
- 65 Germany (2002). "Best Available Techniques Reference Document on the Food and Milk Industry", BMU, Hannover University, fdm/tm/65.

Références

- 66 EC (1998). "Council Directive 98/83/EC on quality of water intended for human consumption", European Commission.
- 67 EC (2001). "Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC) Reference Document on the Application of Best Available Techniques to Industrial Cooling Systems".
- 68 European confederation of organisations for testing, i., certification and prevention, (1984). "Requirements for boiler water and boiler feed water - R 54/CEOC/CP 84 Def".
- 69 Environment Agency of England and Wales (2001). "Integrated pollution prevention and control Energy efficiency - IPPC H2", Horizontal Guidance Note.
- 70 UNEP; Danish EPA and COWI (2000). "Cleaner Production Assessment in Dairy Procédéing", 92-807-1842-8.
- 73 CADDET UK National team (1997). "Advanced control techniques improve drying energy performance", Caddet Energy Efficiency Newsletter No.4, <http://www.caddet-ee.org/>.
- 74 Greek Ministry for the Environment, P. P. a. P. W., General Direction for the Environment, Air Pollution and Noise Control Directorate, Industrial Pollution Control Division (2001). "Food industry IPPC study".
- 75 Italian contribution (2002). "MTD candidates for dairy industry", personal communication.
- 79 Italian contribution (2001). "Dairy industry - General information", personal communication.
- 81 France (2001). "The appliacion of effluents from the food, drink and milk industries to land", personal communication.
- 82 BMU and German Federal Ministry for Environment Nature Conservation and Reactor Safety (1986). "Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft vom 27 Februar 1986."
- 83 CIAA (2001). "Comments on dairy industry for the UK Document - fm No.13".
- 84 European Starch Association (2001). "Comment on the UK Document Procédé descriptions - fm No.10".
- 85 Environment Agency of England and Wales (2000). "MTD note on frying", personal communication.
- 86 Junta de Andalucia and Agencia de Medio Ambiente (1994). "Sistemas de obtencion de aceite de oliva sin produccion de alpechin. Situacion actual".
- 87 Ullmann (2001). "Encyclopedia of Industrial Chemistry", Wiley-VCH Verlag GmbH.
- 89 Italian contribution (2001). "Consumption & emission data for meat and fruit and vegetables sectors", personal communication.
- 90 EC (2002). "Directive of the European Parliament and of the Council on the promotion of cogeneration based on a useful heat demand in the internal energy market, COM(2002) 415 final", OJ.
- 91 Italian contribution (2001). "Fruit & vegetable and meat procédéing. General information and applied technologies", personal communication.

- 92 CADDET Energy Efficiency (2000). "Saving energy with cogeneration in a brewery", CADDET Energy Efficiency Newsletter, http://www.caddet-ee.org/nl_pdf/003_08.pdf.
- 93 EC (2000). "Guidance Document for EPER implementation", European Commission, 92-894-0279-2.
- 94 Environment Agency of England and Wales (2002). "UK comments to the first draft".
- 95 EC (2005). "Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC) Reference Document on Best Available Techniques on Emissions from Storage".
- 96 EC (2003). "Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC) Reference Document on the General Principles of Monitoring,".
- 99 Germany (2002). "Comments to the first draft".
- 102 UK (2002). "Comments to the first draft".
- 109 CIAA-FEDIOL (2002). "Comments to the first draft - vegetable oil".
- 115 CIAA-AAC-UFE (2002). "Comments to the first draft - starch".
- 117 CIAA-UNAFPA (2002). "Comments to the first draft - pasta".
- 118 CIAA-EDA (2002). "Comments to the first draft - dairy".
- 124 Italy (2002). "Comments to the first draft - fruit and vegetable".
- 125 Boehm, E.; Hillenbrand, T.; Herrchen, M. and Wahle, U. (2002). "Comprehensive preliminary studies and proposals for measures of risk reduction strategies for EDTA", Fraunhofer Institute.
- 126 Knepper, T. P. and et al. (2001). "Eintrage synthetischer Komplexbildner in die Gewasser", ESWE Institut for Wasserforschung, FKZ 299 24 284.
- 127 Strohmaier (2002). "Moderne Produktionstechniken and Technologien zur Herstellung von Molkenderivativen", personal communication.
- 128 CADDET Energy Efficiency (1992). "Quadruple-effect milk evaporator uses mechanical vapour recompression", IEA, OECD, <http://www.caddet-ee.org/>.
- 134 AWARENET (2002). "Tools for prevention and minimisation of agro-food wastes generation in European industry (This working draft is no longer available)", GRD1-CT-2000-28033.
- 136 CBMC - The Brewers of Europe (2002). "Guidance Note for establishing MTD in the brewing industry", CBMC.
- 139 Nielsen E.H. Lehmann, M. (2002). "MTD in the Danish sugar industry".
- 140 World Bank (IBRD); UNEP and UNIDO (1998). "Pollution prevention and abatement handbook - Toward cleaner production", World Bank, Washington, USA, http://www-wds.worldbank.org/servlet/WDS_IBank_Servlet?pcont=details&eid=000094946_99040905052283, D:\....\WB_cleanprod.pdf.
- 141 FEDIOL (2002). "Candidate BATs", personal communication.

