



Analyse du cycle de vie comparative du hachis Parmentier cuisiné dans les conditions industrielles ou fait "maison"

Étude réalisée pour  **ECO
EMBALLAGES**

auteurs Bernard DE CAEVEL, directeur de RDC-Environnement
Catherine LAMBERT, ingénieur de projet pour RDC-Environnement

membres de la revue critique Philippe BAJEAT – ADEME
Stéphanie SCOUPE – AEDIS Media
Hayo VAN DER WERF - INRA

Octobre 2006

Table des matières

I. INTRODUCTION	1
I.1. OBJECTIF DE L'ETUDE.....	1
I.2. PUBLIC CIBLE	1
I.3. REVUE CRITIQUE.....	1
I.4. DEFINITION DE L'UNITE FONCTIONNELLE	2
I.5. CHAMP DE L'ETUDE.....	3
I.6. CHOIX DES CATEGORIES D'IMPACTS	4
I.7. ÉTAPES DU CYCLE DE VIE.....	5
I.8. ARBRES DE PROCEDES.....	6
I.9. SCENARIOS	7
I.9.1. Hachis Parmentier X.....	7
I.9.2. Hachis Parmentier maison	7
II. MÉTHODOLOGIE	8
II.1. METHODOLOGIE GENERALE	8
II.2. APPROCHE <i>RANGELCA</i>	9
II.3. APPROCHE MIX MARGINAL	10
II.4. MODELISATION DES TRANSPORTS	11
III. DONNÉES ET HYPOTHÈSES	12
III.1. PRODUCTION DES ALIMENTS DE BASE	12
III.2. PREPARATION DU HACHIS PARMENTIER.....	12
III.2.1. Transformations des ingrédients	12
III.2.2. Préparation du hachis Parmentier X.....	13
III.2.3. Préparation du hachis Parmentier fait maison.....	14
III.3. EMBALLAGES.....	16
III.3.1. Hachis Parmentier X.....	16
III.3.2. Ingrédients du Hachis Parmentier préparé à la maison	17
III.3.3. Comparaison des emballages liés aux deux modes de préparation	19
III.3.4. Reconditionnement pour la grande distribution	20
III.4. TRANSPORT.....	21
III.4.1. Hachis Parmentier fait maison.....	21
III.4.2. Hachis Parmentier X.....	23
III.5. PRODUCTION DE DECHETS ET MODE DE TRAITEMENT.....	24
III.5.1. A l'usine de production X de X.....	24
III.5.2. A l'entrepôt X de X et au X de X.....	24
III.5.3. A domicile.....	25
III.5.4. Comparaison des déchets générés selon le mode de préparation.....	28

III.6. DONNEES D'INVENTAIRES	29
IV. RÉSULTATS ET ANALYSE	31
IV.1. CONTRIBUTIONS DES ETAPES DU CYCLE DE VIE AUX PRINCIPALES CATEGORIES D'IMPACT	31
IV.2. CONSOMMATION ENERGETIQUE	34
IV.3. ÉMISSIONS DE GAZ A EFFET DE SERRE.....	36
IV.4. ACIDIFICATION DE L'ATMOSPHERE	38
IV.5. EUTROPHISATION.....	40
IV.6. GENERATION DE DECHETS ULTIMES	42
IV.7. CONSOMMATION DES RESSOURCES MINERALES NATURELLES.....	43
IV.8. FORMATION DE PHOTO-OXYDANTS (SMOG).....	44
IV.9. LA TOXICITE	45
IV.9.1. Toxicité humaine et terrestre	45
IV.9.2. Écotoxicité aquatique.....	46
V. ANALYSE DE SENSIBILITÉ	48
V.1. L'ANALYSE DE SENSIBILITE AVEC RANGE LCA	48
V.2. LES SOURCES D'ENERGIE (CHAUDIERE INDUSTRIELLE ET CUISINIERE) ETUDIEES DANS LES SCENARIOS	49
V.3. VARIABILITES ET INCERTITUDES PRISES EN COMPTE	49
V.3.1. Variations prises en compte pour le hachis Parmentier "maison":.....	49
V.3.2. Variations prises en compte pour le hachis Parmentier X	50
V.3.3. Variations prises en compte pour les deux modes de préparation	50
V.4. CONSOMMATION ENERGETIQUE.....	51
V.5. ÉMISSIONS DE GAZ A EFFET DE SERRE	52
V.6. ACIDIFICATION DE L'ATMOSPHERE.....	54
V.7. EUTROPHISATION	55
VI. NORMALISATION DES RÉSULTATS	56
VII. CONCLUSIONS	58
VIII. RECOMMANDATIONS.....	59
VIII.1. RECOMMANDATIONS A X.....	59
VIII.2. RECOMMANDATION A SYSTEME X	60
VIII.3. RECOMMANDATIONS AUX CONSOMMATEURS.....	60

Liste des tableaux

Tableau 1 : Quantités de lait pour la fabrication de crème fraîche, de beurre et d'Emmental.....	12
Tableau 2 : Consommations d'énergie pour la préparation du hachis Parmentier X	14
Tableau 3 : Consommations d'énergie pour la préparation d'un hachis Parmentier maison	14
Tableau 4 : Données moyennes de consommation d'un lave-vaisselle	15
Tableau 5 : Poids des emballages du hachis Parmentier X	16
Tableau 6 : Poids des emballages des ingrédients entrant dans la fabrication du hachis Parmentier fait maison.....	17
Tableau 7 : Comparaison des quantités d'emballages du hachis Parmentier X et de ceux des ingrédients du hachis Parmentier "fait maison"	19
Tableau 8 : Poids des palettes complètes des ingrédients entrant dans la préparation du hachis fait "maison"	21
Tableau 9 : Déchets occasionnés par la fabrication du hachis Parmentier X.....	24
Tableau 10 : Comparaison des quantités de déchets générés par catégorie de déchets et selon la localisation de génération	28
Tableau 11 : sources des données d'inventaires utilisées dans l'arbre de procédés.....	29
Tableau 12 : Contributions des étapes du cycle de vie aux différentes catégories d'impacts (en % des impacts générés par le hachis Parmentier X)	32
Tableau 13 : Normalisation des catégories d'impact	56

Liste des figures

Figure 1 : Composition de 300 g de hachis Parmentier X.....	2
Figure 2 : Représentation de la modélisation des cycles de vie du hachis Parmentier X et du fait maison.....	6
Figure 3 : Schéma d'un procédé type.....	8
Figure 4 : Contributions des étapes du cycle de vie aux différentes catégories d'impacts (en % des impacts générés par le hachis Parmentier X).....	32
Figure 5 : Contributions des étapes du cycle de vie hors production aux différentes catégories d'impacts (en % de la moyenne des deux cycles de vie).....	33
Figure 6 : Consommation d'énergie non renouvelable.....	34
Figure 7 : Contributions à l'effet de serre à 100 ans.....	36
Figure 8 : Contributions à l'effet de serre à 100 ans hormis la contribution de la production des aliments de base.....	37
Figure 9 : Contributions à l'augmentation de l'acidification de l'atmosphère.....	38
Figure 10 : Contributions à l'augmentation de l'acidification de l'atmosphère hormis la contribution de la production des aliments de base.....	38
Figure 11 : Contributions à l'eutrophisation.....	40
Figure 12 : Contributions à l'eutrophisation hormis la contribution de la production des aliments de base.....	41
Figure 13 : Contributions à la génération de déchets finaux de classe 2 (déchets municipaux, assimilés et inertes).....	42
Figure 14 : Contributions à la génération de déchets finaux de classe 1 (déchets dangereux)....	43
Figure 15 : Contributions à la consommation des ressources minérales naturelles.....	43
Figure 16 : Contributions à la formation de photo-oxydants.....	44
Figure 17 : Contributions à la toxicité humaine.....	45
Figure 18 : Contributions à l'écotoxicité terrestre.....	46
Figure 19 : Contributions à l'écotoxicité aquatique.....	47
Figure 20 : Analyse de sensibilité de la consommation d'énergie non renouvelable.....	51
Figure 21 : Analyse de sensibilité de la consommation d'énergie non renouvelable en fonction de la quantité de lait nécessaire à la préparation des ingrédients.....	51
Figure 22 : Analyse de sensibilité des contributions à l'effet de serre à 100 ans.....	52
Figure 23 : Analyse de sensibilité des contributions à l'effet de serre à 100 ans en fonction de la quantité de lait nécessaire à la préparation des ingrédients.....	52
Figure 24 : Analyse de sensibilité des contributions à l'acidification de l'atmosphère.....	54
Figure 25 : Analyse de sensibilité des contributions à l'acidification de l'atmosphère en l'absence de variations portant sur les aliments.....	54
Figure 26 : Analyse de sensibilité des contributions à l'eutrophisation.....	55
Figure 27 : Contribution normalisée des différentes catégories d'impacts.....	57

I. INTRODUCTION

I.1. OBJECTIF DE L'ETUDE

Dans un contexte où la prévention des déchets devient une priorité, l'attention est focalisée en particulier sur les emballages et les produits emballés. Ainsi, les plats préparés qui ont fait leur apparition il y a quelques années, sont généralement perçus comme des produits peu écologiques.

Cette perception *a priori* de l'intérêt écologique des plats "faits maison", ne tient pas compte d'une série d'arguments en faveur des plats préparés :

- ✓ Lors du nettoyage industriel, les déchets organiques sont valorisés contrairement aux déchets ménagers qui sont, dans la majorité des cas, incinérés ou mis en Centre de stockage (en France, entre 7 et 11 % des ménages compostent la fraction fermentescible des ordures ménagères à domicile)
- ✓ La consommation d'énergie pour la préparation des plats préparés peut être optimisée dans un processus industriel contrairement à la cuisson chez le consommateur
- ✓ Les déchets organiques produits lors du traitement industriel ne doivent pas être distribués, ce qui diminue le volume à transporter.
- ✓ Chacun des aliments (flocons de pommes de terre, viande, crème fraîche...) achetés au supermarché pour la préparation du plat (hachis Parmentier) est emballé individuellement (film et barquette pour la viande, bouteille ou complexe pour le lait, sachet plastique du fromage râpé, ...).

La réponse à la question : "*quel est le meilleur choix environnemental pour le consommateur : acheter un hachis Parmentier préparé au supermarché ou, acheter les différents ingrédients dans ce même supermarché pour le préparer à la maison ?*" n'est donc pas évidente.

Eco-Emballages a commandé la présente étude d'Analyse du Cycle de Vie (ACV) afin de tenter d'y répondre.

I.2. PUBLIC CIBLE

Cette étude, commanditée par Eco-Emballages, est destinée à la fois :

- aux producteurs de plats préparés, afin qu'ils soient conscients des forces et faiblesses environnementales de leurs produits et qu'ils cherchent à s'améliorer en conséquence
- aux consommateurs désireux de tenir compte des impacts environnementaux pour faire leurs choix d'achat et de consommation et qui sont intéressés par la question de la préparation industrielle ou domestique d'un plat.

I.3. REVUE CRITIQUE

L'étude a fait l'objet d'une revue critique telle qu'imposée par la norme ISO 14040 en cas de publication des résultats à l'extérieur. Les principales données et hypothèses méthodologiques ont également été fournies aux parties prenantes afin qu'elles les valident:

- un producteur de hachis Parmentier préparé : X

- un distributeur de hachis Parmentier préparé et des ingrédients nécessaires à la préparation à domicile du hachis Parmentier : X
- le producteur de flocons de pommes de terre qui fournit X. Ce producteur représente par ailleurs une part de marché importante des ventes de flocons de pommes de terre aux particuliers, de sorte que les données de procédé communiquées par ce fournisseur ont pu être utilisées pour les deux cycles.

I.4. DEFINITION DE L'UNITE FONCTIONNELLE

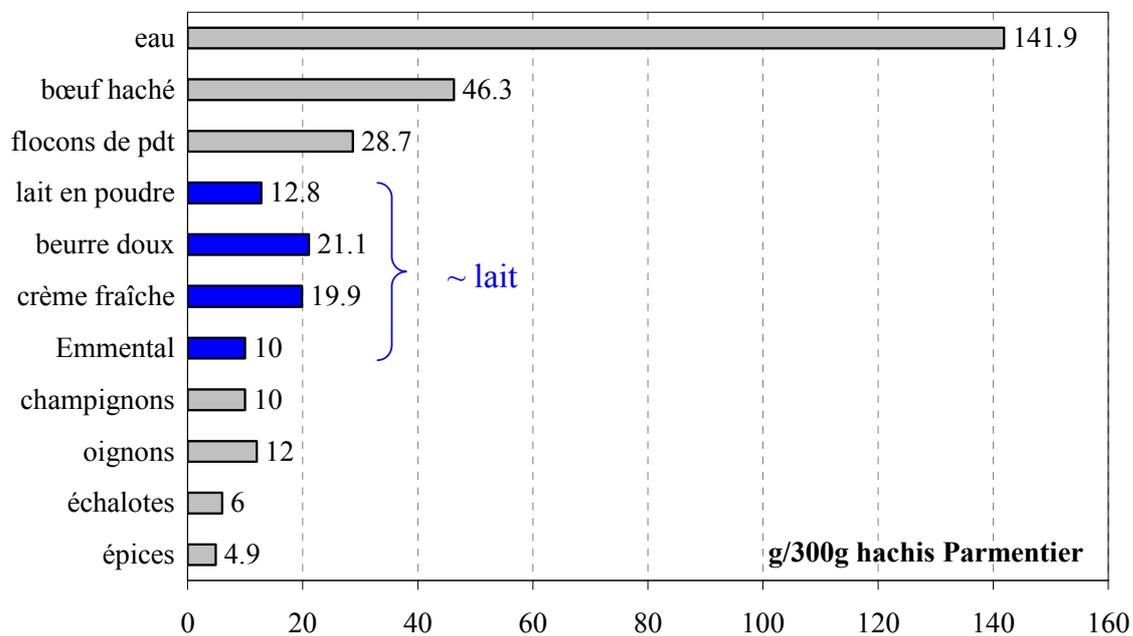
L'unité fonctionnelle est la fonction qui est remplie par les différents produits étudiés. Cette fonction est exactement la même pour tous les produits afin de permettre une comparaison objective des performances environnementales. Cette unité est définie avec précision à partir de l'objectif de l'étude, de son utilisation et de l'usage des produits. Elle permet de prendre en compte à la fois une unité de produit et une unité de fonction.

Pour répondre à la question posée ci-dessus, nous définissons l'unité fonctionnelle suivante :

**"La consommation à la maison en France
d'une portion individuelle de 300 grammes de hachis Parmentier".**

L'unité fonctionnelle ainsi définie correspond à l'unité de vente la plus prisée du hachis Parmentier préparé par X.

Figure 1 : Composition de 300 g de hachis Parmentier X



Pour établir une comparaison rigoureuse des deux types de préparation, la composition et les étapes de préparation du hachis Parmentier fait "maison" ont été calquées sur celles du hachis de préparé par X, à la différence que la quantité préparée a été fixée à 900 g et que les impacts liés à la préparation ont été divisés par 3. Il est en effet peu vraisemblable de préparer à domicile un hachis Parmentier de 300 g et établir la comparaison des cycles de vie sur une même quantité produite de 300 g aurait artificiellement alourdi le bilan énergétique de la préparation à domicile, principalement en ce qui concerne le gratinage au four.

I.5. CHAMP DE L'ETUDE

Dans cette étude, nous considérons :

- ✓ Deux types de préparation du hachis Parmentier :
 - Une barquette de 300 g de hachis Parmentier préparé par **X** et vendu frais (non surgelé) sous la marque X dans les différentes enseignes de X
 - Une portion de 300 g d'un plat de hachis Parmentier de 900 g préparé à **domicile**, avec des ingrédients de la marque X, pris en proportions comparables à ceux du hachis Parmentier préparé par X
- ✓ Une zone géographique : la **France**
- ✓ Une référence temporelle : **2006**
- ✓ Un niveau de technologie : **moyenne, typique**

Les étapes suivantes du cycle de vie n'ont PAS été prises en compte :

- La réfrigération à domicile
En effet, dans les deux cas, ce qui doit être conservé au réfrigérateur est déjà froid et ne nécessite donc pas d'énergie de refroidissement. Dès lors, la consommation du réfrigérateur est essentiellement imputable aux transferts de chaleur aux parois et dépend donc de la taille du réfrigérateur dont on suppose qu'il n'a pas été dimensionné en fonction du hachis Parmentier industriel ou des aliments qui entrent dans la fabrication d'un hachis à préparer à domicile.
- Certains transports
 - Les transports des aliments en amont des fournisseurs de l'usine X ou, pour le hachis fait "maison", en amont des producteurs qui fournissent les entrepôts X.
 - Les transports des différents emballages de leur lieu de production jusqu'au point de conditionnement
 - Les transports de collecte des déchets industrielsIls ont été négligés parce que les km parcourus sont faibles par rapport aux transports pris en compte et parce que l'obtention des données relatives à ces transports aurait été fort longue.
- La fabrication et l'élimination des équipements de production ou de transport.
L'analyse de la littérature a montré que ces impacts sont négligeables (ex : les infrastructures sont responsables de moins de 0,5 % des contributions du transport à l'effet de serre à 100 ans).
- La production des oignons, des échalotes, des champignons et des épices
Ces ingrédients représentent moins de 10% du poids du hachis Parmentier et sont présents en même quantité dans les deux cas, aux pertes près qui, vu les quantités appelées, sont minimales.
En outre, la production végétale est logiquement beaucoup moins impactante que la production animale vu que, pour produire de la viande ou du lait, il faut produire des végétaux pour nourrir les animaux.
- Les procédés de pasteurisation et de transformation du lait en crème fraîche, en beurre et en Emmental, ainsi que l'abattage et le hachage de la viande.
Ces étapes ont été négligées parce qu'elles sont communes aux deux cas.