Références

- 142 IMPEL (2002). "Compilation of data on the Olives Procédéing Sector, with emphasis on the EU Mediterranean countries", Working document prepared in the EU IMPEL Olive Oil Project, personal communication.
- 143 CADDET Energy Efficiency (1997). "Air treatment in a cheese warehouse", twgfood\caddet_cheese_air.html.
- 145 Metcalf & Eddy (1991). "Wastewater engineering - Treatment, disposal and reuse, 3rd Edition", McGraw-Hill, Inc., 0-07-100824-1.
- 146 Leendertse. A. (2003). "Fact-sheet on non-thermal plasma treatment of odour", 2003 February 10.
- 147 Lehman N. and Nielsen E.H (2002). "MTD in the Danish herring industry", personal communication.
- 148 Sole (2003). "UHT milk procédéing - a MTD candidate technology", personal communication.
- 150 Unione Industriali Pastai Italiani (2002). "The efficient use of energy in the Italian pasta industry".
- 151 Austrian contribution (2002). "Production of citric acid", personal communication.
- 152 Austria (2002). "Comments to the 1st draft".
- 154 Ahlers J. et al. (2002). "Precautionary risk assessment and risk management of chemicals, Parts I and II", personal communication.
- 155 UBC Civil Engineering (2003). "Membrane BioReactor", <http://www.civil.ubc.ca/home/civ1525/students00/rachelui/geninfo.html>.
- 157 EC (1999). "Directive 1999/13/EC on the limitation of emissions of volatile organic compounds due to the use of organic solvents in certain activities and installations", European Commission.
- 159 CIAA-CEFS (2003). "Comments on the second draft".
- 160 European Dairy Association (2002). "Consumption and emission data", EDA, personal communication.
- 161 Verband Deutscher Oelmuehlen (2003). "Contribution to Section 3.3.9.4", VDO, personal communication.
- 170 InfoMil (2001). "Netherlands emission guidelines for air (Nederlandse Emissie Richtlijn Lucht- NeR)".
- 179 Gergely, E. (2003). "Production of DDGS (Distiller's Dried Grains with Solubles)", personal communication.
- 181 EC (2003). "Integrated Pollution Prevention and Control, Draft Reference Document on Best Available Techniques in the Slaughterhouses and Animal By-products Industries".
- 182 Germany (2003). "Comments on the second draft".
- 183 CIAA-UNAFPA (2003). "Comments on the second draft".

- 184 Italy (2003). "Comments on the second draft".
- 185 CIAA-FEDIOL (2004). "Comments on the second draft".
- 186 CIAA-EUCA (2003). "Comments on the second draft".
- 188 EC (2002). "Regulation (EC) No 1774/2002 of the European Parliament and of the Council of 3 October 2002 laying down health rules concerning animal by-products not intended for human consumption".
- 189 Bockisch M (1993). "Nahrungsfette und - öle".
- 190 Health and Safety Executive (2004). "Information about Legionnaires' Disease".
- 191 EC (1992). "Council Directive 92/46/EEC of 16 June 1992 laying down the health rules for the production and placing on the market of raw milk, heat-treated milk and milk-based products", Official Journal L 268 , 14/09/1992 P. 0001 - 0032.
- 193 Leendertse A. and Haaland A.T (2003). "The performance of the APP odour abatement equipment in relation to operating conditions and measurements".
- 194 EC (1991). "Council Directive 91/676/EEC of 12 December 1991 concerning the protection of waters against pollution caused by nitrates from agricultural sources".
- 195 CEN (2000). "EN 13427 Packaging - requirements for the use of European standards in the field of packaging and packaging waste".
- 196 CEN (2000). "EN 13428 Packaging - requirements specific to manufacturing and composition - prevention by source reduction".
- 197 CEN (2000). "EN 13431 Packaging - requirements for packaging recoverable in the form of energy recovery, including specification of minimum calorific value".
- 198 FPME (2003). "Comments on the second draft".
- 199 Finland (2003). "Comments on the second draft".
- 200 CIAA (2003). "Comments on the second draft".
- 201 EC (1993). "Council Regulation (EEC) No 793/93 of 23 March 1993 on the evaluation and control of the risks of existing substances", Official Journal L 084 , 05/04/1993 P. 0001 - 0075.
- 202 EC (2000). "Regulation (EC) No 2037/2000 of the European Parliament and of the Council of 29 June 2000 on substances that deplete the ozone layer".
- 204 Ireland (2003). "Integrated constructed wetlands".
- 205 DoE SO and WO (1997). "Secretary of State's Guidance - Fish meal and fish oil procédées", PG6/19(97).
- 206 EC (1976). "Council Directive 76/464/EEC of 4 May 1976 on pollution caused by certain dangerous substances discharged into the aquatic environment of the Community".

Références

- 207 EC (2000). "Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council of 23 October 2000 establishing a framework for Community action in the field of water policy".
- 208 CIAA-AAC-UFE (2003). "Comments on the second draft".
- 209 EC (1991). "Council Directive 91/271/EEC of 21 May 1991 concerning urban wastewater treatment".
- 211 IMPEL (2003). "IMPEL olive oil project".
- 212 The olive oil source (2004). "Disposal of olive oil procéding by-products".
- 213 EC (1994). "European Parliament and Council Directive 94/62/EC of 20 December 1994 on packaging and packaging waste", Official Journal L 365 , 31/12/1994 P. 0010 - 0023 Finnish special edition: Chapter 15 Volume 13 P. 0266 Swedish special edition: Chapter 15 Volume 13 P. 0266.
- 215 EC (1996). "Regulation No 136/66/EEC of the Council of 22 September 1966 on the establishment of a common organisation of the market in oils and fats".
- 216 CBMC - The Brewers of Europe (2004). "Potential BATs".
- 217 EC (2003). "Integrated Pollution Prevention and Control Reference Document on Best Available Techniques in Common Waste Water and Waste Gas Treatment/Management Systems in the Chemical Sector".
- 218 EC (1989). "Council Regulation (EEC) No 1576/89 of 29 May 1989 laying down general rules on the definition, description and presentation of spirit drinks".
- 219 EC (2001). "Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC) Reference Document on Best Available Techniques in the Cement and Lime Manufacturing Industries".
- 220 EC (2003). "Integrated Pollution Prevention and Control, Draft Reference Document on Best Available Techniques for Large Combustion Plants".
- 221 EC (2000). "2000/479/EC: Commission Decision of 17 July 2000 on the implementation of a European pollutant emission register (EPER) according to Article 15 of Council Directive 96/61/EC concerning integrated pollution prevention and control (IPPC) (notified under document number C(2000) 2004)".
- 222 CIAA-Federalimentare (2003). "Comments on the second draft".
- 223 Italy M. Frey (2003). "Comments on the second draft".
- 224 Portugal-FIPA (2003). "Comments on the second draft".
- 225 Hendley B. (1985). "Market for chilled foods. Food Procédé 52".
- 226 EC (1998). "Directive 98/8/EC of the European Parliament and of the Council of 16 February 1998 concerning the placing of biocidal products on the market".
- 227 Ockerman H. W. and Hansen C. L. (2000). "Animal by-product procéding and utilisation".
- 228 Verband der Deutschen Milchwirtschaft (German Dairy Association) (1997). "EDTA in detergents".

- 229 EC (1990). "Council Regulation (EEC) No 3037/90 of 9 October 1990 on the statistical classification of economic activities in the European Community".
- 230 Deutsches Institut für Normung p.v. (2005). "DIN 30600/28004".
- 231 Oxford University Press (2002). "Shorter Oxford English Dictionary".
- 232 Fellows P J "Food procédéing principles and practice".
- 233 Health and Safety Executive (2000). "Ventilation of kitchens in catering establishments", Catering sheet No 10.
- 234 UK (2003). "Comments on the second draft".
- 235 DG Environment (2003). "Comments on the second draft".
- 236 Ellis L. (2002). "Report on SERET cross-flow filtration of wines".
- 237 Caddet (1999). "The use of Pinch technology in a food procédéing factory".
- 239 CIAA-EDA (2003). "Comments on the second draft".
- 240 CADDET (1997). "Energy monitoring and target setting at a dairy", UK-1994-522.
- 241 ETSU (2000). "Running refrigeration plant efficiently - a cost effective guide for owners", Good practice guide 279.
- 242 Lewis D. N. (2003). "Noise abatement measures in the food industry".
- 243 EC (2003). "Directive 2003/10/EC of the European Parliament and of the Council of 6 February 2003 on the minimum health and safety requirements regarding the exposure of workers to the risks arising from physical agents (noise)".
- 244 Health and Safety Executive "Top 10 noise control techniques".
- 245 Barale M. (2004). "Reducing milk stone formation".
- 246 EC (2003). "Proposal for a Regulation of the European Parliament and of the Council on certain fluorinated greenhouse gases (COM(2003) 492 final - 0189/2003 DCO)", (COM(2003) 492 final - 0189/2003 DCO).
- 247 Verband der Deutschen Milchwirtschaft (German Dairy Association) (2003). "Comments on the second draft".
- 250 UK TWG (2004). "Space requirements for membrane bioreactors".
- 251 EC (2005). "COMMISSION REGULATION (EC) No 208/2005 of 4 February 2005 amending Regulation (EC) No 466/2001 as regards polycyclic aromatic hydrocarbons (Text with EEA relevance)".
- 252 Greece (2005). "Information about PAH levels in oils and fats".
- 253 Spain (2005). "Information about two-stage extraction of oilive oil".
- 254 Denmark (2005). "Danish contribution to the final plenary TWG meeting".
- 255 Germany (2005). "German contribution to the final plenary TWG meeting".

Références

- 256 European Communities European Chemicals Bureau (2004). "1st Priority List, Volume 49, European Union Risk Assessment Report, Edetic acid (EDTA)".
- 258 Federación Nacional de Asociaciones de la Industria de Conservas Vegetales (2005). "Chemical peach peeling".

GLOSSAIRE

Ce glossaire a uniquement pour but d'aider le lecteur à comprendre le contenu du document. Les définitions données de ces termes ne reflètent pas forcément les définitions légales ou celles du dictionnaire.

Glossaire de termes

Procédé des boues activées	Procédé biologique de traitement des eaux usées qui consiste à faire circuler en permanence des bactéries s'alimentant de déchets organiques, et à les mettre en contact avec de tels déchets, en présence d'oxygène, dans le but d'accroître la vitesse de décomposition
Aération	Procédé biologique dans lequel on introduit de l'air dans des liquides pour accroître leur teneur en oxygène. L'aération peut avoir lieu en faisant circuler des bulles dans le liquides, en pulvérisant le liquide dans l'air ou en agitant le liquide pour accroître l'absorption superficielle. L'injection d'air frais et sec dans les récoltes stockées telles que les grains de céréales, afin de faire baisser leur température ou humidité
Intérêts agronomiques	Liés à la science de la gestion des sols et à la production de récoltes
Anaérobie	Procédé biologique se déroulant en l'absence d'oxygène
Procédé A/O	Le procédé A/O, dans le but d'enlever le phosphore présent dans le flux principal, s'utilise pour combiner l'oxydation du carbone et enlever le phosphore des eaux usées. Ce procédé est un système à boue unique et croissance suspendue combinant séquentiellement des sections anaérobies et aérobies
Aquifère	Couche de roche (gravier et sable compris) contenant de l'eau et qui apportera de l'eau en quantité exploitable à un puits ou une source.
Amiante	Fibre minérale qui peut polluer l'air ou l'eau et provoquer le cancer ou asbestose lorsque inhalée
Aseptique	Stérile ou exempt de contamination bactérienne
Transformation et conditionnement aseptiques	Termes couramment utilisés pour décrire les techniques de transformation et de conditionnement des produits stockés en milieu non réfrigéré ou produits longue conservation, dans lesquelles les emballages et produits alimentaires sont stérilisés dans des systèmes continus séparés. L'emballage stérile est ensuite rempli de produit stérile, obturé et étanchéifié dans des conditions aseptiques
Capacité assimilatrice	L'aptitude propre à un plan d'eau naturel de recevoir des eaux usées ou des matières toxiques sans effets nocifs et sans dommages pour la vie aquatique
Bactéricide	Substance utilisée pour contrôler et détruire les bactéries
Chicane	Plaque empêchant ou régulant le flux d'un fluide
Eau filtrée par les rives	Eau de rivière extraite par l'extérieur du bord de la rivière
Produits biochimiques	Il s'agit de produits chimiques soit présents dans la nature, soit identiques à des substances présentes dans la nature. A titre d'exemples : les hormones, phéromones et enzymes. Les produits biochimiques officient de pesticides et présentent des modes d'action non toxiques, non létaux en perturbant par exemple les modes de reproduction des insectes, en régulant leur croissance ou en les repoussant
Biocénoses	Association de différents organismes formant une communauté étroitement intégrée. Ce terme désigne aussi les relations entre de tels organismes
Biodégradable	Se dit de substances décomposables physiquement et/ou chimiquement par le biais de micro-organismes. Ainsi par exemple, de nombreux produits chimiques, débris alimentaires, le coton, la laine et le papier sont biodégradables