I.6. CHOIX DES CATEGORIES D'IMPACTS

Les catégories d'impacts étudiées sont :

Consommation de ressources

- Consommation de ressources naturelles non renouvelables – énergie
équivalence des PCS sur base des données de l'Office Fédéral de l'Environnement et du Paysage (BUWAL):
- Consommation de ressources naturelles non renouvelables – minéraux
Eco-Indicator 99
développé en 1999 par PRé Consultants (Pays-Bas)

Pollutions

- Effet de serre à 100 ans
IPCC (*Intergovernmental Panel on Climate Change*)
2001
- Eutrophisation
CML (*Institut des sciences environnementales de l'Université de Leyde aux Pays-Bas*) sur base de Heijungs (1992)
2004
- Acidification de l'air
CML (*Institut des sciences environnementales de l'Université de Leyde aux Pays-Bas*) sur base de Hauschild & Wenzel (1998)
2004
- Formation de photo-oxydants (ozone troposphérique)
WMO (*World Meteorological Organisation*)
1995
- Toxicité humaine, éco-toxicité terrestre et éco-toxicité aquatique
USES 2.0 (*Uniform System for the Evaluation of Substances*)
développé en 1998 par l'Institut national de santé publique et de l'environnement des Pays-Bas (RIVM)

Déchets

- Génération de déchets ultimes – classe 1 (dangereux)
quantité de déchets dangereux mis en CSDU (après dégradation)
- Génération de déchets ultimes – classe 2 (ménagers, assimilés et inertes)
quantité de déchets ménagers et assimilés mis en CSDU (après dégradation)

Le chapitre IV présente les résultats pour les catégories d'impacts des systèmes étudiés.

I.7. ÉTAPES DU CYCLE DE VIE

Les étapes du cycle de vie des deux systèmes ont été regroupées de la manière suivante :

a) Production :

production des principaux aliments de base : viande de bœuf, lait et pommes de terre.

b) Préparation :

- ✓ préparation à partir des aliments de base des ingrédients qui serviront à la fabrication du hachis Parmentier
 - flocons de pommes de terre
 - lait en poudre
- ✓ préparation à proprement parler du hachis Parmentier
- ✓ réchauffage au micro-ondes de la barquette de hachis Parmentier X

c) Emballages :

- ✓ production des emballages primaires, secondaires et tertiaires
 - des fournitures de l'usine de X
 - du hachis Parmentier industriel
 - des ingrédients nécessaires à la fabrication du hachis Parmentier fait maison
- ✓ gestion des déchets d'emballages
 - collecte
 - traitement

d) Froid :

électricité nécessaire au maintien de la chaîne du froid

- ✓ dans les entrepôts
- ✓ en magasin
 - chambre froide
 - linéaire de présentation

e) Transport :

transports qui interviennent le long de la chaîne (à l'exception des transports de collecte des déchets)

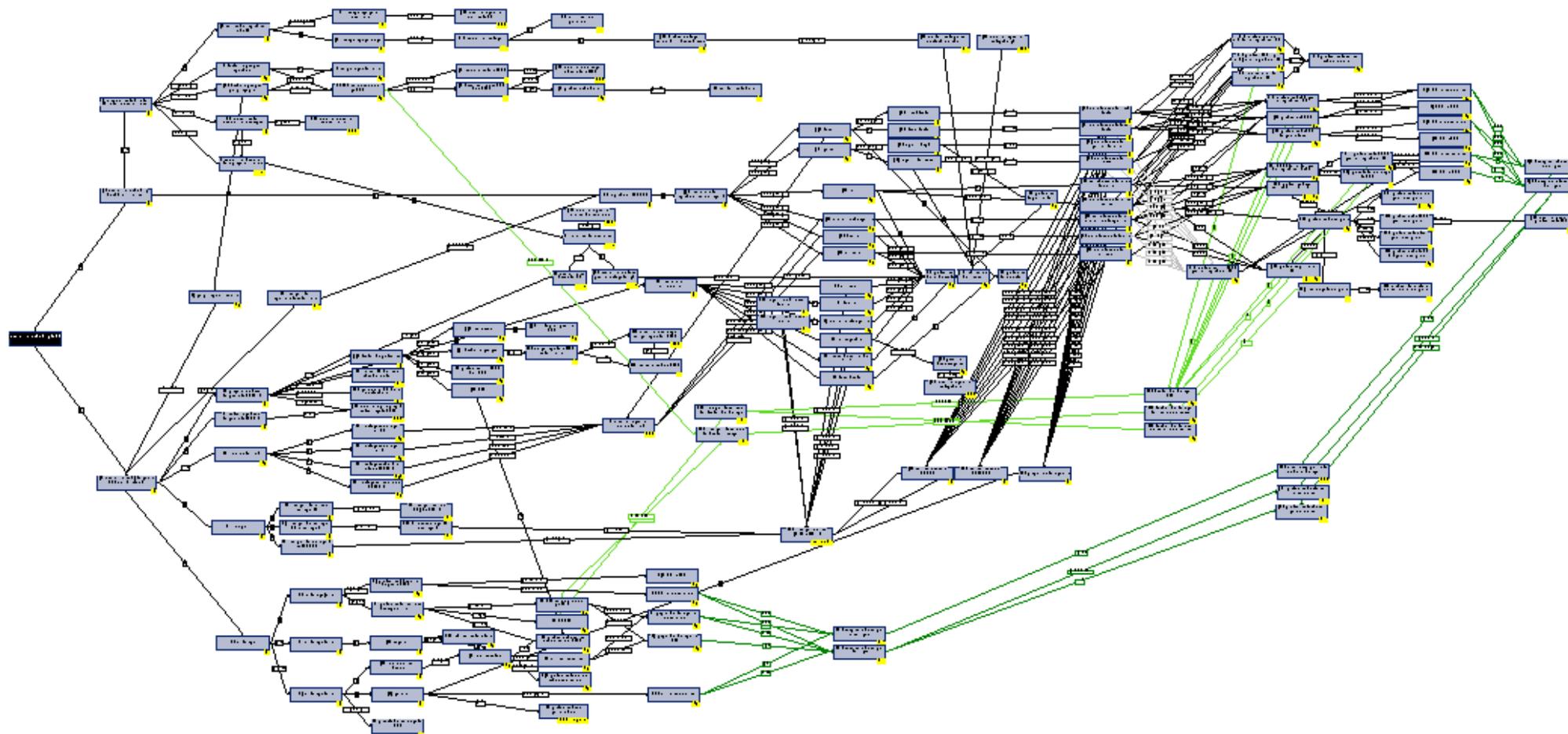
- ✓ pour le hachis Parmentier fait maison
 - des fournisseurs d'ingrédients aux entrepôts X
 - des entrepôts X aux magasins X
 - du magasin X au domicile du consommateur
 - la collecte des déchets
- ✓ pour le hachis Parmentier préparé par X
 - des fournisseurs d'ingrédients à l'usine de production X
 - de l'usine de production à l'entrepôt X
 - de l'entrepôt X aux entrepôts X
 - et les 3 mêmes derniers transports que pour le hachis Parmentier fait maison

f) Fin de vie :

collecte et gestion des déchets générés hors déchets d'emballages

I.8. ARBRES DE PROCEDES

Figure 2 : Représentation de la modélisation des cycles de vie du hachis Parmentier X et du fait maison



I.9. SCENARIOS

Au sein de chaque cycle de vie, différents scénarios ont été envisagés, qui concernent essentiellement l'étape de préparation.

I.9.1. Hachis Parmentier X

Deux scénarios ont été étudiés afin de déterminer les effets de l'évolution technologique en cours de l'usine de fabrication. En effet, la vapeur y est actuellement produite par une chaudière au fioul lourd (qui génère plus de polluants atmosphériques), mais sera bientôt produite par une chaudière au gaz lorsque l'usine sera raccordée au réseau (prévu en 2007).

Pour chaque catégorie d'impact étudiée dans le chapitre IV, ces deux scénarios seront représentés de la manière suivante :

- | | |
|----------------------|-----------|
| ▪ chaudière au fioul | X (fioul) |
| ▪ chaudière au gaz | X (gaz) |

I.9.2. Hachis Parmentier maison

Pour le hachis Parmentier fait "maison", trois scénarios ont été étudiés. Ils se distinguent par le type de cuisinière lors la préparation à domicile :

- | | |
|---|---------------------------|
| ▪ cuisinière au gaz | fait maison (gaz) |
| ▪ cuisinière électrique | fait maison (électricité) |
| ▪ cuisinière moyenne, c'est-à-dire
61,8% au gaz, et 38,2% à l'électricité ¹ | fait maison (mix) |

Notons toutefois que cette étude n'a pas pour objet de se prononcer en faveur de l'une ou l'autre de ces deux types de cuisinière.

¹ Donnée obtenue auprès de l'Observatoire de l'économie d'énergie et de matières premières (Ministère de l'économie, des finances et de l'industrie - Direction générale de l'énergie et des matières premières). Une troisième source d'énergie est répertoriée dans ces données : le GPL butagaz (bouteilles et citernes), qui, dans le cadre de cette étude a été associé au gaz de ville.

II. METHODOLOGIE

II.1. METHODOLOGIE GENERALE

La méthodologie employée permet d'estimer les émissions sur tout le cheminement des ingrédients entrant dans la fabrication du hachis Parmentier, de leur production, à leur transformation ainsi que leur préparation, jusqu'à la consommation au domicile du consommateur. Cette méthodologie est appelée "Analyse du Cycle de Vie" et est réglementée par une norme internationale : la suite de normes ISO 14040 qui décrivent les différentes étapes de la réalisation d'une Analyse de Cycle de Vie :

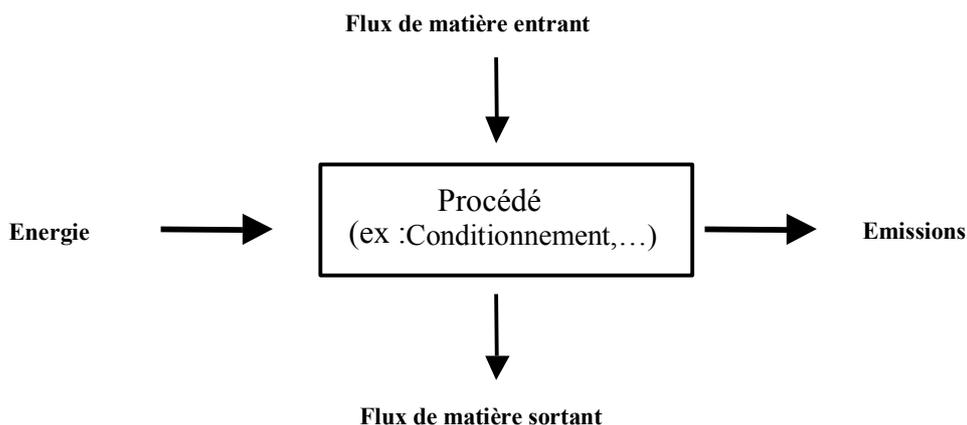
- Objectif et champ d'étude (ISO 14040)
- Calcul et analyse de l'inventaire (ISO 14041)
- Évaluation d'impacts (ISO 14042)
- Interprétation des résultats (ISO 14043)

En pratique, chaque système (hachis Parmentier préparé par X ou par le consommateur) est décomposé en étapes, elles-mêmes décomposées en procédés unitaires. Chaque procédé unitaire correspond à une transformation précise dans la filière, de telle sorte que mis bout à bout, ces procédés conduisent à l'élaboration d'un arbre de procédés pour chaque chaîne de production et de distribution.

Les principales phases de l'analyse sont les suivantes :

- Élaboration de l'arbre de procédé pour chaque système
- Description des entrées et sorties de chaque procédé
- Recherche des données de chaque procédé : consommations et émissions dans l'air de chaque procédé

Figure 3 : Schéma d'un procédé type



Chaque procédé est caractérisé par :

- un flux de matière entrant
- un flux de matière sortant
- des consommations (d'énergie, de ressources minérales ou organiques, d'eau)
- des productions de déchets (pertes de production, résidus de transformation...)

- des émissions de polluants (associées aux consommations énergétiques, aux transformations des matières).

Une fois les procédés identifiés, leur intégration permet de reconstituer l'ensemble de la chaîne. La démarche de construction de l'arbre débute à partir de l'unité fonctionnelle (consommation de hachis Parmentier au domicile du consommateur) et l'arbre se construit en identifiant à chaque fois pour les nouveaux procédés quels sont les inputs qui lui nécessaires et les procédés qui peuvent les livrer.

Les pertes et les consommations spécifiques de chaque procédé tiennent compte des facteurs de pertes aux différentes étapes. Exemple : s'il y a une perte de 10 % dans deux étapes consécutives, la perte totale n'est pas de 20 % mais de 21 %².

II.2. APPROCHE *RANGE*LCA

Le logiciel *RangeLCA*, développé par RDC-Environnement, possède des caractéristiques innovantes permettant d'améliorer la fiabilité (et partant la crédibilité) des résultats. Le concept de base est que les résultats doivent rendre compte de la diversité des cas individuels (au lieu de se résumer à une moyenne de cas possibles et à quelques scénarios alternatifs) et ainsi, intégrer automatiquement l'analyse de sensibilité des paramètres³.

D'un point de vue mathématique, ce concept se traduit par l'utilisation de variables aléatoires (avec distributions de probabilités) au lieu de valeurs fixes (dites "typiques"). Pour chaque paramètre pour lequel les données varient fortement, nous avons donc pris l'ensemble des valeurs comprises entre deux valeurs extrêmes connues en attribuant une probabilité d'occurrence à chaque valeur. Le classement des résultats en fonction de la valeur du paramètre permet ensuite d'identifier la sensibilité du résultat par rapport à ce paramètre.

Pratiquement, nous avons ainsi démontré quels sont les paramètres auxquels les résultats sont les plus sensibles.

Pour la partie inventaire des données, ce logiciel permet également de calculer automatiquement la contribution de chaque flux élémentaire (émissions dans l'air, l'eau, le sol,...) et/ou de chaque procédé aux impacts totaux. Ceci permet de se focaliser sur la recherche des données clés.

L'étude s'articule en 3 étapes successives :

1. Remplissage complet des inventaires à partir de notre base de données et d'hypothèses conservatrices⁴ (pour tous les paramètres pour lesquels nous ne possédons pas d'informations fiables, nous faisons varier la valeur du paramètre d'au moins ± 50 % autour d'une valeur typique trouvée dans la littérature). De cette façon, nous déterminons les données et les procédés ayant le plus gros impact sur les résultats c'est-à-dire ceux pour lesquels nous devons concentrer notre recherche de données
2. Recherche de données pour les flux élémentaires principaux (des procédés clés).

² $1.10 * 1.10 = 1.21$ c-à-d 21% de perte.

³ Le classement des résultats en fonction des paramètres clés permet de calculer la sensibilité des conclusions vis-à-vis de ces paramètres

⁴ Par "hypothèse conservatrice", on entend le fait de conserver le plus d'impacts potentiels possibles en prenant une large plage de variation pour les paramètres à forte incertitude. Le but étant de réduire au maximum cette plage de variation pour les paramètres clés.

3. Recherche complémentaire de données les plus sensibles directement auprès de X (visite de l'usine de X) et X (visite de l'entrepôt frais de X (à proximité de X) et du magasin X de X), des auteurs des publications les plus pertinentes et via une enquête auprès des consommateurs.

II.3. APPROCHE MIX MARGINAL

La modélisation de la production d'électricité suit une approche marginale, c'est-à-dire que les impacts modélisés de la production d'électricité sont les variations d'impacts dues aux variations de la demande (augmentation ou diminution) et donc de la production dans une échelle de temps donnée.

La modélisation des variations est basée sur les hypothèses suivantes :

- ✓ 79% sont produits à partir de sources d'énergie non renouvelables⁵ et 21% à partir de sources d'énergie renouvelables. Il s'agit de l'objectif indicatif national pour la France fixé par la Directive européenne 2001/77/CE du 27 septembre 2001 relative à la promotion de l'électricité produite à partir de sources d'énergies renouvelables sur le marché intérieur de l'électricité.
- ✓ Les sources d'énergie renouvelables sont modélisées selon l'hypothèse dite "conservatrice" formulée de la PPI (programmation pluriannuelle d'investissements de production électrique). Ceci a en particulier pour conséquence que malgré la participation actuellement élevée de l'hydroélectricité (approximativement 14% de la production totale d'électricité en France), cette source d'énergie n'est plus prise en compte dans le mix marginal étant donné que son potentiel de variation est nul.

⁵ en 2004, 85% de l'électricité produite provient de sources non renouvelables

II.4. MODELISATION DES TRANSPORTS

Les consommations et émissions atmosphériques spécifiques des transports routiers (camions et voiture) ont été modélisées sur base de la méthodologie COPERT III⁶.

Les consommations des camions ont été calculées en considérant que 2/3 des consommations et émissions sont indépendantes du taux de chargement du camion et 1/3 dépend, de façon proportionnelle, du chargement.

La consommation à pleine charge d'un camion d'une capacité de 24 tonnes est de 35 litres par 100 km :

$$\frac{\text{Consommation}}{\text{km parcourus}} = 35/100 * [2/3 + 1/3 * (\text{charge} / \text{charge utile})]$$

Par ailleurs, après avoir livré leur marchandise, les camions parcourent une certaine distance à vide avant de charger d'autres marchandises. Dès lors, il convient de modifier l'équation précédente de la sorte :

$$\frac{\text{Consommation totale (litres)}}{\text{km parcourus}} = 35/100 * [2/3 (1 + TRV) + 1/3 * (\text{charge} / \text{charge utile})]$$

avec TRV = le taux de retour à vide (en % de la distance utile parcourue) dont le facteur de proportionnalité à la charge est nul vu que la charge est nulle.

Le TRV est de 20% si les transports de marchandises sont confiés à des transporteurs privés. Le transport de marchandises effectué par des camions propres est modélisé en considérant un taux de retour à vide de 100%.

Le ratio charge réelle/charge utile correspond au taux de chargement du camion (nombre de palettes transportées par rapport au nombre de palettes transportables) que multiplie la "densité" de la palette (poids de la palette pleine par rapport au poids maximum d'une palette = 1 tonne).