Biodiversité	Le nombre et la diversité des différents organismes dans les complexes écologiques dans lesquels ils sont naturellement présents. Ces organismes sont organisés à différents niveaux allant d'écosystèmes complets aux structures biochimiques constituant la base moléculaire de l'hérédité. Le terme englobe donc différents écosystèmes, espèces et gènes dont la présence est nécessaire pour que l'environnement soit en bonne santé. Un vaste nombre d'espèces doivent caractériser la chaîne alimentaire et présenter plusieurs relations prédateur – proie
Biomasse	Matière organique disponible sur une base renouvelable. La biomasse comprend la forêt, les cultures et déchets agricoles, le bois et les déchets de bois, les déchets animaux, les résidus d'opérations avec le bétail, les plantes aquatiques, les arbres et plantes à croissance rapide, les déchets municipaux et industriels
Degrés Brix (°brix)	Également appelé pourcentage DSSC (teneur, en %, de substances sèches solubles). Concentration, exprimée par une teneur en sucrose, de toutes les substances dissoutes dans un liquide. X °brix équivalent à la concentration de toutes les substances, dissoutes dans un jus, capables de provoquer une déviation réfractométrique égale à celle que provoquerait une solution contenant X grammes de sucrose pour 100 grammes de solution
Tourteau	Pâte liquide de carbonation après concentration au moyen de filtres presses pour lui conférer environ 70 % de matière sèche, par exemple avec du carbonate de calcium précipité
Collecteur de déchets	Treillis à mailles fines placés au dessus des bouches d'évacuation au sol et empêcher ainsi des solides de pénétrer dans le système d'évacuation et de gagner ainsi les SEEU
Caustique	Hydroxyde de sodium
Céphalopode	Mollusque de la classe des <i>Cephalopoda</i>
Système CIP	Acronyme de cleaning-in-place (nettoyage sur place). Ce système s'utilise pour nettoyer les réservoirs, tuyauteries, équipements et lignes de transformation ; il consiste à faire circuler dedans de l'eau et des solutions nettoyantes sans avoir à démonter les tuyauteries et équipements
Bactéries coliformes	Micro-organismes rencontrés dans le tube intestinal des êtres humains et des animaux. Leur présence dans l'eau est l'indicateur d'une pollution par des matières fécales ainsi que d'une contamination bactérienne, potentiellement dangereuse, par des micro-organismes pathogènes
Conchage	Le conchage est une méthode spéciale de pétrissage utilisée par l'industrie chocolatière
Conditionnement	Conférer un état ou mettre en une condition désirés
Confiserie	Bonbons et préparations sucrées telles que les gâteaux
Cossettes	Minces tranches de betteraves sucrières
Crustacés	Vaste classe d'arthropodes (animal de l'embranchement des arthropodes, dont le corps est segmenté et les membres comportent des joints) à carapaces dures, vivant principalement dans l'eau. Exemples : les crabes, les homards les crevettes
Tige	Se réfère à la hampe de la plante
Décoction	Concentration ou extraction de l'essence d'une substance par ébullition
Dégivrage	Enlèvement du givre présent à l'intérieur d'un réfrigérateur ou d'une chambre froide
Dégommage	Enlèvement des gommes présentes dans l'huile végétale pour éviter une réversion de la teinte et du goût au cours des séquences de raffinage subséquentes
Eutrophisation	Pollution d'un plan d'eau par l'égout, les engrais lessivés du sol et les déchets industriels (nitrates et phosphates inorganiques). Ces composés stimulent la croissance des algues, réduisant ainsi la teneur en oxygène de l'eau et tuant ainsi les animaux demandeurs de beaucoup d'oxygène