Lorsque plusieurs produits sont transportés conjointement dans un même camion (c'est le cas notamment des transports des entrepôts frais X aux magasins X), on considère en pratique des camions pleins équivalents. Cela signifie que si 100 camions transportent 3% (en volume) de barquettes de hachis Parmentier, cela équivaut à considérer que 3 camions pleins de ces mêmes barquettes effectuent le même trajet (le même raisonnement s'applique pour le transport des ingrédients entrant dans la préparation du hachis Parmentier "maison").

⁶ COPERT : Computer Programme to calculate Emissions from Road Transport

Les logiciels CORINAir et COPERT ont été - et continuent d'être – développés grâce aux financements de l'Agence Européenne pour l'Environnement dans le cadre des activités du European Topic Centre on Air Emissions (ETC/AEM) pour permettre aux États membres de remplir leur obligation de publier des inventaires nationaux des émissions atmosphériques.

COPERT est l'application de CORINAir aux spécificités du transport routier et permet de modéliser les émissions des polluants caractéristiques des moteurs à explosion des véhicules en fonctionnement dans une structure spatio-temporelle donnée.

Pour ce faire, il est tenu compte d'une multitude de paramètres tels que la technologie du véhicule (type, carburant, cylindrée, âge ou normes européennes correspondantes), la vitesse et le kilométrage, la température du moteur et la température ambiante, la qualité du carburant, ...

III. DONNEES ET HYPOTHESES

III.1. PRODUCTION DES ALIMENTS DE BASE

L'étape de production agricole des principaux ingrédients (à savoir le lait de vache, la viande de bœuf, et les pommes de terre) a été considérée comme identique pour les 2 cas (hachis préparé par X ou fait maison).

Néanmoins, vu que les pertes ne sont pas les mêmes dans les deux systèmes, les quantités d'ingrédients à produire pour qu'une même quantité de hachis Parmentier soit consommée diffèrent d'un système à l'autre, ainsi que, par conséquent, le bilan des impacts liés à la production des ingrédients.

Les inventaires utilisés des différents impacts liés à la production des ingrédients proviennent de :

- ✓ la base de données IVAM⁷ pour la production de la viande de bœuf
- ✓ la base de données EcoInvent⁸ 2005 pour la production des pommes de terre
- ✓ données confidentielles de l'INRA (Institut National de recherche Agronomique) pour la production de lait (données moyennes pour 19 exploitations laitières en Bretagne)

III.2. PREPARATION DU HACHIS PARMENTIER

III.2.1. Transformations des ingrédients

a) *Transformation du lait de vache*

Les ratios de transformation utilisés sont présentés dans le tableau ci-dessous :

Tableau 1 : Quantités de lait pour la fabrication de crème fraîche, de beurre et d'Emmental

Produit de transformation (1 kg)	litres de lait nécessaires à la préparation
crème fraîche	de 8,5 à 9,5
beurre	de 21 à 23
Emmental	11,76-16,67 ⁹

Ces ratios ne varient pas selon les systèmes étudiés (préparation industrielle ou domestique), et les quantités utilisées étant identiques, les impacts liés à ces transformations ont été négligés.

La transformation du lait en crème et en beurre génère du babeurre (qui contient au minimum 95% d'eau) que les laiteries ne peuvent rejeter et qui est écoulé en tant qu'alimentation animale, éventuellement après séchage par atomisation. Le babeurre a donc peu de valeur et est à la limite entre le déchet et le sous-produit. Par conséquent, la totalité des impacts de la production du lait nécessaire à la fabrication de ces produits laitiers leur est attribuée.

⁷ IVAM est une agence de recherche et de consultance environnementales qui a ses origines au département des sciences environnementales de l'Université d'Amsterdam (<http://www.ivam.uva.nl>)

⁸ Centre suisse pour les inventaires de cycle de vie

⁹ 1000 litres de lait sont nécessaires à l'obtention d'une meule entre 60 et 85 kg

Par ailleurs, pour faire la purée, X utilise du lait en poudre, alors que les ménages qui préparent un hachis Parmentier à domicile utilisent du lait.

Il faut 10 litres de lait pour obtenir 1 kg de lait en poudre. En d'autres termes, il faut évaporer 9 litres d'eau pour obtenir un kg de lait en poudre.

La consommation d'énergie du séchage thermique du lait pour obtenir du lait en poudre a donc été estimée. Cette estimation s'appuie sur les fiches techniques relatives au séchage thermique réalisées par l'ADEME. Il y est dit que le séchage thermique nécessite jusqu'à plus de 1 000 kWh_{él} par tonne d'eau évaporée¹⁰, soit 1 kWh_{él} par kg d'eau. Nous avons considéré une distribution normale de la consommation d'énergie telle que 95% des consommations se situent entre 0,5 et 1,5 kWh/kg d'eau évaporée et donc entre 4,5 et 13,5 kWh/kg de lait en poudre.

b) Transformation des pommes de terre

La purée est réalisée au départ de flocons de pommes de terre :

- ✓ pour la préparation industrielle
- ✓ dans 50% des cas pour la préparation à domicile

Le fournisseur de X, largement représenté en France et donc représentatif également des flocons consommés directement par les consommateurs français, nous a fourni les données des consommations liées à la production d'1 kg de flocons de pommes de terre :

- 6 à 7 kg de pommes de terre selon la saison
- 0,5 kWh_{él} d'électricité
- 7,1 kWh_{th} de gaz
- 50 litres d'eau

De la même manière que pour le lait en poudre, nous avons considéré une distribution Normale des consommations. Nous les avons prises telles que 95% des consommations (par kg de flocons) se situent entre :

- 0,25 et 0,75 kWh_{él} d'électricité
- 6 et 8,2 kWh_{th} de gaz
- 25 et 75 litres d'eau.

Les 28,7 g de flocons par barquette correspondent donc à 186,55 g de pommes de terre lorsque la purée est réalisée au départ de pommes de terre fraîches.

III.2.2. Préparation du hachis Parmentier X

L'usine située à X, produit de l'ordre de 200 références différentes. En proportion massique, le hachis Parmentier représente 6,5% des préparations produites dans l'usine (dont celui destiné à être vendu sous la marque X qui représente 0,76 en poids de la production totale).

¹⁰ cf. <http://www.ademe.fr/Entreprises/Energie/procedes/ftch/FT-Sechage.asp>

Les consommations d'énergie attribuées à la fabrication d'une barquette de 300 g de hachis Parmentier ont été calculées par allocation massique (poids d'une barquette multiplié par le rapport des consommations annuelles de l'usine de production et du poids total de la production annuelle de produits alimentaires toutes références confondues).

Ce calcul s'appuie sur l'hypothèse que tous les plats demandent la même quantité d'énergie par unité de poids (énergie nécessaire au chauffage des ingrédients pour leur cuisson).

Tableau 2 : Consommations d'énergie pour la préparation du hachis Parmentier X

		production annuelle	13 850 tonnes/an
à l'usine	électricité (hors frigos)	7 264 753	kWhél/an
			0.16 kWhél/barquette
			1.42 MJ primaire / barquette
	fioul lourd	2 045 556	litres/an
			0.04 litre de fioul / barquette
			1.85 MJ primaire / barquette
à domicile	réchauffage μondes		0.30 MJ primaire / barquette
total			3.57 MJ primaire / barquette

III.2.3. Préparation du hachis Parmentier fait maison

Quatre tests de préparation ont permis de déterminer les consommations et productions de déchets. Les tests ont été réalisés suivant différentes modalités de manière à considérer les différents cas de figure qui représentent la diversité d'équipements de cuisson (au gaz et à l'électricité) et de préparation de la purée (au départ de flocons de pommes de terre ou de pommes de terre fraîches). En voici les principaux résultats :

Tableau 3 : Consommations d'énergie pour la préparation d'un hachis Parmentier maison

	cuisinière et four			
	au gaz (Nm ³ de gaz)	électriques (kWh él.)	au gaz (MJ primaire)	électriques (MJ primaire)
- purée à base de pommes de terre	0.097	0.930	3.43	8.37
- purée à base de flocons	0.031	0.320	1.10	2.88
- cuisson de la viande, oignons, échalottes et champignons	0.022	0.170	0.78	1.53
- gratinage	0.132	1.390	4.67	12.51
Total avec flocons	0.185	1.880	6.55	16.92
Total avec pommes de terre	0.251	2.490	8.89	22.41
Total moyen pour 900g	0.218	2.185	7.72	19.67
Total moyen pour 300g	0.073	0.728	2.57	6.56

Sachant que le pouvoir calorifique du gaz est d'environ 10 kWh (thermiques), on voit que la quantité de chaleur nécessaire à la cuisson est à peu près la même pour le gaz et l'électricité

($0,218 * 10 = 2,18$, ce qui est très proche des 2,185 de la cuisson à l'électricité). Cependant, si l'on tient compte du rendement de production de l'électricité, on voit que la cuisson à l'électricité est de 2,5 à 3 fois plus énergivore que celle au gaz (6,56 MJ vs. 2,57 MJ).

On voit aussi que la préparation de purée consomme logiquement moins d'énergie lorsqu'elle est réalisée à partir de flocons qu'à partir de pommes de terre (dans ce deuxième cas, il faut en effet faire bouillir une quantité d'eau beaucoup plus importante et la maintenir à ébullition le temps de la cuisson des pommes de terre). Cependant, la consommation d'énergie pour préparer industriellement les flocons à partir des pommes de terre et la différence de transport et d'emballages compensent ensemble à peu près le gain à la préparation à domicile (cf. analyse des résultats).

Les consommations imputées à la préparation du hachis Parmentier X ont été calculées en divisant les consommations globales du site par la production nette du site. Or, les consommations globales du site comprennent les consommations liées aux activités de nettoyage. Dès lors, par souci d'équivalence, il a été tenu compte dans le cas de la préparation à domicile du nettoyage de la vaisselle occasionnée par

- la préparation : casseroles, poêle et plat
- la consommation : assiettes.

Le hachis industriel est mangé dans la barquette. Nous avons estimé que la vaisselle occasionnée par la préparation et la consommation d'un plat de 900 g occupe entre 30 et 40 % d'un lave-vaisselle.

Les consommations moyennes d'un lave-vaisselle se situent entre 1,14 et 1,78 kWh_{él} et entre 14,0 et 24,9 litres d'eau par lavage (min et max des consommations réelles relevées par l'Association internationale de consommateurs Conseur, disponibles sur leur site Internet <http://www.test-achats.be>, mars 2006).

Tableau 4 : Données moyennes de consommation d'un lave-vaisselle

	consommations par lavage	
	eau (litres)	électricité (kWh _{él})
moyenne	18,7	1,49
min	14,0	1,14
max	24,9	1,78
moyenne du min-max	19,5	1,46

III.3. EMBALLAGES

III.3.1. Hachis Parmentier X

Chaque fournisseur de X achemine ses produits jusqu'à l'usine de X. Les conditionnements des denrées entrantes dans l'usine n'ont pas été détaillés, mais se retrouvent dans les déchets totaux produits sur le site, lesquels sont pris en compte dans les données de production de déchets du site.

a) A l'usine de production

- ✓ Le hachis Parmentier est conditionné dans une barquette en PP qui pèse 21 g. La barquette est recouverte d'un film en OPA/PP (OPA = polyamide bi-orienté, PP = polypropylène) qui pèse approximativement 2 g. Les barquettes étant de forme ovale, les pertes en termes de film ont été estimées à 1/3 du film (autrement dit, pour couvrir chaque barquette de 2 g de film, 3 g sont en réalité consommés). La barquette recouverte est ensuite introduite dans un fourreau en carton recyclé qui pèse 15 g. L'ensemble de la barquette, du film et du fourreau constitue l'emballage primaire, lequel voyagera jusqu'à chez le consommateur.
- ✓ Les barquettes sont conditionnées par 4 dans une cagette en carton ondulé qui pèse 116 g et qui protège les barquettes de l'écrasement lors du conditionnement en palette. La cagette constitue l'emballage secondaire qui voyagera jusqu'au lieu de vente. La cagette pèse 116g, soit 29 g par barquette ce qui représente près du double du poids de carton de l'emballage primaire.
- ✓ Les cagettes sont disposées sur des europalettes réutilisables. Chaque niveau est constitué de 8 cagettes et il y a 32 niveaux par palette. A mi-hauteur, la palette est consolidée par un intercalaire en carton ondulé qui pèse 204 g. La palette est ensuite entourée d'un film en LDPE à raison de 17 g par palette. Au total donc, une palette complète se compose de 1024 barquettes et pèse 401 kg. L'ensemble de la palette, de l'intercalaire et du film LDPE constitue l'emballage tertiaire.

Ces données sont synthétisées dans le tableau suivant :

Tableau 5 : Poids des emballages du hachis Parmentier X

		<i>poids (g)</i>	
		<i>de l'emballage</i>	<i>par barquette</i>
<u>emballage primaire</u>			
1 barquette	PP		21
1 film/ barquette	OPPAP 65μ		2
1 fourreau/ barquette	carton recyclé		15
<u>emballage secondaire</u>			
4 barquettes /cagette	carton ondulé	116	29
<u>emballage tertiaire</u>			
1 intercalaire/palette	carton	204	0,2
1 europalette	bois	25 000	0,49
film étirable	LDPE	17	0,017

Considérant qu'une palette est utilisée 50 fois, le poids des emballages tertiaire au regard des déchets générés représente seulement 0,49 g. et contribue donc peu à l'impact environnemental global des emballages.

b) Aux entrepôts X

Cet entrepôt centralise les différentes références X produites sur les différents sites de la région et les répartit en fonction des commandes à acheminer vers ses clients (entre autres X).

Les palettes de 1024 unités de vente de hachis Parmentier en provenance du site de production sont donc généralement scindées en plusieurs lots en fonction des commandes.

Pour livrer les entrepôts X, l'idéal est de faire en sorte qu'il n'y ait qu'une seule référence par palette et au maximum 6 références par palette. Concrètement, ces palettes atteignent une hauteur limitée et plusieurs palettes de maximum 6 références sont souvent empilées les unes sur les autres afin d'optimiser la surface au sol dans le camion. C'est sous cette forme que les palettes sont livrées aux entrepôts X.

III.3.2. Ingrédients du Hachis Parmentier préparé à la maison

Chaque ingrédient présente son propre conditionnement en arrivant aux entrepôts X.

Tableau 6 : Poids des emballages des ingrédients entrant dans la fabrication du hachis Parmentier fait maison

<i>caractéristique produit</i>	<i>matériau</i>	<i>poids des emballages (g)</i>		
		<i>par emballage</i>	<i>pour 300 g de hachis</i>	
<i>viande de bœuf (46,3 g)</i>				
<i>bœuf haché en vrac (par 350 g – 2 types de barquettes 50%-50%)</i>				
<i>type A (50%)</i>	barquette	PS expansé	17	2,249
	film	BDF	3	0,397
<i>type A (50%)</i>	barquette	PP expansé	22	2,910
	opercule	PE pelable	1	0,132
<i>A et B</i>	8 barquettes/boîte	carton	275	4,547
	palette(tous types	bois	25000	0,129
	film étirable(tous types	LDPE	17	0,004
<i>steak haché en vrac (par 300 g – 2 types de barquettes 50%-50%)</i>				
<i>type C (50%)</i>	barquette	PS expansé	11	1,698
	film	BDF	5	0,772
<i>type D (50%)</i>	barquette	PP expansé	27	4,167
	opercule	PE pelable	1,5	0,232
<i>C et D</i>	8 barquettes/boîte	carton	275	3,537
	palette(tous types	bois	25000	0,100
	film étirable(tous types	LDPE	17	0,003

pommes de terre (178 g ou 28,7 g de flocons)

<i>fraîches</i>	filet		2500	
	palette	bois	25000	0,086
	film étirable	LDPE	17	0,003
<i>flocons (4x125g)</i>	boîte	carton imprimé	59	3,387
	sachet de 125g	PP+métal	48	2,755
	10 boîtes/cagette	carton	82	0,471
	palette	bois	25000	0,060
	film étirable	LDPE	17	0,002

lait (128 ml)

<i>carton d'emballage (1000ml) (48% des parts de marché)</i>	carton	complexe - 75% carton - 5% alu - 20% LDPE	26	3,328
	bouchon	PEHD	2	0,256
	plastique de groupage (par 6)	PE	12	1,536
	8 intercalaires/palette	carton	350	0,459
	palette	bois	25000	0,082
<i>bouteille (1000ml) (52% des parts de marché)</i>	film étirable	LDPE	17	0,003
	bouteille	PEHD	30	3,840
	bouchon	PP	4	0,512
	opercule	Alu+PE	2	0,256
	étiquette	papier imprimé	2	0,256
	plastique de groupage (par 6)	PE	12	0,256
	10 intercalaires/palette	carton	120	0,256
	palette	bois	25000	0,107
film étirable	LDPE	17	0,004	

crème fraîche (19,9 g)

<i>crème fraîche épaisse (50cl)</i>	pot	PP	14	0,538
	opercule	Alu	1,2	0,046
	couvercle	PS/PE	5	0,192
	12 pots/cagette	carton	150	0,480
	palette	bois	25000	0,020
	film étirable	LDPE	17	0,001

beurre (21,1 g)

<i>plaquette (250g)</i>	film de protection	alu 7µ	2,5	0,211
	40 plaquettes/cagette	carton	215	0,454
	palette	bois	25000	0,012
	film étirable	LDPE	17	0,000

Emmental (10 g)

<i>chapelet de 3 sachets (3*70 g = 210 g)</i>	sachets	OPA/PE	11	0,524
	30 chapelets/boîte	carton	450	0,714
	palette	bois	25000	0,015
	film étirable	LDPE	17	0,0005

Les résultats présentés aux chapitres IV, V et VI tiennent compte

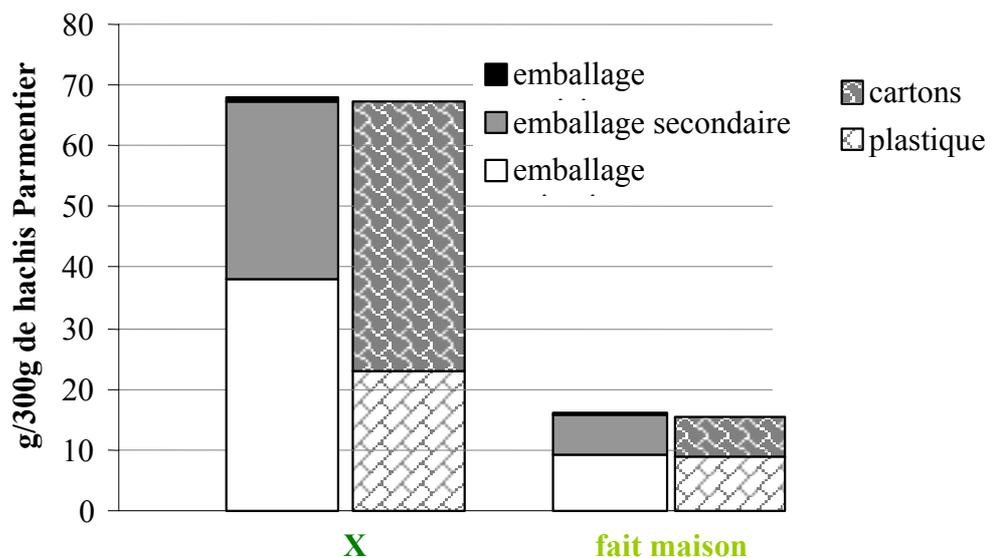
- des parts de marché respectives du lait en bouteille en plastique et de lait en carton d'emballage
- d'une répartition 50% bœuf haché (25% en barquette PS et 25% en barquette PP) - 50% steak haché (25% en barquette PS et 25% en barquette PP)
- d'une répartition 50% de purée à base de pommes de terre - 50% de purée à base de flocons

III.3.3. Comparaison des emballages liés aux deux modes de préparation

Le tableau suivant compare les poids des emballages d'une barquette de hachis Parmentier X et d'une portion de 300 g d'un hachis Parmentier fait "maison" avec du bœuf haché, des pommes de terre fraîches et du lait en bouteille plastique :

Tableau 7 : Comparaison des quantités d'emballages du hachis Parmentier X et de ceux des ingrédients du hachis Parmentier "fait maison"

Total (g)	X	fait "maison"
	67,7	16,31
emballage primaire	38	9,22
emballage secondaire	29	6,71
emballage tertiaire	0,70	0,38
plastiques	23,02	8,85
carton	44,2	6,71



Le poids des emballages d'une barquette de hachis Parmentier X est 4 fois plus grand que celui des emballages des ingrédients entrant dans la fabrication du hachis Parmentier "fait maison" dans les quantités nécessaires pour obtenir un hachis de 300g.

III.3.4. Reconditionnement pour la grande distribution

a) Aux entrepôts frais X

Ces entrepôts reconditionnent les produits frais pour les redistribuer aux différents magasins X en fonction des commandes établies par chaque magasin X. Le stockage ne dure que le temps du reconditionnement.

Les magasins X étant livrés 4 à 5 fois par semaine, le volume de commande est relativement faible. Aussi, seuls les emballages primaires et généralement secondaires y sont conservés.

L'opération de reconditionnement des produits s'opère en éclatement¹¹ ou en picking¹².

In fine, chaque palette est constituée d'une multitude de produits et correspond à tout ou partie de la commande d'un magasin. Avant d'être chargées dans les camions, les palettes sont à nouveau entourées d'un film LDPE.

Étant constituées de produits différents qui n'ont pas été conçus pour s'emboîter, les palettes sortant des entrepôts frais sont moins compactes que celles qui y entrent. Elles pèsent en moyenne 320 kg.

b) Dans les magasins X

Les palettes multi-produits sont démantelées et les produits sont présentés à la vente dans le magasin. Les barquettes de hachis Parmentier sont extraites de la cagette dans laquelle elles étaient transportées par 4, et présentées en linéaire.

Les déchets de carton et de plastique qui sont générés dans le magasin sont repris par X. Pour ce qui concerne le hachis Parmentier, il s'agit des cagettes restantes et du film LDPE qui entourait la palette multi-produits. Les entrepôts X livrent les magasins sur palettes X, les palettes endommagées sont donc reprises dans le cadre du contrat de maintenance conclu avec la société X.

¹¹ Les palettes destinées aux différents magasins sont positionnées à plat au sol à l'instar de leur positionnement dans le camion. Les produits frais sont ensuite déposés sur les palettes dans un ordre établi, de sorte que les produits les plus lourds et robustes soient positionnés en dessous. Cette méthode de répartition des produits est utilisée pour les barquettes de hachis Parmentier et pour la viande hachée par exemple

¹² Les produits à répartir sont installés dans des rayonnages et la palette reprenant la commande d'un magasin est remplie petit à petit en parcourant les rayons dans un ordre déterminé

III.4. TRANSPORT

III.4.1. Hachis Parmentier fait maison

a) Des fournisseurs d'ingrédients aux entrepôts X

Les ingrédients vendus sous la marque X sont livrés aux entrepôts X par les producteurs situés en moyenne à une distance comprise entre 250 et 300 km des entrepôts.

Le poids des palettes complètes diffère pour chaque ingrédient : il dépend du poids des unités de vente, du nombre d'unités de vente que comporte une palette complète et des emballages.

Tableau 8 : Poids des palettes complètes des ingrédients entrant dans la préparation du hachis fait "maison"

Ingrédient	Poids d'une palette complète (kg)
Bœuf haché	208
Steak haché	265
Pommes de terre	1000
Flocons de pdt	295
Lait en bouteille	625
Lait en brique	806
Crème fraîche épaisse	511
Beurre	907
Emmental	382

Il a été supposé que :

- les producteurs font appel à des transporteurs privés
- la flotte de camions est composée pour 25% de camions qui respectent les normes d'émissions Euro II et pour 75% Euro III
- la charge utile des camions utilisés est de maximum 24 tonnes et 24 palettes
- le taux de chargement moyen est de 80% (19,2 palettes par camion en moyenne)
- ces camions consomment en moyenne 35 litres diesel par 100 km s'ils transportent 24 t de charge utile (cf. II.4 Modélisation des transports)
- le taux de retour à vide est de 20%

b) Des entrepôts X aux magasins X

- ✓ Dans 30% des cas, les entrepôts achalandent les magasins X (proches) au moyen de la flotte qui leur appartient (transport dit "contrat") :
 - la distance de livraison moyenne va de 87 à 138 km
 - le taux de retour à vide est de 100%
- ✓ Dans 70% des cas, les entrepôts achalandent les magasins X (éloignés) par le biais de transporteurs privés (transport dit "public") :
 - la distance de livraison moyenne va de 46 à 584 km

- le taux de retour à vide est de 20%

Les hypothèses suivantes ont été posées pour les deux cas :

- la charge des camions utilisés est de 24 tonnes
- le taux de chargement moyen est de 80%
- la flotte de camions est composée pour 25% de camions qui respectent les normes d'émissions Euro II et pour 75% Euro III
- ces camions consomment en moyenne 35 litres diesel par 100 km s'ils transportent 24 t de charge utile (cf. II.4 Modélisation des transports)

c) Du magasin X au domicile du consommateur

Le trajet moyen du domicile au supermarché est supposé être de 15 km a/r (données marketing X).

Le parc automobile considéré est composé pour 57% de voitures à essence, pour 43% de voitures diesel¹³.

Les émissions ont également été calculées sur base de la méthodologie COPERT III (cf. note de bas de page 6).

L'allocation des impacts a été réalisée en fonction de la proportion de volume de coffre occupé par les ingrédients destinés à la fabrication de 300 g de hachis Parmentier, estimé à 1/450 du volume total du coffre (1/3 litre vs. 150 litres).

d) La collecte des déchets

La méthodologie COPERT III ne permet pas de modéliser les transports de collecte de déchets. Les camions de collecte sont très particuliers notamment parce qu'ils roulent de manière prolongée à très faible allure. Les émissions de ces camions ne peuvent donc être calculées sur base de celles d'un camion classique. Dès lors, il a été fait appel à des données spécifiques inventoriées par Ecoinvent.

Par ailleurs, le camion de collecte doit parcourir une distance plus ou moins grande pour collecter une quantité donnée de déchets qui dépend :

- du type de collecte : tout-venant, sélectif, papiers et cartons
Pour exemple, le camion devra parcourir plus de km pour collecter une quantité donnée de déchets sélectifs comparativement au tout-venant, non seulement parce que le sélectif a une plus faible densité, mais aussi parce que les ménages en produisent moins.
- de la densité des habitats

Des données confidentielles nous ont été fournies par Eco-Emballages distinguant le nombre de km à parcourir pour collecter une tonne de papiers et cartons, une tonne de déchets sélectifs et une tonne de tout-venant, selon que la collecte est effectuée en milieu rural ou urbain.

¹³ <http://www.planete-energies.com/contenu/petrole-gaz/consommation/carburants.html>

III.4.2. Hachis Parmentier X

a) Des fournisseurs d'ingrédients à l'usine de production X

Les distances de transport des fournisseurs de X ont été collectées à la source, en distinguant le cas échéant deux fournisseurs pour un même ingrédient en fonction des quantités achetées à chacun d'entre eux.

En l'absence de données spécifiques, la modélisation de ce transport est basée sur les mêmes suppositions que celles établies pour les transports des ingrédients du hachis Parmentier maison.

b) De l'usine de production à l'entrepôt X

Les 20 km qui séparent l'usine de production de l'entrepôt X sont effectués par des camions de 9 tonnes de norme d'émission Euro III.

Les camions partent de l'usine quand ils sont pleins et rentrent à vide à l'usine. Pour rappel, une palette complète pèse 401 kg.

c) De l'entrepôt X aux entrepôts X

La distance de livraison moyenne des entrepôts est de 400 à 500 km. Ce transport est effectué par un transporteur privé qui a fourni à X les informations nécessaires au calcul des émissions mais a souhaité qu'elles soient traitées de manière confidentielle.

d) Des entrepôts X aux magasins X

cf. hachis Parmentier fait "maison"

e) Du magasin X au domicile du consommateur

cf. hachis Parmentier fait "maison" si ce n'est que le hachis X est supposé occuper 1/600 du volume du coffre.

f) La collecte des déchets

cf. hachis Parmentier fait "maison"

III.5. PRODUCTION DE DECHETS ET MODE DE TRAITEMENT

III.5.1. A l'usine de production X de X

- ✓ Les déchets de nature organique (pertes, rebus de fabrication, dégraissage/dégrillage de la station d'épuration des eaux du site) sont compostés hors site et valorisés en tant qu'amendement agricole. Les boues de la station d'épuration font également l'objet d'un plan d'épandage.
- ✓ Le LDPE non souillé est depuis peu collecté sélectivement et recyclé
- ✓ Les papiers et cartons non souillés sont récupérés et recyclés à 100%
- ✓ Le reste (essentiellement constitué de plastiques non recyclables) est enfoui en centre de stockage des déchets ultimes, étant donné l'absence d'incinérateur en X.

De la même manière que pour la consommation d'énergie, les quantités de déchets liées à la fabrication d'une barquette de hachis Parmentier X ont été estimées en rapportant la quantité totale de déchets sur le poids total la production annuelle de produits alimentaires toutes références confondues. Ce calcul s'appuie sur l'hypothèse que tous les plats génèrent la même quantité de déchets par unité de poids.

Tableau 9 : Déchets occasionnés par la fabrication du hachis Parmentier X

	par an (tonnes)	par barquette (g)
production	13850	300
déchets organiques	471	10,2
papiers et cartons	292	6,3
LDPE	120	2,6
reste	380	8,2

III.5.2. A l'entrepôt X de X et au X de X

Les déchets de carton et de plastique qui sont générés dans l'entrepôt et dans les points de vente de X sont repris par X¹⁴. Il a été supposé que des alternatives équivalentes existent dans les autres régions de France.

Les pertes de produit chez X sont :

- ✓ nulles pour ce qui concerne le hachis Parmentier X
- ✓ égales à 0,6% sur les ingrédients entrant dans la composition du hachis fait maison

¹⁴ Filière de recyclage.

III.5.3. A domicile

a) Déchets générés

La quantification des déchets dépend du mode de préparation :

Hachis Parmentier X

La consommation d'une barquette de hachis Parmentier génère plusieurs types de déchets à domicile :

- ✓ Les déchets de consommation (gaspillages, fond de barquette) ont été modélisés par une distribution Normale centrée sur 3% (=9 g) et dont 95% des valeurs sont situées entre 0,9% et 5,0% du contenu de la barquette.
- ✓ Les déchets d'emballage primaire, pour rappel :
 - barquette en PP : 21 g + film en OPAPP : 2 g
 - fourreau en carton : 15 g

Hachis Parmentier fait maison

La fabrication d'un hachis Parmentier à domicile génère les déchets suivants (pour 300 g à titre de comparaison):

- ✓ déchets organiques :
 - épiluchures : 13,1 g en moyenne (50% purée à base de flocons et 50% à base de pommes de terre), répartis de la sorte :
 - entre 2,33 g et 3,13 g pour les pommes de terre le cas échéant (si la purée est préparée à base de pommes de terre fraîches)
 - entre 2,67 g et 3,33 g pour les oignons et échalotes
 - déchets de consommation (gaspillages, fond de plat et d'assiettes) ont été modélisés par une distribution Normale centrée sur 6% (=18 g) et dont 95% des valeurs sont situées entre 1,9% et 10,1% de la quantité préparée.
- ✓ Les déchets d'emballages primaires de chaque ingrédient entrant dans la composition, par exemple dans le cas d'un hachis à base de bœuf haché, des pommes de terre fraîches et de lait en bouteille plastique :

ingrédient	emballage primaire			collecte sélective	pas recyclé
		matériau	poids (g) pour 300 g de hachis		
bœuf haché	barquette	PS	2,249		X
	film	BDF	0,397		X
lait	bouteille	PEHD	3,840	X	
	bouchon	PP	0,512	X	
	opercule	Alu+PE	0,256		X
	étiquette	papier	0,256	X	X
	plastique de groupage	PE	0,256		X
crème fraîche	pot	PP	0,538		X
	opercule	Alu	0,046		X
	couvercle	PE	0,192		X
beurre	film de protection	alu 7 μ	0,211		X
Emmental	sachets	OPA/PE	0,524		X

b) Collecte des déchets

La modélisation des collectes d'ordures ménagères est décrite au point III.4 (page 21)

c) Traitement des déchets générés

Déchets organiques

La gestion des déchets organiques ménagers peut prendre différentes formes :

- **poubelle tout-venant**
- **compostage à domicile** : la participation des ménages au compostage à domicile a été estimée sur base de l'étude "Évaluation des politiques de prévention en matière de déchets ménagers et assimilés – lot 3: Évaluation des politiques de compostage à domicile"¹⁵:
 - en milieu rural (70% de la population) : 15% des ménages
 - en zone urbaine (30% de la population) : 5% des ménages
- collecte sélective publique (en vue du compostage industriel ou de la biométhanisation)
- alimentation animale
- incinération dans le jardin (dont les impacts environnementaux sont très importants¹⁶)

¹⁵ Étude réalisée en 2004 par RDC-Environnement pour la Direction Générale des ressources Naturelles et de l'environnement en Région wallonne (Belgique)

¹⁶ En effet, les mesures de la VMM (Vlaamse MilieuMaatschappij, rapport 2005, p.118) ont montré que les feux de jardin et d'âtre ont émis 600 fois plus de dioxines que les incinérateurs de déchets ménagers en Flandre en 2004 ! Ainsi, dans une commune de 10.000 habitants, si 5 ménages brûlent leurs déchets dans leur jardin, ils émettront autant de dioxines que tous leurs concitoyens réunis dont les déchets sont incinérés dans un incinérateur moderne

Dans le cadre de cette étude, ce qui n'est pas composté à domicile est supposé être collecté en tant que déchet tout-venant.

Déchets d'emballages

- ✓ papiers et cartons recyclables : en 2005, le taux de récupération des papiers et cartons usagés était de 61,3%¹⁷.
- ✓ plastiques recyclables : le taux de récupération utilisé est de 40% (donnée Eco-Emballages)

Déchets tout-venant

Sont collectés via les collectes tout-venant

- tous les déchets organiques qui ne sont pas compostés individuellement,
- les matières plastiques qui ne peuvent être collectées sélectivement
 - parce que le matériau n'est pas recyclé comme le PP
 - parce qu'ils sont souillés comme la barquette de viande (quel que soit le matériau qui la compose)
- les plastiques et les papiers et cartons recyclables mais qui ne sont pas triés comme tel par les ménages et sont donc collectés en tant que déchet tout-venant. Cela représente 38,7% des papiers et cartons recyclables (= 100% - taux de récupération de 61,3%) et 60% des plastiques recyclables (= 100% - 40%).

D'après les données de l'ADEME concernant les installations de traitement des déchets ménagers, en 2004

- 41,7% des ordures ménagères ont été enfouies en centre de stockage des déchets ultimes (CSDU) de classe 2
- 48,9% ont été valorisés par incinération avec récupération d'énergie.

Totalisant plus de 90% des ordures ménagères, seuls ces deux modes de traitement ont été pris en compte.

Il a donc été considéré que ce qui est collecté en tant que tout venant est

- dans 54% des cas : incinéré et valorisé énergétiquement
- dans 46% des cas : enfoui en centre de stockage

¹⁷ Source : Groupement français des papetiers utilisateurs de papiers recyclés

III.5.4. Comparaison des déchets générés selon le mode de préparation

On constate dans le tableau ci-dessous que les quantités totales de déchets générés le long du cycle de vie du hachis Parmentier fait maison sont largement inférieures que le long du cycle de vie du hachis Parmentier X.

Une analyse plus détaillée indique que la quantité de déchets organiques est cependant plus importante dans le cycle de vie du hachis fait maison ainsi que la quantité de plastiques recyclables.