Éviscération	Séquence, dans le procédé d'abattage, au cours duquel on retire les organes situés dans les cavités thoracique et abdominale des animaux
Encrassement	Procédé d'empoussièrement ou colmatage, par exemple au cours duquel des matières indésirables s'accumulent dans un lit de filtration ou support échangeur d'ions, obstruant ainsi les pores et enduisant les surfaces, inhibant ou retardant ainsi le fonctionnement correct du lit. L'encrassement d'un échangeur thermique consiste en l'accumulation de salissures ou d'autres matières sur ses parois, ce qui provoque de la corrosion, l'apparition d'une rugosité et conduisant en définitive à un moindre niveau d'efficacité
Emballage fraîcheur	Fruits ou légumes qui ont été emballés frais
Terre de Fuller	Roche tendre, verdâtre à grise ressemblant à de l'argile sans en posséder la plasticité. Elle principalement composée de minéraux argileux, elle est riche en montmorillonite mais une grande quantité de silice y est également présente. Ses propriétés absorbantes la rendent aptes à l'enlèvement de l'huile et de la graisse
Germination	Procédé par lequel des graines ou spores germent et commencent à pousser ; procédé également appelé pousse
Bactéries gram-négatives	Bactéries ne parvenant pas à se colorer au cours de la réaction de Gram. La réaction dépend de la complexité de la paroi cellulaire et a pendant longtemps déterminé une division majeure entre les espèces bactériennes
Herbicide	Toute substance chimique toxique habituellement utilisée pour tuer des plantes indésirables spécifiques, les mauvaises herbes en particulier
Filtre HEPA	Filtre retenant avec une haute efficacité les particules en suspension dans l'air (High Efficiency Particulate Air filter)
Enveloppe	Enveloppe extérieure recouvrant les fruits et les graines, en particulier la cosse des pois et haricots, la balle des grains ou le calice des fraises
Eau glacée	Eau refroidie qui sert ensuite à refroidir
Immission	Masse polluante / polluant concentré qui se dissipe dans l'environnement. Sa mesure a lieu là où l'impact sur l'environnement se produit
Terre d'infusoires	Terre légère composée des vestiges siliceux d'organismes unicellulaires ou d'algues coloniales, utilisé à des fins de filtration, également appelée diatomite
Lécithine	Groupe quelconque de phospholipides naturels ayant qualité d'esters d'un acide phosphotidique avec choline ; nom collectif désignant de tels phospholipides ; mélange les contenant et utilisé dans le commerce comme émulsifiant alimentaire, etc.
Lies	Les sédiments du vin ou d'autres liquides
Lyophilisation (congélation-séchage)	Procédé de conservation des produits alimentaires consistant à les congeler puis à en retirer l'eau (présente sous forme de glace) par sublimation
Tourailloons	Pousses qui croissent pendant la germination du malt
Marc	Le résidu, par exemple les peaux, pépins et graines restant après qu'un fruit (pommes ou raisins d'habitude) a été pressé pour en extraire le jus.
Trempe (Mash)	Malt mélangé avec de l'eau très chaude pour donner un moût
Miscella	Mélange d'huile végétale brute et d'hexane qui s'est formé pendant l'extraction du solvant hors des huiles végétales
Fromage Mitzithra	Fromage élaboré à partir de petit-lait
Mollusque	Animal à corps mou et carapace habituellement dure appartenant à l'embranchement des <i>Mollusca</i>
Moût	Tout jus ou liquide préparé, subissant une fermentation alcoolique, par exemple du jus de raisin ou la pulpe des pommes et des poires
Amidon natif	Amidon raffiné n'ayant subi aucune modification chimique et/ou physique
Nibs	Morceaux de fèves de cacao pelés et fermentés

Œnologie	Se référant ou appartenant à l'art de la vinification
Diagramme de combustion d'Ostwald	Le diagramme de combustion d'Ostwald représente sous forme graphique les relations théoriques entre les produits issus de la combustion des hydrocarbures. Ce diagramme indique l'interdépendance entre le CO ₂ , le O ₂ , et le CO, ainsi que le ratio air/combustible. Il permet donc de déterminer le CO et le rapport air/combustible lorsqu'on connaît déjà les valeurs prises par le CO ₂ et le O ₂
Pasteurisation	Procédé thermique, traitement thermique ou combinaison des deux, appliqué aux aliments pour ramener les micro-organismes – les plus résistants et importants en matière de santé publique – à un niveau qui, dans des conditions normales de distribution et stockage, n'est pas susceptible de poser un risque au niveau de la santé publique. Les traitements thermiques de pasteurisation sont des combinaisons équivalentes en temps/température permettant d'obtenir une certaine réduction décimale (log) des organismes viables, tout en amenuisant l'effet négatif sur la saveur et la chimie de l'aliment
Poiré	Jus ressemblant au cidre mais élaboré à partir de poires
Pesticide	Agent biologique, physique ou chimique utilisé pour tuer les ennemis des cultures. Dans la pratique, le terme de pesticide s'utilise souvent pour désigner seulement des agents chimiques. Différents pesticides sont connus sous les vocables d'insecticides, nématicides, fongicides, herbicides et rodenticides, c'est-à-dire des agents efficaces en premier lieu et respectivement contre les insectes, les nématodes (ou ascarides), les champignons, les mauvaises herbes et les rongeurs
Procédé PhoStrip	Dans le procédé PhoStrip d'enlèvement du phosphore (flux latéral), une partie du procédé aux boues activées de retour est déviée vers un réservoir de fractionnement anaérobie du phosphore
Marc	Résidus, par exemple les peaux, pépins et graines restés après que le jus a été pressé par exemple des pommes, poires et olives
Fruit à pépins	Fruit à pulpe avec partie centrale contenant les graines, pomme par exemple
Emballage primaire	Emballage conçu de sorte à constituer une unité de vente à l'utilisateur final ou au consommateur présent au point de vente
Valeurs Re (nombre de Reynolds)	Le nombre de Reynolds représente un ratio entre des forces inertielles telles que décrites dans la seconde loi de Newton sur le mouvement, et des forces visqueuses. Si le nombre de Reynolds est élevé, les forces inertielles prédominent et il en résulte un flux turbulent. Si ce nombre est faible, ce sont les forces visqueuses qui prédominent et il en résulte un flux laminaire
Radicelles	Petites racines apparaissant par exemple sur les grains pendant le maltage
Diagrammes de Sankey	Diagrammes utilisés pour représenter les flux à travers un système, par exemple pour illustrer les flux massiques et énergétiques
Emballage secondaire	Emballage conçu de sorte à regrouper, au point de vente, un certain nombre d'unités de vente, que ces dernières soient vendues comme telles à l'utilisateur ou le consommateur final, ou qu'elles servent seulement de moyen pour regarnir les présentoirs au point de vente ; cet emballage se laisse enlever du produit sans en affecter les caractéristiques
Arroser	Asperger par exemple d'eau, aérer un liquide avec de l'air ou injecter de la vapeur. En brasserie, il s'agit d'un jet d'eau très chaude dont on asperge le mal
Stabulation	Stockage du vin à basse température
Lait standardisé	Lait qui a subi un traitement pour en ajuster la teneur en matière grasse sur un pourcentage spécifié, dépendant de l'utilisation à laquelle ce lait est destiné