Tableau 10 : Comparaison des quantités de déchets générés par catégorie de déchets et selon la localisation de génération

	X	fait "maison"¹⁸
usine X	27,3	0
déchets organiques	10,2	
papiers et cartons	6,3	
LDPE	2,6	
reste	8,2	
X (emballages 2^{aires} et 3^{aires})	29,71	6,84
papiers et cartons	29,2	6,45
LDPE	0,02	0,37
bois (palette)	0,49	0,02
à domicile	47	30,38
déchets organiques	9	21,1
papiers et cartons	15	0,26
plastiques recyclables	0	4,35
reste	23	4,78
Total (g)	104,01	37,47
déchets organiques	19,2	21,1
papiers et cartons	50,5	6,71
plastiques recyclables	2,62	4,66
reste (dont bois)	31,69	4,75

¹⁸ dans le cas d'un hachis à base de bœuf haché, des pommes de terre fraîches et de lait en bouteille plastique

III.6. DONNEES D'INVENTAIRES

Tableau 11 : sources des données d'inventaires utilisées dans l'arbre de procédés.

production de la viande de bœuf	IVAM LCA Data 4.0 (2004)
production de pommes de terre	DB EcoInvent
production de lait de vache	données confidentielles de l'Institut National de recherche Agronomique (données moyennes pour 19 exploitations laitières en Bretagne)
électricité, production du mix marginal FR	LCI développé par RDC sur base : - du LCI EcoInvent relatif à la production d'électricité en France - mix moyen - de la PPI (programmation pluriannuelle d'investissements de production électrique)
production et distribution en France du : -gaz naturel -fioul	modèle développé par RDC dans le cadre d'une précédente étude (confidentielle)
combustion en chaudière industrielle du : - gaz naturel - fioul	DB EcoInvent
émissions à la gazinière	US Environmental protection Agency - Technology Transfer Network - Emission Factors & AP 42 - Fifth Edition - Chapter 1 : External Combustion Sources (téléchargeable sur http://www.epa.gov/ttn/chief/ap42/ch01/index.html)
transports (hors collecte des déchets)	modèle développé par RDC sur base : - de la méthodologie COPERT III pour les émissions à l'échappement ("Methodology and emission factors (Version 2.1)" - November 2000 (Leonidas Ntziachristos and Zissis Samaras - European Topic Centre on Air Emissions (ETC/AEM) of EEA)) - du LCI ecoinvent relatif à l'approvisionnement en diesel - des données d'émissions de particules non émises à l'échappement provenant de "Life cycle inventories of transport services Data v1;1 (2004) EcoInvent report n°14, May 2004, 132 p."
transports de collecte de déchets ménagers	DB EcoInvent
traitement des eaux usées	"Life Cycle Assessment of Disposable and Reusable Nappies in the UK" par ERM (Environmental Resource Management) pour Environment Agency UK (téléchargeable sur www.environment-agency.gov.uk/commondata/acrobat/nappies_1072099.pdf)

production de : - polypropylène - polyéthylène	"Eco-profiles of the European Plastics Industry" par I Boustead pour PlasticsEurope (réactualisé en 2005)																		
production de : - film d'emballage en LDPE - polystyrène - europalette - carton (simple couche) - carton recyclé (simple couche) - carton d'emballage au départ de carton ondulé - boîte imprimée au départ de carton	DB EcoInvent																		
production et assemblage du complexe (carton à boisson)	LCI développé par RDC par compilation des données de la littérature																		
recyclage du polyéthylène	modèle développé par RDC dans le cadre d'une précédente étude (confidentielle)																		
incinération - polyéthylène - polypropylène - polystyrène - papier d'emballage - bois	DB EcoInvent <i>NB</i> : type et niveau de valorisation énergétique par kg de déchet incinéré : <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th></th> <th>$MJ_{\text{électriques}}$</th> <th>$MJ_{\text{thermiques}}$</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td>5</td> <td>10,02</td> </tr> <tr> <td></td> <td>3,74</td> <td>7,54</td> </tr> <tr> <td></td> <td>3,6</td> <td>7,39</td> </tr> <tr> <td></td> <td>1,32</td> <td>2,77</td> </tr> <tr> <td></td> <td>1,3</td> <td>2,74</td> </tr> </tbody> </table>		$MJ_{\text{électriques}}$	$MJ_{\text{thermiques}}$		5	10,02		3,74	7,54		3,6	7,39		1,32	2,77		1,3	2,74
	$MJ_{\text{électriques}}$	$MJ_{\text{thermiques}}$																	
	5	10,02																	
	3,74	7,54																	
	3,6	7,39																	
	1,32	2,77																	
	1,3	2,74																	
mise en centre de stockage des déchets ultimes - polyéthylène - polypropylène - polystyrène - mélange de plastique - papier d'emballage	DB EcoInvent <i>NB</i> : taux de captage du biogaz = 53%																		
compostage à domicile	LCI développé par RDC par compilation des données de la littérature																		
- fraction fermentescible des ordures ménagères (FFOM): - incinération avec valorisation énergétique - mise en centre de stockage des déchets ultimes - compostage industriel des déchets organiques	LCI développés par RDC sur base des travaux de Afval Overleg Orgaan [2002], MilieuEffectRapport – Landelijk AfvalBeheerPlan Nederlands (Hoofdrapport 226p. & Achtergronddocument A14, 132p.) <i>NB</i> : - énergie produite par incinération de 1kg de FFOM = 0,65 $MJ_{\text{électriques}}$ - taux de captage du biogaz = 55%																		

IV. RESULTATS ET ANALYSE

IV.1. CONTRIBUTIONS DES ETAPES DU CYCLE DE VIE AUX PRINCIPALES CATEGORIES D'IMPACT

Les résultats ci-après (Tableau 12 et Figure 5) présentent la part imputable à chaque étape du cycle de vie en % par rapport aux impacts générés au cours du cycle de vie du hachis Parmentier X :

- ✓ pour les 4 catégories d'impact principales :
 - la consommation d'énergie non renouvelable
 - l'effet de serre à 100ans
 - l'acidification de l'atmosphère
 - l'eutrophisation
- ✓ pour les deux cycle de vie principaux :
 - du hachis Parmentier X produit dans les conditions actuelles, c'est-à-dire dont la vapeur est produite par une chaudière au fioul (pris comme référence → la somme des parts de chaque étape pour chaque catégorie d'impact = 100%)
 - du hachis Parmentier maison préparé dans 61,8% avec une cuisinière au gaz, et dans 38,2% à l'électricité

Il apparaît que :

- ✓ Les différences d'impacts entre les deux modes de préparation du hachis Parmentier sont faibles.
- ✓ Concernant la production des aliments de base :
 - L'impact généré par la production des aliments de base est fort comparable d'un mode de préparation à l'autre.
 - Par conséquent, comme les différences de consommation d'aliments dépendent des pertes qui interviennent le long de la chaîne, ces pertes peuvent revêtir une importance primordiale dans la comparaison.
 - À part pour ce qui concerne la consommation d'énergie non renouvelable, l'étape de production est responsable de la majorité des impacts :
 - ~ 76% des émissions de gaz à effet de serre
 - ~ 93% de l'acidification
 - ~ 98,5% de l'eutrophisation
- ✓ La préparation intervient pour 34,24% de la consommation d'énergie non renouvelable liée au hachis Parmentier X et pour 39,53% de celle liée au hachis fait maison.

Tableau 12 : Contributions des étapes du cycle de vie aux différentes catégories d'impacts (en % des impacts générés par le hachis Parmentier X)

		production	préparation	emballages	froid	transport	fin de vie		TOTAL
Energie	X	40.90%	34.24%	16.99%	4.59%	3.09%	0.18%	100.00%	16.86 MJ
non renouvelable	maison	41.01%	36.99%	11.97%	1.55%	1.89%	0.18%	93.58%	15.78
Effet de serre	X	76.15%	12.49%	8.56%	0.42%	2.03%	0.36%	100.00%	1871.31 g.éq. CO2
à 100 ans	maison	76.36%	9.66%	6.18%	0.14%	1.37%	0.65%	94.36%	1765.75
Acidification	X	92.96%	3.32%	2.35%	0.30%	0.75%	0.32%	100.00%	17.42 g.éq. SO2
	maison	93.21%	2.24%	2.28%	0.10%	0.50%	0.73%	99.05%	17.26
Eutrophisation	X	98.44%	0.33%	0.89%	0.03%	0.12%	0.18%	100.00%	16.17 g.éq. PO4
	maison	98.71%	0.25%	0.55%	0.01%	0.08%	0.34%	99.96%	16.16

Figure 4 : Contributions des étapes du cycle de vie aux différentes catégories d'impacts (en % des impacts générés par le hachis Parmentier X)

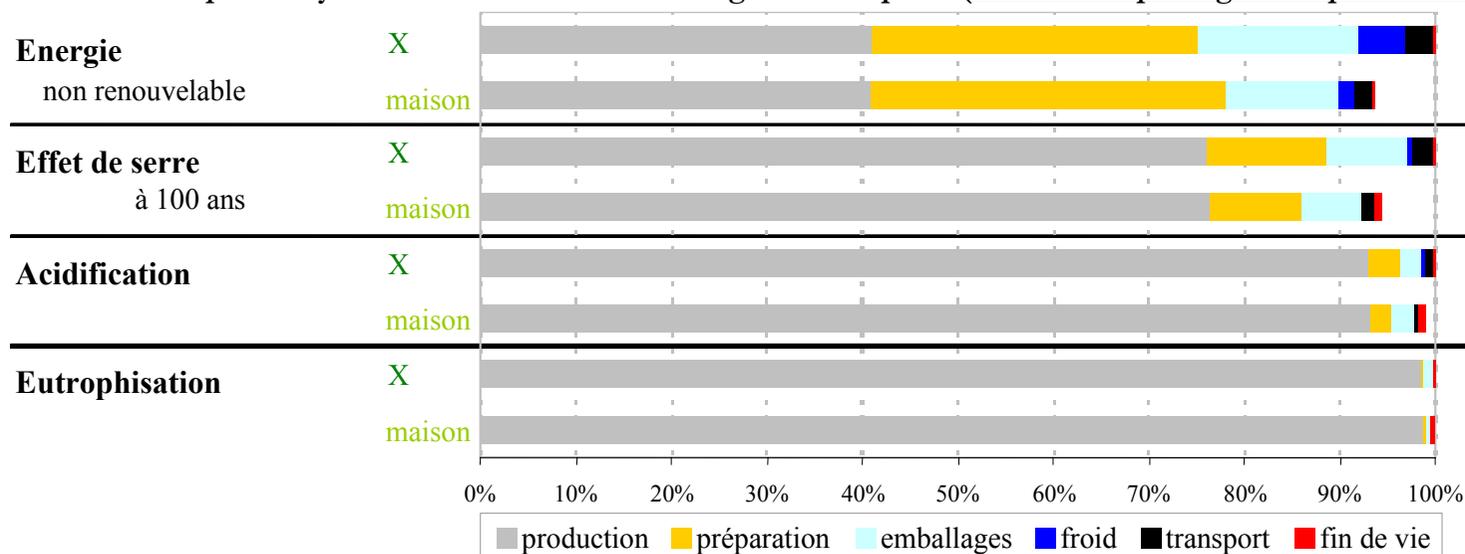
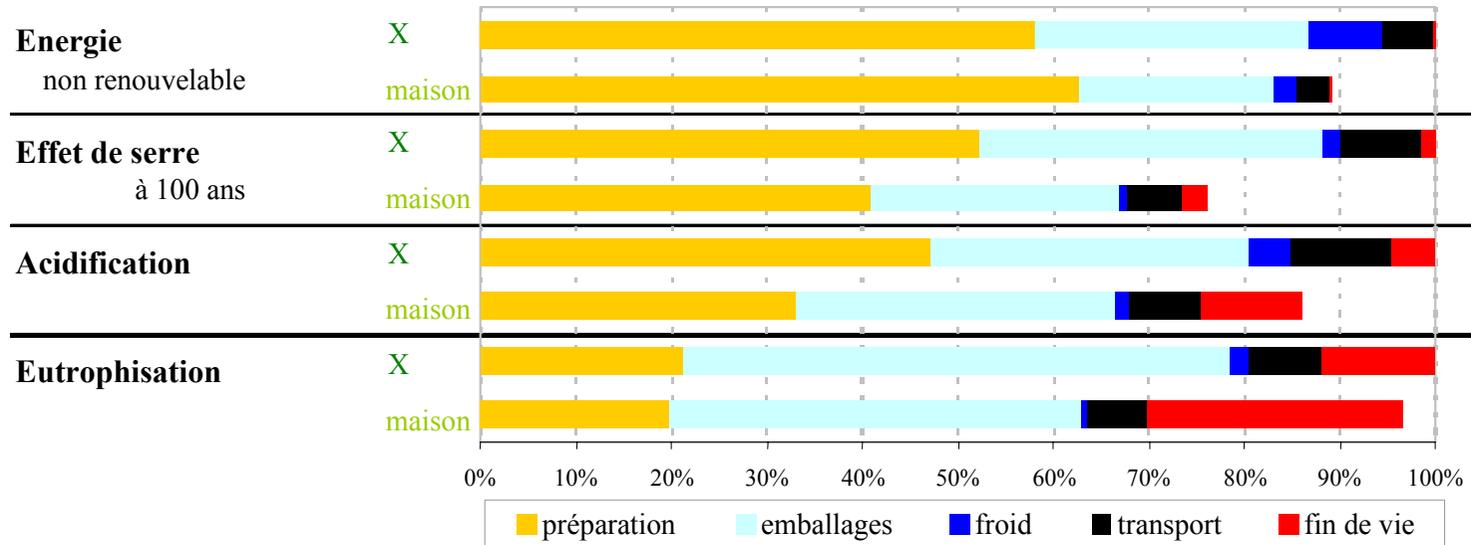
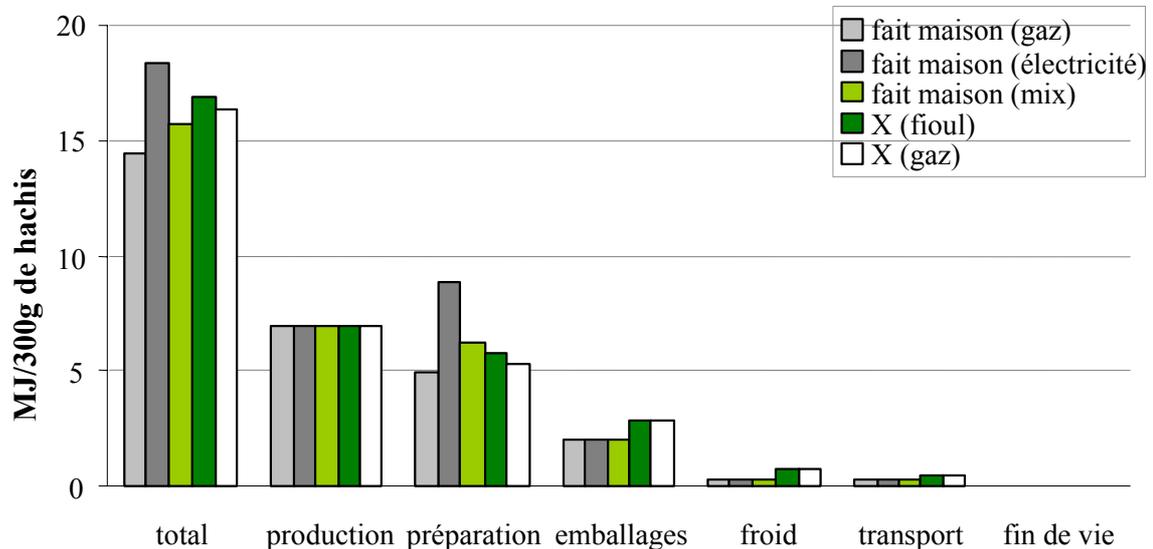


Figure 5 : Contributions des étapes du cycle de vie hors production aux différentes catégories d'impacts (en % de la moyenne des deux cycles de vie)



IV.2. CONSOMMATION ENERGETIQUE

Figure 6 : Consommation d'énergie non renouvelable



Il apparaît que la consommation globale d'énergie est relativement similaire, que l'on considère un hachis préparé à domicile ou le hachis Parmentier de X. Le hachis Parmentier maison préparé à la cuisinière au gaz consomme moins tandis que le hachis Parmentier maison à la cuisinière électrique consomme plus que le hachis Parmentier X.

La phase de préparation "maison" consomme en moyenne (fait maison (mix)) plus d'énergie non renouvelable que la préparation industrielle par X (approximativement 8% de plus que la préparation industrielle au fioul et 18% de plus que lorsque l'usine aura recours au gaz pour la production de vapeur). Par ailleurs, il a été établi précédemment que la cuisson à l'électricité est de 2,5 à 3 fois plus énergivore que celle au gaz (6,56 vs. 2,57 MJ primaire). Or, en analysant l'étape de la préparation dans le graphique ci-dessus, on constate que ce ratio est inférieur à 2. Cela provient du fait que l'étape de préparation inclut également le lavage de la vaisselle et le séchage des pommes de terre en flocons. Comme ces consommations sont les mêmes dans les deux cas, la différence relative entre les deux cas est par conséquent réduite.

Le changement de chaudière à l'usine au profit d'une chaudière au gaz (qui est dans les intentions du groupe une fois que le raccordement au gaz sera effectif) permettra d'améliorer très légèrement la position du hachis industriel au regard de la consommation de ressources non renouvelables, mais sans changement significatif pour la comparaison.

La production des pommes de terre ne représente que 2% de la consommation d'énergie liée à la production des aliments de base. La part de la production végétale est donc minime à comparer à la production animale.

Par contre, la consommation énergétique liée aux emballages est plus élevée pour le hachis Parmentier X. Elle est due essentiellement :

- à la barquette en PP, dont la production est énergivore,
- et, plus globalement, à la plus grande quantité d'emballages.

La consommation d'énergie pour le maintien de la chaîne de froid est plus basse pour le plat fait maison car la plupart des ingrédients ne doivent pas être conservés au froid (lait pasteurisé, pommes de terre). Mais cette consommation est faible dans les deux cas par rapport aux autres postes.