Tare (de) terre	Le poids de terre, graviers et pierres emportés avec les cultures au moment de leur récolte
Puisard	Puits ou trou utilisé pour collecter de l'eau ou d'autres fluides
Surimi	Chair de poisson émincée et transformée entrant dans la préparation d'aliments imitant les fruits de mer, en particulier les crustacés
Tempéragé	Procédé utilisé dans l'élaboration du chocolat, destiné à assurer la qualité et l'aspect du produit ; il permet de manier le chocolat liquide destiné à différentes applications ; il permet d'en piloter la viscosité ; il permet de remplir les exigences afférentes au poids net ; le tempéragé s'applique aussi à la décongélation contrôlée des viandes
Emballage tertiaire	Emballage conçu pour faciliter la manutention et le transport d'un certain nombre d'unités de vente ou d'emballages groupés afin de prévenir les dégâts que pourraient occasionner la manutention physique et le transport
Décongeler	Action consistant à faire dégeler les aliments
Résistance thermique (K/W ou °C/W)	La résistance thermique d'un matériau isolant, exprimée en ohms thermiques, est la valeur R (unité commerciale utilisée pour mesurer l'efficacité de l'isolation thermique) divisée par l'épaisseur de la matière en mètres
Cassure, trouble	Coagulât grossier de matière protéinée précipitée, dont la séparation du moût fait partie du procédé de brasserie
Vanilline	Aldéhyde cristallin d'odeur sucrée représentant le constituant capital et essentiel de la vanille
Forces de van der Waals	Forces existantes entre les molécules constitutives d'une même substance. Ces forces sont bien plus faibles que les liens chimiques, et un mouvement thermique aléatoire, approximativement à la température ambiante parvient d'habitude à les surmonter ou perturber. Ces forces n'agissent que lorsque les molécules passent très près les unes des autres, pendant les collisions ou quasi-collisions
Vinasses	Sous-produit généré pendant la transformation des mélasses. Après que le sucre fermentable présent dans les mélasses a été utilisé par les micro-organismes (les levures par exemple), et que les composés produits en ont été séparés (par exemple que l'alcool en a été distillé), il reste un support nutritif. Les substances non-sucre qui n'ont pas été assimilées et les produits métaboliques collatéraux se trouvent dans ce liquide. Il est possible de concentrer les vinasses, au moyen d'évaporateurs à effets multiples, pour obtenir une teneur en matières solides de 70 %
Viscères	Organes présents dans le tronc et considérés sous ce vocable collectif ; il s'agit par exemple du tube digestif, du cœur et des poumons
Moût	Infusion sucrée de malt moulu ou d'autres grains avant la fermentation, utilisé pour produire par exemple de la bière et des liqueurs distillées à partir du malt

Abréviations

ADMS	Système de modélisation de la dispersion dans l'atmosphère
AOCI	Composés organochlorés adsorbables
AOX	Composés organohalogénés adsorbables. Concentration totale en milligramme de chlore par litre, exprimée pour tous les composés halogénés (fluor excepté) présents dans un échantillon d'eau et capables d'être adsorbés sur du carbone activé
ATMP	Acide Amino triméthylène phosphonique

a_w	Activité de l'eau L'activité de l'eau (a_w) afférente à un aliment donné se définit ainsi : $a_w = p_f/p_w$, sachant que p_f et p_w représentent les pressions de vapeur en équilibre respectivement avec le système d'aliment donné et avec l'eau pure, tous deux à la même température
BAAF	Bioréacteur noyé aéré
MTD (MTD)	Meilleure(s) technique(s) disponible(s)
DBO (DBO)	Demande biochimique d'oxygène : la quantité d'oxygène dissous requise par les micro-organismes pour décomposer de la matière organique. L'unité de mesure est le mg de O ₂ /l. En Europe, la DBO se mesure après 3 (DBO ₃), 5 (DBO ₅) ou 7 (DBO ₇) jours
BREF	Document de référence sur les MTD
ESB (BSE)	Encéphalopathie spongiforme bovine
C ₁ , C ₂ etc	Composés organiques caractérisés par le nombre d'atomes de carbone
CaO	Oxyde de calcium
Ca(OH) ₂	Hydroxyde de calcium
CCl ₄	Tétrachlorure de carbone
CEN	Comité Européen de Standardisation
CEFS	Comité Européen des Fabricants de Sucre
CFC	Chlorofluorocarbures
MFT (CFM)	Microfiltration en flux tangentiel
UFC (CFU)	Unité formatrice de colonie
CGS	Système de cogénération (production)
CH ₄	Méthane
CHCl ₃	Trichlorométhane (chloroforme)
CHP	Cogénération de chaleur et d'électricité (chaleur et électricité combinées)
CIAA	Confédération des Industries Agro-Alimentaires de l'Union Européenne
CIP	Nettoyage en place
Cl ₂	Chlore
CMF	Microfiltre à flux tangentiel
CO	Monoxyde de carbone
CO ₂	Dioxyde de carbone
DCO (DCO)	Demande chimique d'oxygène : quantité de dichromate de potassium, exprimée sous forme d'oxygène, requise pour oxyder chimiquement, à environ 150°C, des substances contenues dans les eaux usées
COP	Coefficient de performance
DAF	Flottation par air dissous
DC	Sec condensant
DDGS	Grains séchés de distillateur, avec substances solubles
DMRI	Institut danois de recherche sur la viande
DT	Désolvanteur - toasteur
DTPMP	Acide diéthylènetriamine pentakis méthylènephosphonique
ED	Electrodialyse
EDTA	Acide éthylènediaminetétra-acétique
par exemple (e.g.)	par exemple (du latin « <i>exempli gratia</i> »)
EGSB	Lit expansé de boues granulaires (réacteur)
EIPPCB	Bureau européen PRIP
SMEA (EMAS)	Système de management environnemental et d'audit
SME (EMS)	Système de management environnemental
EP	Précipitateur électrostatique
EPA	Agence US de protection de l'environnement
ESP	Précipitateur électrostatique
ETBPP	Programme de meilleures pratiques technologiques afférentes à l'environnement (Royaume-Uni)
CE	Commission Européenne

UE	Union Européenne
UE-15	A, B, D, DK, E, EL, F, FIN, I, IRL, L, NL, P, S et UK
UE-25	A, B, CY, CZ, D, DK, E, EE, EL, F, FIN, HU, I, IRL, L, LV, LT, MT, NL, P, PL, S, SI, SK et UK
EUCA	Association européenne du café
FBD	Séchoir à lit fluidisé
FDM	Produits alimentaires, boissons et lait
FFS	Former, remplir, sceller
Fe	Fer
FeCl ₃	Trichlorure de fer
AGL (ffa)	Acides gras libres
F/M ratio	Ratio aliment / micro-organismes
FOG	Matières grasses, huiles et graisses
GE	Unité d'odeur standard (UO) définie comme étant la quantité de vecteur d'odeur dans 1 m ³ d'air neutre et causant une perception d'odeur
OGM (GMO)	Organismes Génétiquement Modifiés
HACCP	Analyse des risques et points de contrôles critiques
HCFC	Hydrochlorofluorocarbures
HCH	Hexachlorocyclohexane (lindane, un insecticide)
HCl	Acide chlorhydrique
HDPE	Polyéthylène haute densité
HEPA	Filtre haute efficacité piégeant les particules en suspension dans l'air
HFC	Hydrofluorocarbures
HHST	Pasteurisation (High heat short time)
HP	Haute pression
HPLV	Haute pression faible volume
H ₂ SO ₄	Acide sulfurique
HTD	Séchage à haute température
HTST	Pasteurisation (High temperature short time)
IC	Circulation interne (réacteur de traitement des eaux usées)
ICW	Zones humides artificielles intégrées
IDS	Iminodisuccinate
IMPEL	Réseau de l'Union Européenne pour la mise en oeuvre de la législation communautaire environnementale et pour le contrôle de son application)
ISCST	Modèle gaussien Industrial source complex short term (modèle complexe à court terme source industrielle)
ISO	Organisation internationale de normalisation
PRIP (IPPC)	Prévention et réduction intégrées de la pollution
LAS	Acides benzosulfoniques à alkylation linéaire
LDPE	Polyéthylène basse densité
CMEO (LOEC)	Concentration minimale avec effet nocif observé. Plus faible concentration, déterminée empiriquement, d'une substance test, à laquelle des effets nocifs peuvent être observés.
LP	Basse pression
GPL (LPG)	Gaz Pétrole Liquide
LTD	Séchage basse température
LTDM	Modèle à long terme de distribution des fréquences
EAM (MAP)	Emballage sous atmosphère modifiée
BRM (MBR)	Bioréacteur à membrane
MF	Microfiltration
MGDA	Diacétate de méthylglycine
MLSS	Solides mélangés en suspension
Mo	Molybdène
EM	État(s) membre(s) de l'Union Européenne
RMV (MVR)	Recompression mécanique de la vapeur
SEEUM	Station d'épuration des eaux usées municipales

(MSEEU)	
n.d.	aucune donnée
n.c.a (n.e.c)	Non classé ailleurs
NF	Nanofiltration
ONG (NGO)	Organisation non gouvernementale
NH ₃	Ammoniac/Ammoniaque
NH ₄	Ammonium
NH ₄ -N	Azote sous forme d'ammonium
VPN (NPV)	Valeur présente nette
N-tot	Azote total
NTA	Nitrilotriacétate
UNT (NTU)	Unités néphélométriques de turbidité
UO (OU)	Unité(s) d'odeur (cf. également GE)
P	Phosphore
HPA (PAH)	Hydrocarbures polyaromatiques
PE	Polyéthylène
PET	Polyéthylène téréphtalate
Pid	Diagrammes des procédés et d'instrumentation
API (PLC)	Automate programmable industriel
MP (PM)	Matière particulaire
PP	Polypropylène
PS	Polystyrène
PTA	Peseta
PTFE	Polytétrafluoréthylène
PVC	Polyvinyle chlorure
QAC	Composés d'ammonium quaternaires
CBR (RBC)	Contacteurs biologiques rotatifs
OI (OI)	Osmose inverse
T/MN (RPM)	Tours par minute
RTD	Recherche, technologie et développement
SBAF	Bioréacteur submergé aéré
RBS (SBR)	Réacteur biologique séquentiel
SEC	Consommation spécifique d'énergie
PME (SME)	Petite(s) et moyenne(s) entreprise(s)
SO _x	Oxydes de soufre
SO ₂	Dioxyde de soufre
SO ₃	Trioxyde de soufre
MES (SS)	Matières en suspension
STD (TDS)	Solides totaux dissous
ATK (TKN)	Azote total Kjeldahl
COT (COT)	Carbone organique total
ST	Solides totaux
EST (TSE)	Encéphalopathie spongiforme transmissible
STS (STS)	Solides totaux en suspension
TVR	Recompression thermique de la vapeur
TWG	Groupe de travail technique
UASB	Lit de boue ascendante anaérobie (réacteur)
UF	Ultrafiltration
UHP	Ultrahaute pression
UHT	Ultrahaute température (stérilisation)
UV	Ultraviolet
COV (COV(s))	Composé(s) organique(s) volatile(s) (pas limité(s) à la définition du composé organique volatile énoncée dans la Directive du Conseil 1999/13/CE)
WFE	Évaporateur à film raclé

WHB	Chaudière à chaleur perdue
OMS (WHO)	Organisation Mondiale de la santé
SEEU (WWTP)	Station d'épuration des eaux usées
XPP	Polypropylène expansé