À RETENIR

Préparation :

- La préparation "maison" au gaz consomme légèrement moins d'énergie que la préparation industrielle à l'usine X.
- À l'inverse, la préparation maison à l'électricité consomme sensiblement plus d'énergie que la préparation industrielle à l'usine X.
- Mais en moyenne, et malgré que les équipements de cuisine au gaz sont plus répandus, **la préparation maison consomme légèrement plus d'énergie que la préparation industrielle.**

Autres étapes :

- **Il y a plus d'emballage dans la préparation industrielle et il faut donc plus d'énergie pour les fabriquer et les éliminer**
- Le plat préparé doit être maintenu au froid alors que la plupart des ingrédients peuvent être maintenus à température ambiante (pommes de terre, lait pasteurisé, ...). **Dès lors, la consommation d'énergie pour le maintien du froid est plus importante pour le plat préparé.**

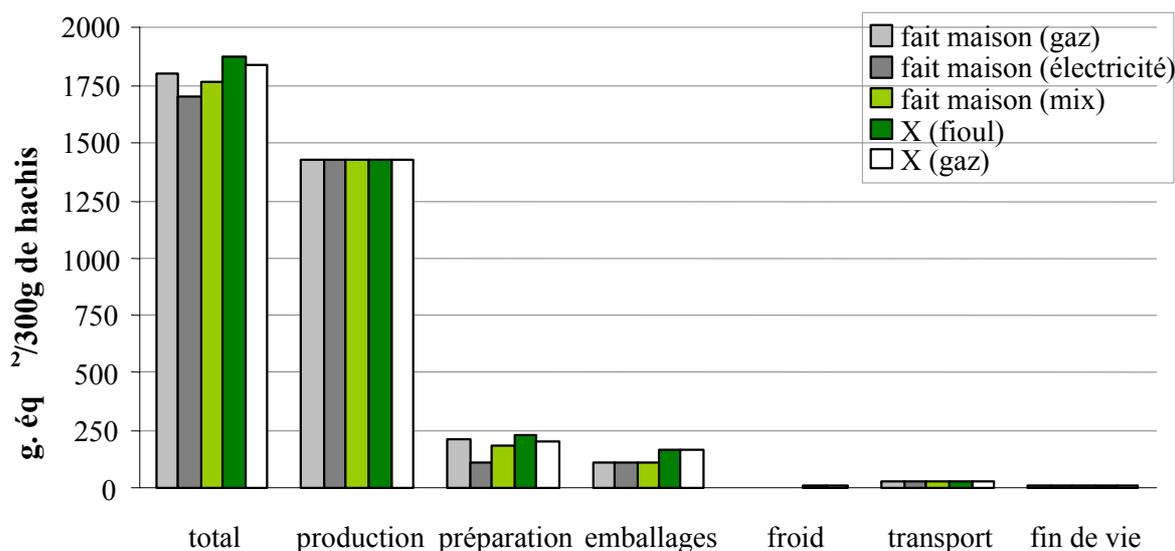
Globalement :

- **Le hachis maison consomme légèrement moins d'énergie que le X s'il est cuisiné au gaz et légèrement plus s'il est cuisiné à l'électricité**

IV.3. ÉMISSIONS DE GAZ A EFFET DE SERRE

Les émissions de gaz à effet de serre sont liées à la consommation d'énergie non renouvelable. L'analyse des différences de contribution à l'effet de serre peut donc être calquée sur celle des différences de consommation d'énergie à l'exception des éléments exposés ci-après qui concernent les étapes de production et de préparation.

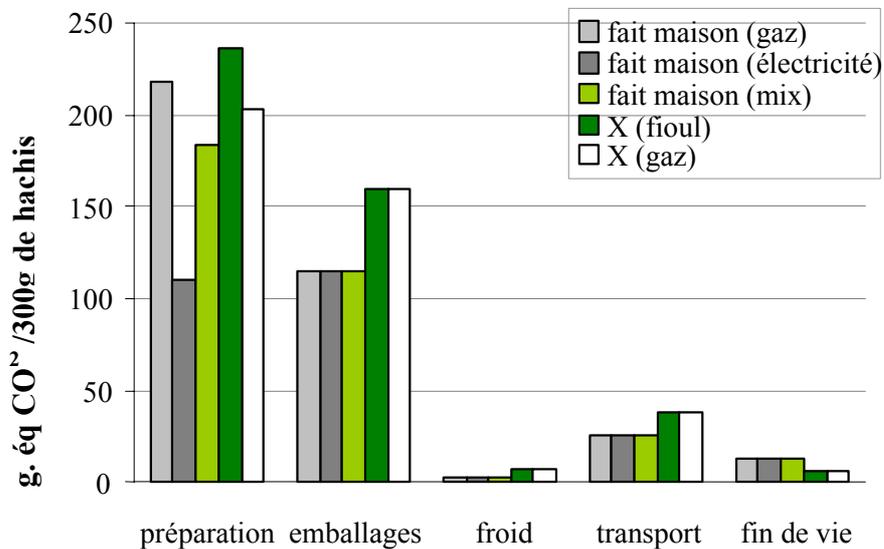
Figure 7 : Contributions à l'effet de serre à 100 ans



Alors que la consommation d'énergie non renouvelable n'était imputable "que" pour approximativement un tiers à la production des aliments de base, cette étape génère plus de 3/4 des émissions de gaz à effet de serre. Cela provient de la production importante de méthane par les ruminants, lequel est 23 fois plus puissant que le CO₂ comme gaz à effet de serre sur 100 ans. En effet, ainsi que pour la consommation d'énergie, seuls 2% des émissions de gaz à effet de serre liés à la production des aliments de base sont imputables à la production des pommes de terre.

Bien que la consommation d'énergie primaire liée à l'étape de préparation soit en moyenne (en tenant compte de la proportion de français qui cuisinent au gaz par rapport à ceux qui cuisinent à l'électricité) plus importante lorsque la préparation est réalisée par le consommateur, la préparation du hachis Parmentier X (qui tient par ailleurs compte du réchauffage au four à micro-ondes à domicile) produit plus de gaz à effet de serre que le hachis fait "maison" en raison du type de ressources utilisées. En effet, la proportion d'énergie consommée sous forme d'électricité est plus importante dans le mode de préparation "maison". Or, le mix électrique en France est constitué en grande partie d'énergie nucléaire (60% dans le mix marginal), laquelle ne génère pas (ou très peu) de CO₂, contrairement au gaz et encore plus au fioul lourd.

Figure 8 : Contributions à l'effet de serre à 100 ans hormis la contribution de la production des aliments de base



À RETENIR

La vache (à travers sa nourriture, les engrais et ses émissions de méthane) est la principale contribution du hachis Parmentier au réchauffement climatique.

Comme les quantités de lait et de viande sont identiques dans les deux cas aux pertes près, **la contribution de la production agricole à l'effet de serre est donc fort similaire pour les deux modes de préparation.**

Le choix du mode de préparation influe peu sur l'effet de serre.

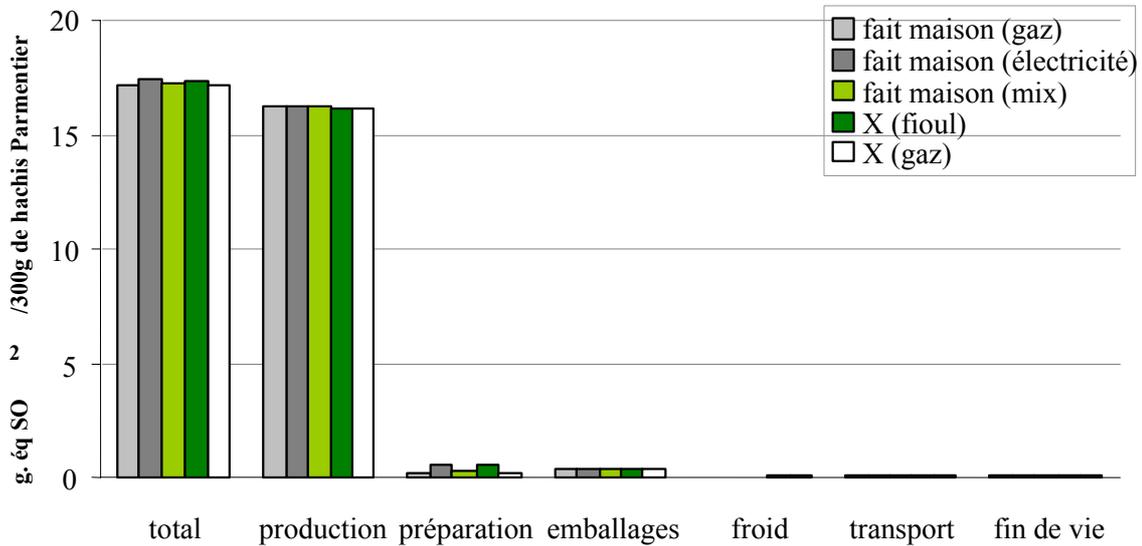
Il y a toutefois une différence qui dépend de la source principale d'énergie utilisée pour la préparation.

En particulier, la préparation "maison" à l'électricité émet moins de gaz à effet de serre.

Cela s'explique par le fait que l'électricité fournie en France est en grande partie issue du nucléaire qui émet moins de gaz carbonique que le gaz naturel.

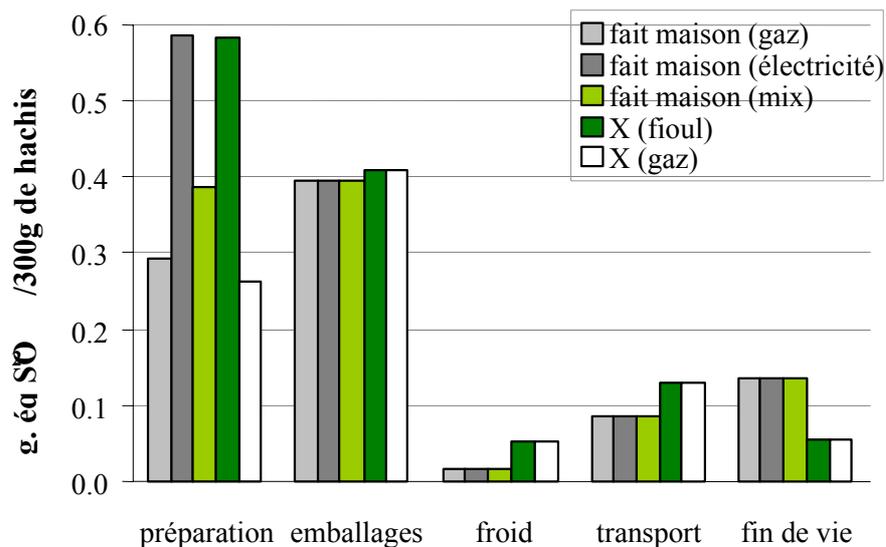
IV.4. ACIDIFICATION DE L'ATMOSPHERE

Figure 9 : Contributions à l'augmentation de l'acidification de l'atmosphère



De 93% à 94% des impacts sont imputables à la production des aliments de base. Dès lors, l'impact des deux modes de préparation sur l'acidification est très similaire.

Figure 10 : Contributions à l'augmentation de l'acidification de l'atmosphère hormis la contribution de la production des aliments de base



De la même manière que pour ce qui concerne les contributions à l'effet de serre, la différence en ce qui concerne la préparation entre le hachis fait "maison" et le hachis X est due au recours au fioul lourd dans le cadre industriel.

Par contre, le changement de l'installation de production de chaleur à l'usine de X aura pour effet de réduire l'impact de la préparation du hachis X sur l'acidification à un niveau inférieur à celui du hachis préparé à domicile, quelle que soit la source d'énergie utilisée.

La production d'électricité est responsable d'émissions d'oxydes de soufre (elles sont nulles pour le gaz), et de plus d'oxydes d'azote que le gaz.

Toutefois, sur l'ensemble du cycle de vie, il ne s'agit que d'un gain de 0,5% par rapport à la préparation "maison".

À RETENIR

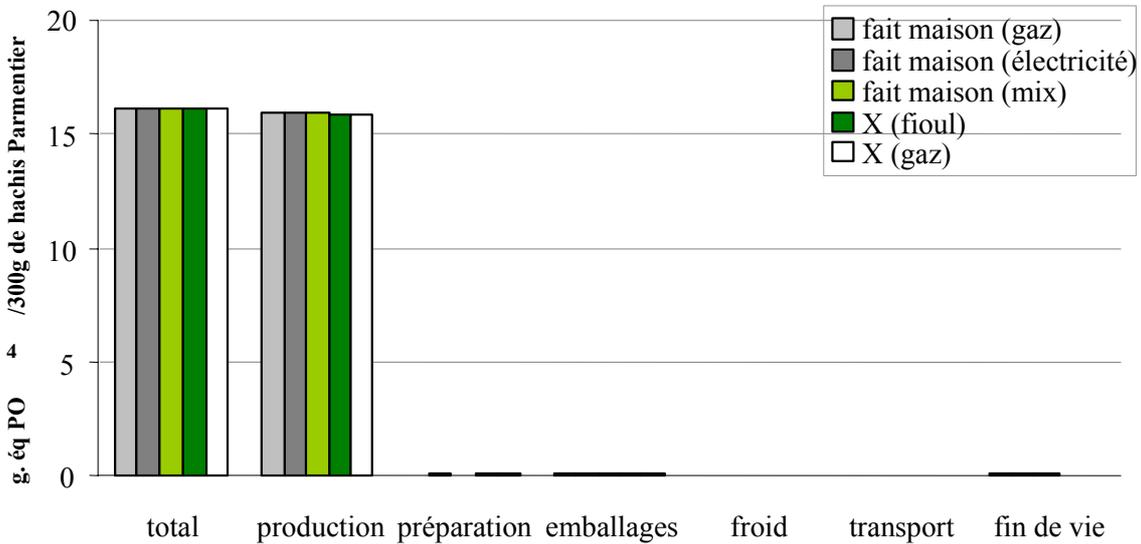
La presque totalité des impacts est imputable à la production agricole.

Comme les quantités utilisées sont identiques aux pertes prés,

les contributions à l'acidification du hachis Parmentier maison et industriel sont très similaires

IV.5. EUTROPHISATION

Figure 11 : Contributions à l'eutrophisation



La production des aliments de base représente à elle seule plus de 98,5% des impacts sur l'eutrophisation. Ces impacts sont majoritairement liés à la production de la viande et du lait (respectivement 58,5% et 38,5%) et pour 1,5% seulement aux pommes de terre.

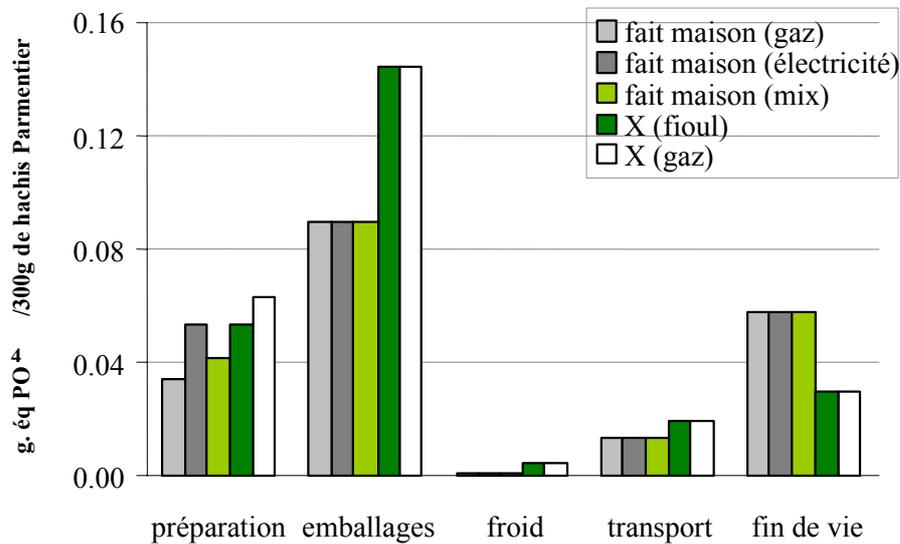
Rappelons qu'étant donné les ratios de transformation du lait pour obtenir de la crème, du beurre et de l'Emmental, il faut à peu près 950 ml de lait par portion de 300 g de hachis, alors que cette portion contient un peu moins de 50 g de viande. Cependant, les impacts liés à la production d'1 kg de viande sur l'eutrophisation sont à peu près 30 fois plus élevés que ceux d'1 kg de lait. Ceci est dû au fait que la quantité de lait que produit un bovin durant sa vie est beaucoup plus élevée que la quantité de viande.

Par ailleurs, les impacts liés à la production végétale sont extrêmement limités par rapport à la production animale.

La différence en fin de vie provient du fait que les déchets organiques générés en usine sont compostés dans une installation industrielle, alors que les déchets organiques générés lors de la préparation à domicile sont pour partie enfouis en centre de stockage, ce qui donne lieu à des émissions dans l'eau d'ammoniaque et de phosphate.

La gestion des déchets organiques générés par la préparation du hachis Parmentier maison est donc moins efficace que celles des déchets organiques occasionnés lors de la préparation industrielle dont la collecte mène à un plus haut taux de recyclage et un traitement approprié.

Figure 12 : Contributions à l'eutrophisation hormis la contribution de la production des aliments de base



À RETENIR

La presque totalité des impacts est imputable à la production agricole.
Comme les quantités utilisées sont identiques aux pertes près,
les contributions à l'eutrophisation du hachis Parmentier maison et industriel sont très similaires.