Liste des États membres

Nom simple	Nom complet	Abréviation
Autriche	République d'Autriche	A
Belgique	Royaume de Belgique	B
Chypre	République de Chypre	CY
République tchèque	République tchèque	CZ
Allemagne	République fédérale d'Allemagne	D
Danemark	Royaume du Danemark	DK
Espagne	Royaume d'Espagne	E
Estonie	République d'Estonie	EE
Grèce	République hellénique	EL
France	République française	F
Finlande	République finlandaise	FIN
Hongrie	République hongroise	HU
Italie	République italienne	I
Irlande	Irlande	IRL
Luxembourg	Grand Duché du Luxembourg	L
Lettonie	République de Lettonie	LV
Lituanie	République de Lituanie	LT
Malte	République de Malte	MT
Pays-Bas	Royaume des Pays-Bas	NL
Portugal	République du Portugal	P
Pologne	République de Pologne	PL
Suède	Royaume de Suède	S
Slovaquie	République slovaque	SK
Slovénie	République de Slovénie	SI
Royaume Uni	Royaume Uni de Grande-Bretagne et d'Irlande du Nord	UK

Abréviations des monnaies

Abréviation	Monnaie
ATS	Schilling autrichien
BEF	Franc belge
CZK	Koruna tchèque
DEM	Mark allemand
DKK	Couronne danoise
EEK	Kroon estonienne
ESP	Peseta espagnole
EUR	Euro
FIM	Markka finlandais
FRF	Franc français
GBP	Livre sterling
GRD	Drachme grecque
HUF	Forint hongrois
IEP	Livre irlandaise
ITL	Lire italienne
NLG	Guilder hollandais

PLN	Złoty polonais
PTE	Escudo portugais
SEK	Couronne suédoise

Unités de mesure courantes et symboles

TERME	SIGNIFICATION
kWh AC	kilowatt-heures (courant alternatif)
atm	atmosphère normalisée (1 atm = 101325 N/m ²)
bar	bar (1,013 bar = 1 atm)
barg	bar gauge (bar + 1 atm)
milliard	mille millions (10 ⁹)
°C	degrés Celsius
cgs	centimètre gramme seconds. Système de mesure aujourd'hui largement remplacé par SI
cm	centimètre
cSt	centistokes = 10 ⁻² stokes
j (d)	jour (day)
°C/W	Résistance thermique
dB	Décibel. Unité servant à mesurer les niveaux de bruit
dB(A)	Le bruit se mesure en décibels (dB). Pour tenir compte de la façon dont l'oreille humaine réagit aux sons de différentes fréquences (tons), on applique communément une pondération A, et les mesures sont exprimées en dB(A). Chaque réduction de 3 dB(A) équivaut à réduire le niveau de bruit de moitié
eV	électron-volt
g	gram
GE	
GJ	gigajoule
Hz	hertz
h	heure
ha	hectare (10 ⁴ m ²) (=2,47105 acres)
hl	hectolitre
hPa	hectopascal (1hPa = 100 Pa)
J	joule
K	kelvin (0 °C = 273,15 K)
kA	kiloampère
kcal	kilocalorie (1 kcal = 4,19 kJ)
kg	kilogramme (1 kg = 1000 g)
kJ	kilojoule (1 kJ = 0,24 kcal)
kPa	kilopascal
kt	kilotonne
kW	kilowatt
kW _e	kilowatt sous forme d'énergie électrique
kWh	kilowatt-heure (1 kWh = 3600 kJ = 3,6 MJ = 0,0036 GJ)
kWh _e	kilowatt-heure sous forme d'énergie électrique
l	litre
m	mètre
m ²	mètre carré
m ³	mètre cube
m ² .°C/W	unité de résistance thermique
mg	milligramme (1 mg = 10 ⁻³ gramme)
MJ	mégajoule (1 MJ = 1000 kJ = 10 ⁶ joule)
nm	nanomètre (1nm = 10 ⁻⁹ m)
mm	millimètre (1 mm = 10 ⁻³ m)
m/min	mètres par minute

TERME	SIGNIFICATION
mmWG	millimètres de colonne d'eau
Mt	mégatonne (1 Mt = 10 ⁶ tonne)
MT/a (Mt/yr)	mégatonnes par an
mV	millivolts
MW _e	mégawatt électrique (énergie)
MW _{th}	mégawatt thermal (énergie)
ng	nanogramme (1 ng = 10 ⁻⁹ gramme)
Nm ³	Mètre cube normalisé (101,325 kPa, 273 K)
Pa	pascal
ppb	parts per billion (parts par milliard)
ppm	parts per million (parts par million) (poids)
ppmv	parts per million (parts par million) (volume)
s	seconde
sq ft	pié carré (= 0,092 m ²)
St	stokes. Ancienne unité (système cgs) de viscosité cinématique 1 St = 10 ⁻⁶ m ² /s
Unité S (S/m ou mS/cm)	Conductivité électrique (exprimée en Siemens par mètre ou milliSiemens par centimètre)
TJ	térajoule (1TJ = 10 ⁶ MJ = 10 ⁹ kJ= 10 ¹² joule)
t	tonne métrique (1000 kg ou 10 ⁶ gramme)
t/j (t/d)	tonnes par jour
trillion	trillion (10 ¹²)
t/a (t/yr)	tonne(s) par an
V	volt
vol- %	pourcentage volumique (aussi % v/v)
% v/v	pourcentage volumique (aussi vol- %)
W	watt (1 W = 1 J/s)
wt- %	pourcentage pondéral (aussi % w/w)
% w/w	pourcentage pondéral (aussi wt- %)
a (yr)	année
	Delta, accroissement de température
	environ, autour de
µm	micron (1 µm = 10 ⁻⁶ m)
Ω	ohm, unité de résistance électrique
Ω cm	ohm par centimètre, unité de résistance spécifique