IV.6. GENERATION DE DECHETS ULTIMES

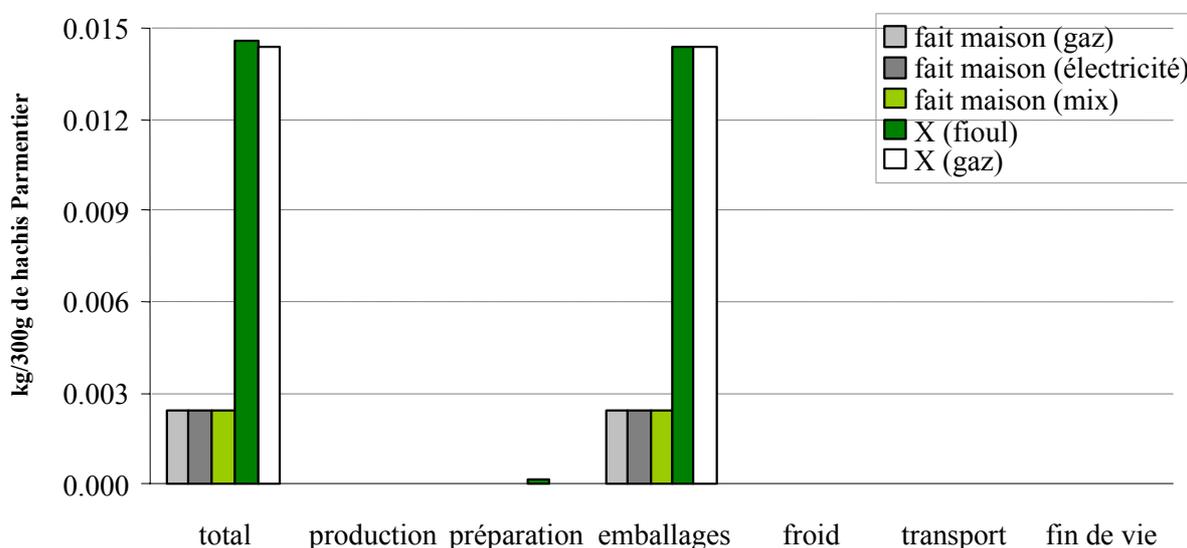
Rappelons que l'étape du cycle relative aux emballages prend en compte tant leur production que leur fin de vie. Dès lors, l'étape du cycle "fin de vie" se rapporte essentiellement à la part organique des déchets générés. Or, les déchets ultimes sont ceux qui subsistent en centre de stockage après 100 ans, donc après biodégradation complète pour ce qui concerne les déchets organiques, ce qui explique qu'il n'y a pas de déchets ultimes associés à l'étape "fin de vie".

L'impact de la biodégradation des matières organiques est quant à lui visible dans les contributions de l'étape "fin de vie" :

- ✓ à l'effet de serre à 100 ans (cf. Figure 8) en raison des émissions de méthane générées en centre de stockage
- ✓ à l'acidification (cf. Figure 10) essentiellement due aux émissions d'ammoniaque liées au compostage à domicile
- ✓ à l'eutrophisation (cf. Figure 12) due majoritairement aux émissions de phosphates et d'ammoniaque générées en centre de stockage et dans un plus faible mesure au traitement des eaux usées

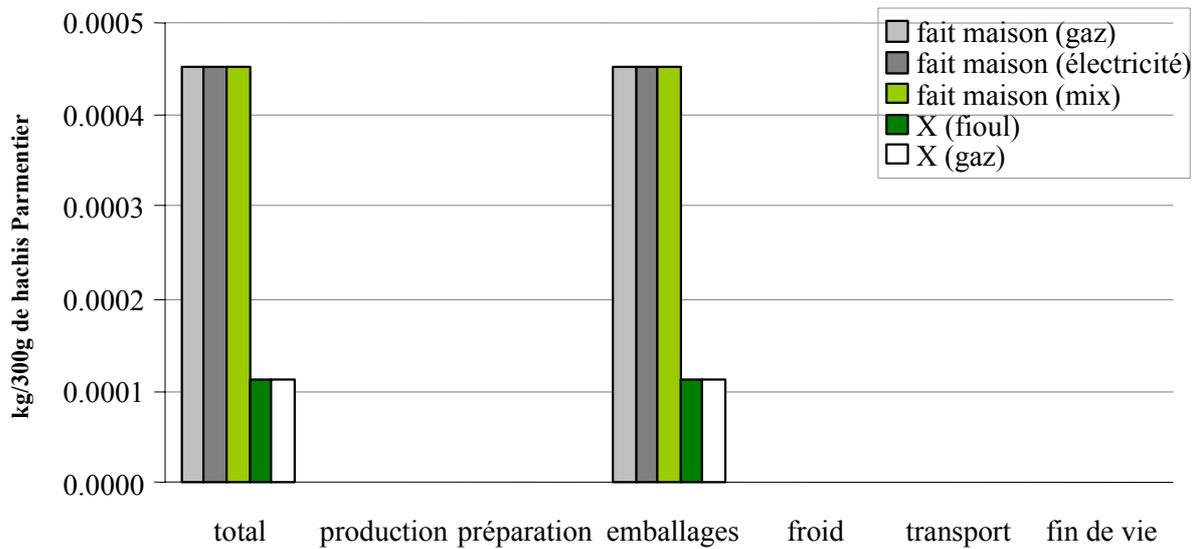
La génération de déchets finaux non dangereux est essentiellement liée à la quantité d'emballage et est donc plus importante dans le cycle du hachis X.

Figure 13 : Contributions à la génération de déchets finaux de classe 2 (déchets municipaux, assimilés et inertes)



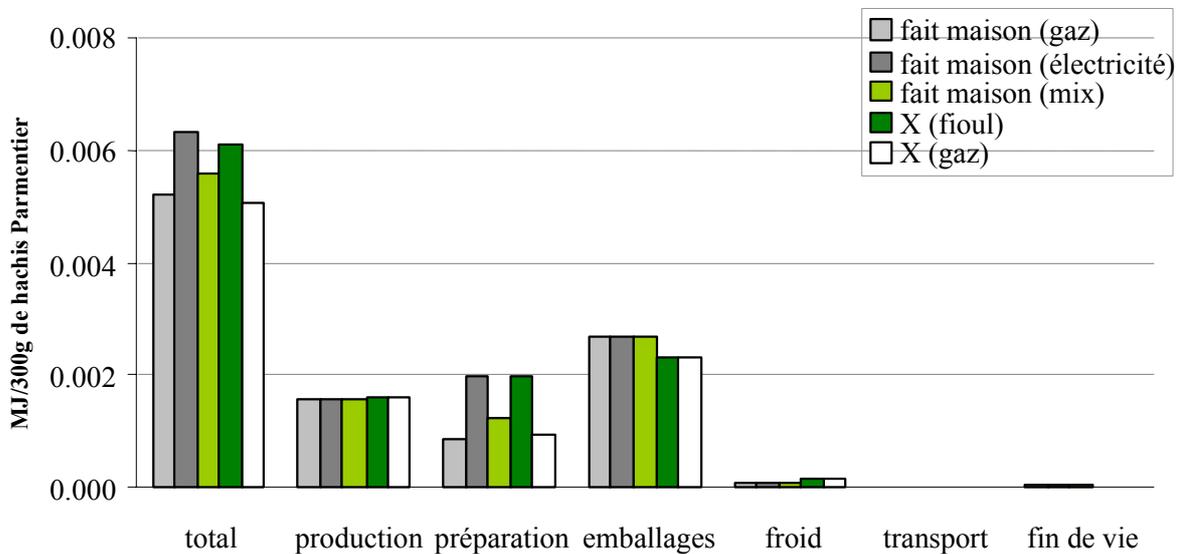
Par contre, le fait que les déchets dangereux générés au cours du cycle de vie d'un hachis Parmentier fait "maison" soient plus importants est lié à la production d'aluminium qui, comme établi précédemment entre dans la composition des emballages des ingrédients, mais pas des emballages liés à la préparation du hachis X.

Figure 14 : Contributions à la génération de déchets finaux de classe 1 (déchets dangereux)



IV.7. CONSOMMATION DES RESSOURCES MINÉRALES NATURELLES

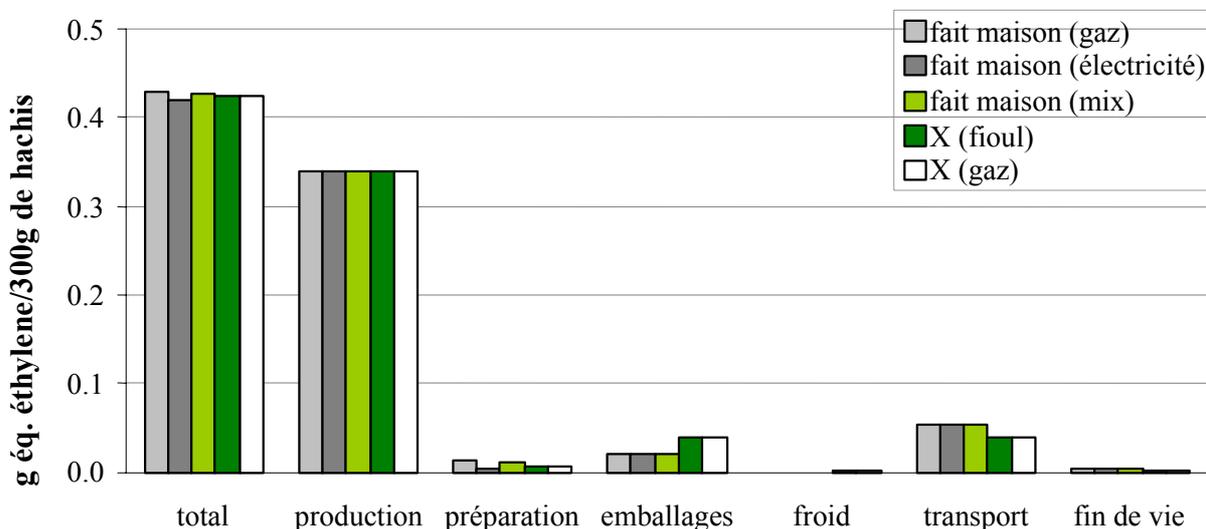
Figure 15 : Contributions à la consommation des ressources minérales naturelles



Le surplus de consommation d'énergie qui sera nécessaire pour produire ces ressources minérales est négligeable (0,006 MJ) par rapport aux quelques 20 MJ d'énergie non renouvelable consommés. L'impact de la fabrication d'une portion de 300 g de hachis Parmentier sur les ressources naturelles minérales est donc négligeable.

IV.8. FORMATION DE PHOTO-OXYDANTS (SMOG)

Figure 16 : Contributions à la formation de photo-oxydants



Quasiment tous les impacts proviennent de la production et la différence entre les deux systèmes étudiés est à peu près nulle.

Vu l'emplacement essentiellement rural des lieux d'émission (production agricole, notamment du méthane) et le caractère urbain de la problématique de la Formation de photo-oxydants (Smog), les résultats de cette catégorie d'impacts semblent peu pertinents pour la comparaison entre les systèmes.

IV.9. LA TOXICITE

Les facteurs de caractérisation utilisés pour caractériser les impacts relatifs à la toxicité humaine sont basés sur la méthodologie 'Uniform System for the Evaluation of Substances' 2.0 (USES 2.0). Ces facteurs expriment le ratio entre le potentiel de toxicité des substances et celui du 1,4-dichlorobenzène.

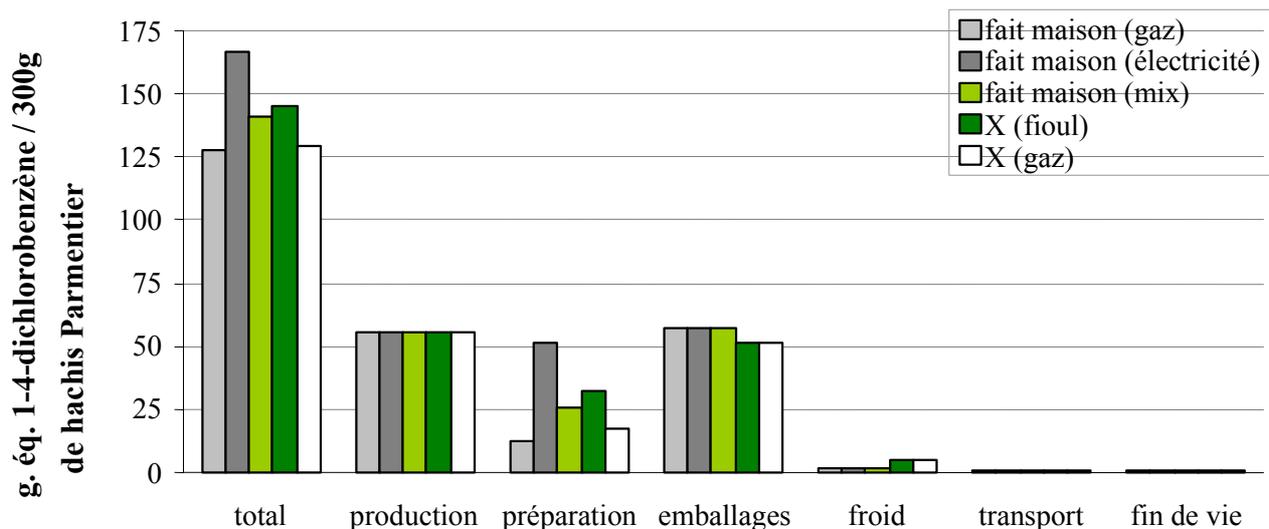
Trois éléments limitent l'utilisation de ces facteurs en vue d'une évaluation quantitative et fiable des impacts en termes de toxicité :

1. Le calcul des impacts selon la méthode ACV ne tient pas compte de l'existence éventuelle de valeurs pour lesquelles aucun effet toxique n'est observé (NOEL : No Observable Effect Level), des effets non linéaires et des synergies (et antagonismes) entre polluants.
2. Les émissions contribuant à la toxicité ont des effets à l'échelle locale ou régionale autour du lieu d'émission. L'impact dépend fortement du lieu d'émission et du milieu récepteur, en particulier de la densité des populations ou des facteurs écologiques dans le périmètre d'action de chacune des substances émises. Ces méta-données ne sont pas disponibles dans les bases de données pour en tenir compte lors des évaluations.
3. Les inventaires des procédés sont souvent très incomplets en raison du manque de disponibilité des données.

Au vu de ces limites, l'intérêt de l'évaluation des impacts sur les toxicités humaine, aquatique et terrestre est limitée et sert uniquement à faire ressortir quelles sont les émissions d'éléments toxiques potentiellement importantes au cours des différentes étapes des cycles de vie.

IV.9.1. Toxicité humaine et terrestre

Figure 17 : Contributions à la toxicité humaine

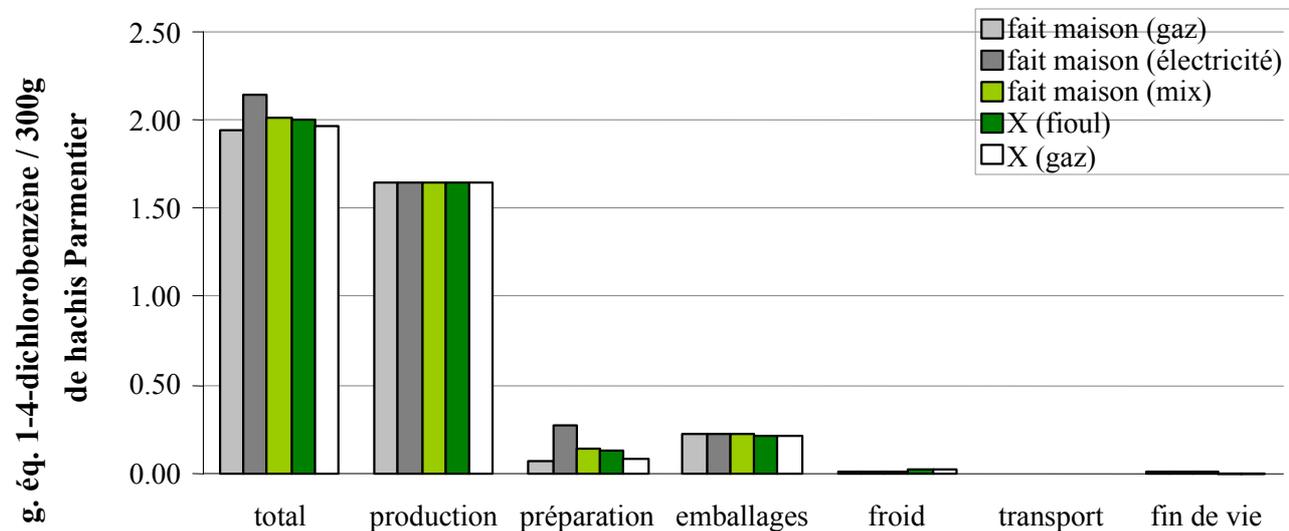


La différence à la préparation provient du combustible particulièrement impactant utilisé à l'usine de X. Si X utilise du gaz pour la cuisson, les impacts de la préparation deviendront en moyenne

moindres que ceux du hachis Parmentier "maison", notamment en raison de la plus faible consommation d'électricité du plat préparé emballé. Si l'équipement domestique est électrique, l'impact sur la toxicité humaine est beaucoup plus important en raison des émissions de chrome hexavalent et des hydrocarbures aromatiques polycycliques spécifiques des différentes sources d'énergie électrique reprises dans le mix marginal.

La part relativement importante des emballages du hachis fait "maison" sur la toxicité humaine et l'écotoxicité terrestre provient de la production d'aluminium primaire (et plus particulièrement des émissions de composés aromatiques polycycliques qui en découlent). L'aluminium entre en effet dans la composition des emballages de certains ingrédients entrant dans la fabrication du hachis Parmentier fait "maison" (notamment cartons à boissons et opercule de la crème fraîche ou du lait en bouteille).

Figure 18 : Contributions à l'écotoxicité terrestre



Les impacts liés à la production proviennent principalement des émissions de métaux lourds (surtout de mercure) liés à l'utilisation de fertilisant et à l'épandage de boues d'épuration sur les surfaces cultivées.

Les différences d'impact liés à la préparation résultent des différences en terme de consommation d'électricité, qui est responsable d'émissions de mercure et de vanadium. A défaut de données sur les lieux d'émission et de la population exposée, il est difficile d'évaluer qualitativement l'importance des effets potentiels de ces émissions.

IV.9.2. Écotoxicité aquatique

La Figure 19 montre que l'écotoxicité aquatique est dominée par les impacts liés aux emballages, en particulier :

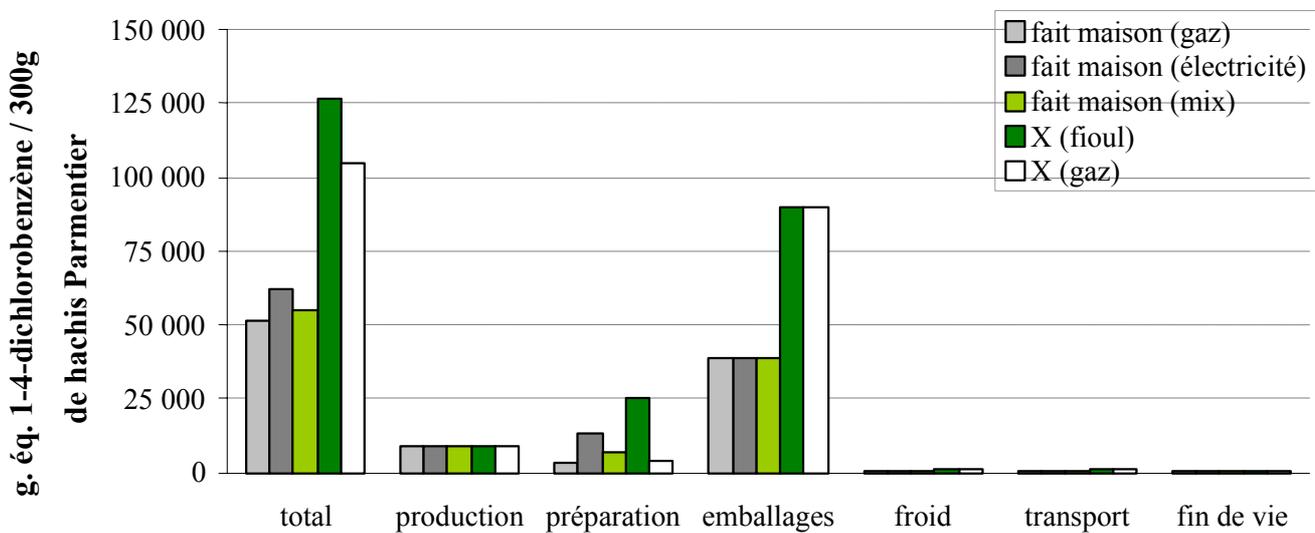
- ✓ à la fin de vie des plastiques (et surtout à l'incinération du PP et la mise en CET des plastiques en général)
- ✓ à la production de carton.

Ce sont principalement les émissions de vanadium (tri et pentavalent), de béryllium et de baryum divalent générées par ces procédés qui sont responsables de la contribution à l'écotoxicité aquatique.

Cependant, ces polluants ne sont pas spécifiquement liés à ces matériaux. Ces émissions correspondent vraisemblablement essentiellement à des émissions globales de procédés qui sont allouées aux différents matériaux traités par le procédé sans qu'il y ait un lien direct entre la présence des plastiques et les émissions.

La différence d'impact entre les deux modes de préparation provient donc des différences de quantités de plastiques et de cartons utilisées au cours du cycle de vie du hachis Parmentier X et de celui préparé par le consommateur (cf. Tableau 7).

Figure 19 : Contributions à l'écotoxicité aquatique



Pour ce qui est de la préparation, ce sont également les émissions de vanadium qui sont responsables des différences de toxicité aquatique

- entre la préparation "maison" au gaz et à l'électricité
- entre la chaudière au fioul et la chaudière au gaz pour la préparation industrielle de la vapeur

V. ANALYSE DE SENSIBILITE

V.1. L'ANALYSE DE SENSIBILITE AVEC RANGELCA

Les fonctionnalités du logiciel "RangeLCA" permettent de traiter directement les deux sources de variabilité des résultats d'une ACV :

- variabilité des situations rencontrées (chaudières au gaz et à l'électricité)
- variabilité due à l'incertitude sur les données (consommation de froid dans les linéaires)

En pratique, le logiciel prend en compte l'ensemble des valeurs comprises entre les deux valeurs extrêmes en attribuant une probabilité d'occurrence à chaque valeur.

Ainsi par exemple, si on a 3 lignes de production.

ligne	Capacité (kt/an)	Consommation (MJ/t)
1	50	1500
2	30	2500
3	20	3000

On modélisera une distribution où la consommation est de 1500 MJ/t dans 50% des cas, 2500 MJ/t dans 30% des cas et 3000 MJ/t dans 20% des cas. Les divers cas co-existent et sont chacun représentatifs d'une situation réelle.

Si par contre on doit modéliser une donnée unique mais connue avec incertitude (par exemple la part de la consommation de mazout qui sert à produire de la vapeur pour les hachis Parmentier chez X), on considère une distribution (dans ce cas-ci une Normale) qui reflète cette incertitude : la valeur moyenne, 1,85 MJ/plat, est calculée sur base massique (répartition de la consommation totale entre tous les plats proportionnellement au poids des plats) et on considère un écart-type relatif reflétant notre estimation que la probabilité est de 95% que cette part soit comprise dans l'intervalle 1,85 MJ/plat +/-35%.

Toutes les valeurs pour lesquelles il y a une variabilité de situation ou une incertitude sont modélisées avec une distribution de probabilité et sont appelées "paramètres".

Le classement des résultats en fonction des paramètres permet de montrer la sensibilité des résultats par rapport à chaque paramètre et pour chaque catégorie d'impacts. Le logiciel calcule automatiquement le coefficient de corrélation des résultats vis-à-vis de chacun des paramètres et les classe par ordre d'importance décroissante pour chaque catégorie d'impacts. L'analyse des paramètres est donc exhaustive pour toutes les valeurs variables. Mieux même, cette analyse tient compte des effets conjugués des variations ainsi que des éventuelles corrélations entre paramètres.

V.2. LES SOURCES D'ENERGIE (CHAUDIERE INDUSTRIELLE ET CUISINIERE) ETUDIEES DANS LES SCENARIOS

Les résultats présentés au chapitre IV montrent la variabilité des situations :

- Les résultats du hachis Parmentier "maison" distinguent 3 cas : la cuisinière électrique, la cuisinière au gaz et un mélange de ces deux cas (situation moyenne tenant compte des proportions respectives de ces équipements en France).
- D'autre part, étant donné les perspectives de raccordement au gaz de l'usine de production de X et la volonté du groupe de modifier son équipement de production de vapeur au profit d'une chaudière au gaz, cette situation a également été comparée à la situation existante pour laquelle la vapeur est produite par une chaudière au fioul.

Tous les graphes de résultats montrent ces 5 cas. La sensibilité à ces paramètres n'est donc plus rediscutée ici.

V.3. VARIABILITES ET INCERTITUDES PRISES EN COMPTE

Pour l'analyse de sensibilité qui fait l'objet du présent chapitre, les incertitudes suivantes ont été prises en compte, de manière à pouvoir observer les impact des combinaisons de leurs variations sur la consommation d'énergie non renouvelable et sur l'effet de serre.

V.3.1. Variations prises en compte pour le hachis Parmentier "maison":

- ✓ Les déchets organiques produits lors de la préparation dont la quantité suit une distribution uniforme de 3,83 à 4,9 g
- ✓ Le gaspillage alimentaire des ingrédients :
distribution Normale centrée sur 6% et dont 95% des valeurs sont situées entre 1,9% et 10,1%
- ✓ Les consommations d'électricité nécessaires à la préparation d'un hachis qui dans la moitié des cas est réalisé à base de flocons et pour l'autre moitié à base de pommes de terre :
 - *flocons* : distribution Normale centrée sur 0,63 kWh_{él} et dont 95% des valeurs sont situées entre 0,41 et 0,84 kWh_{él}
 - *pommes de terre* : distribution Normale centrée sur 0,83 kWh_{él} et dont 95% des valeurs sont situées entre 0,55 et 1,11 kWh_{él}
- ✓ La consommation de gaz nécessaire à la préparation d'un hachis qui dans la moitié des cas est réalisé à base de flocons et pour l'autre moitié à base de pommes de terre :
 - *flocons* : distribution Normale centrée sur 0,062 Nm³ et dont 95% des valeurs sont situées entre 0,041 et 0,083 Nm³
 - *pommes de terre* : distribution Normale centrée sur 0,084 Nm³ et dont 95% des valeurs sont situées entre 0,055 et 0,110 Nm³
- ✓ La distance moyenne d'acheminement des ingrédients pour parvenir aux entrepôts X :
distribution Normale centrée sur 275 km et dont 95% des valeurs sont situées entre 250 et 300 km

V.3.2. Variations prises en compte pour le hachis Parmentier X

- ✓ La consommation de fioul ou de gaz nécessaire à la préparation d'une barquette :
 - *fioul* : distribution Normale centrée sur 0,045 litres, dont 95% des valeurs sont situées entre 0,025 et 0,065 litres
 - *gaz* : distribution Normale centrée 0,053 Nm³ de gaz, dont 95% des valeurs sont situées entre 0,029 et 0,077 Nm³
- ✓ La distance de livraison des entrepôts X : distribution uniforme de 400 à 500 km

V.3.3. Variations prises en compte pour les deux modes de préparation

- ✓ La quantité de pommes de terre nécessaire pour fabriquer 1kg de flocons :
distribution uniforme de 6 à 7 kg
- ✓ La quantité de lait nécessaire pour fabriquer 1kg de lait en poudre :
distribution uniforme de 9,5 à 10,5 litres
- ✓ La quantité de lait nécessaire pour fabriquer 1kg de crème fraîche :
distribution uniforme de 8,5 à 9,5 litres
- ✓ La quantité de lait nécessaire pour fabriquer 1kg de beurre :
distribution uniforme de 21 à 23 litres
- ✓ La quantité de lait nécessaire pour fabriquer 1kg d'Emmental :
distribution uniforme de 11,76 à 16,67 litres
- ✓ La distance parcourue par les camions X entre les entrepôts X et les magasins X :
distribution Normale centrée sur 111 km et dont 95% des valeurs sont situées entre 84 et 138 km
- ✓ La distance parcourue par les transporteurs privés entre les entrepôts X et les magasins X :
distribution Normale centre sur 315 km et dont 95% des valeurs sont situées entre 180 et 450 km

Dans les graphes présentés ci-dessous, chaque point correspond à un calcul complet de l'arbre, où, pour chaque paramètre, une valeur fixe est générée aléatoirement sur base des distributions de probabilité ci-dessus. Les concentrations de points sur les graphes correspondent donc des résultats plus probables que les résultats des points isolés.

V.4. CONSOMMATION ENERGETIQUE

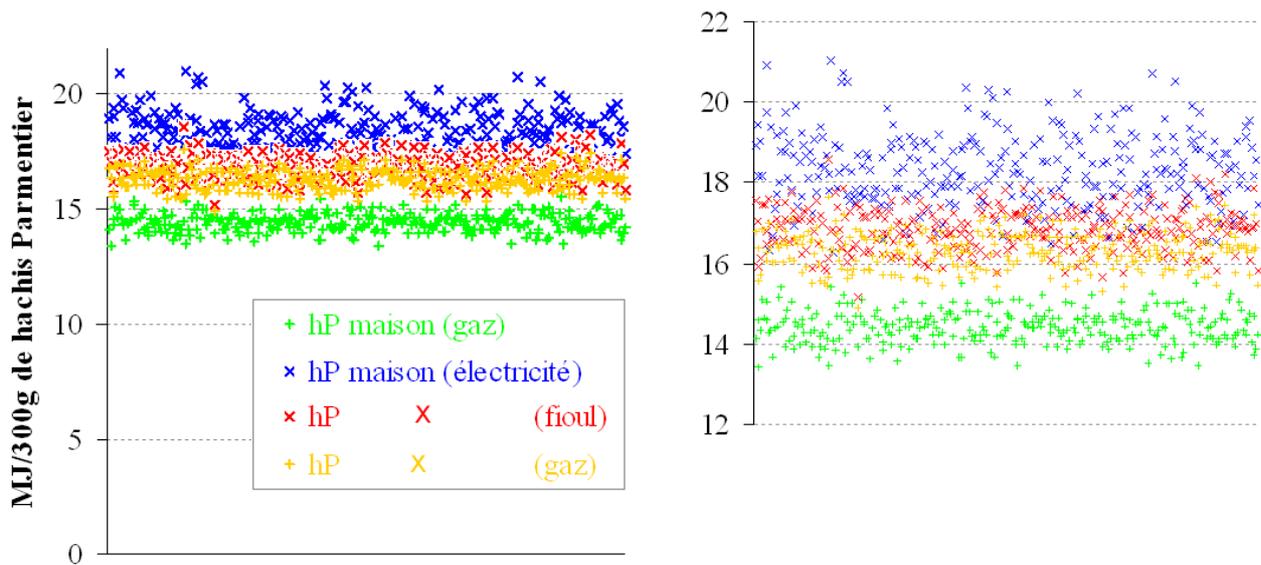
Dans la Figure ci-dessous, chaque point représente une combinaison de valeurs prises par les paramètres (sources d'incertitude) pré-cités.

Pour chacune de ces combinaisons, la préparation "maison" au gaz est celle qui consomme moins d'énergie, confirmant les résultats présentés à la

Figure 6. Ainsi qu'établi précédemment, on voit que le hachis "maison" à l'électricité consomme d'office plus d'énergie non renouvelable que la préparation au gaz.

Entre les deux se situent les combinaisons de valeurs relatives à la préparation industrielle. Ce qui différencie ces deux cas concerne la production de vapeur. Mais une part de l'énergie nécessaire à la préparation industrielle du hachis est consommée sous forme d'électricité (plus de 40%), que la vapeur soit produite au départ de fioul ou de gaz (cf. Tableau 2). De ce fait, les points qui représentent des combinaisons des différentes variations prises en compte pour les cas X fioul et gaz sont plus resserrés que ceux qui représentaient les cas de préparation "maison" au gaz et à l'électricité.

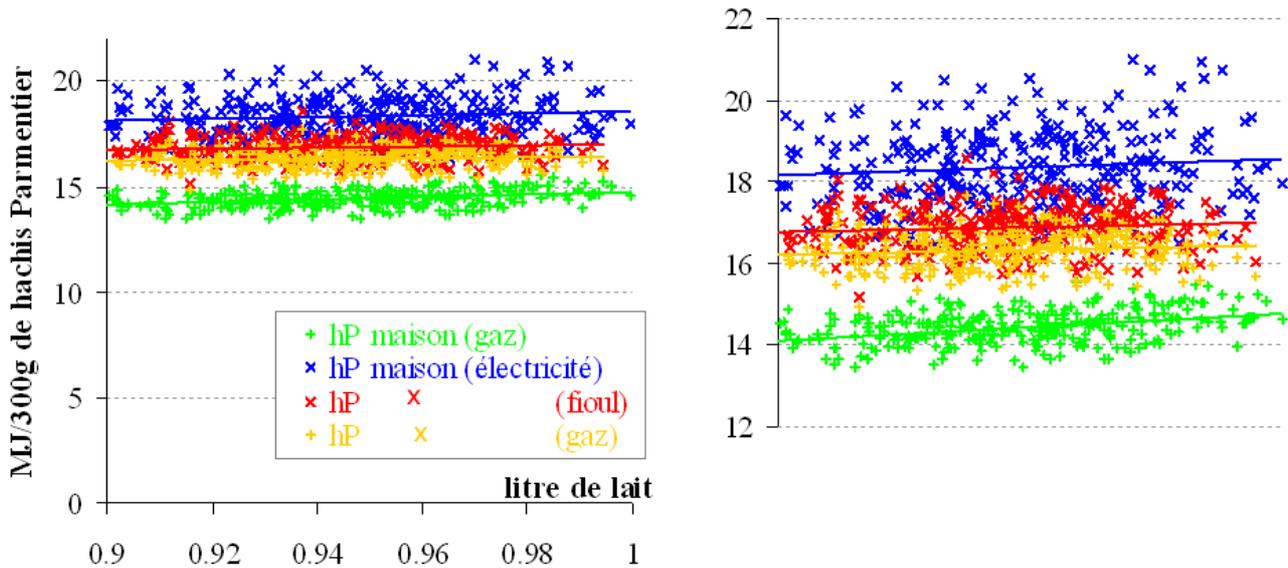
Figure 20 : Analyse de sensibilité de la consommation d'énergie non renouvelable



Le calcul des coefficients de corrélation des résultats vis-à-vis de chacun des paramètres par le logiciel et leur classement par ordre d'importance décroissante a fait ressortir les variations de quantité de lait comme étant l'élément qui influence le plus la consommation d'énergie après les sources d'énergie utilisées pour la préparation.

Dans la Figure 21, les combinaisons de variations prises en compte ont été portées en fonction de la quantité de lait qu'il a fallu pour obtenir les quantités ad hoc de lait en poudre, de crème fraîche, de beurre, et d'Emmental. Il apparaît qu'en augmentant la quantité de lait de 100 ml, la consommation d'énergie augmente de 0,25 et 0,66 MJ.

Figure 21 : Analyse de sensibilité de la consommation d'énergie non renouvelable en fonction de la quantité de lait nécessaire à la préparation des ingrédients



On voit donc que globalement, les résultats sont stables pour toutes les valeurs des paramètres étudiés. Les conclusions présentées sont donc très robustes du point de vue de la consommation de ressources énergétiques non renouvelables.

V.5. ÉMISSIONS DE GAZ A EFFET DE SERRE

Les analyses de sensibilité des contributions à l'effet de serre présentent le même profil que celles de la consommation d'énergie non renouvelable, excepté que l'électricité, qui était la source la plus importante en terme de consommation de ressources d'énergie, est celle qui contribue le moins à l'effet de serre en raison de la proportion élevée d'énergie nucléaire qui émet moins de CO₂.

Figure 22 : Analyse de sensibilité des contributions à l'effet de serre à 100 ans

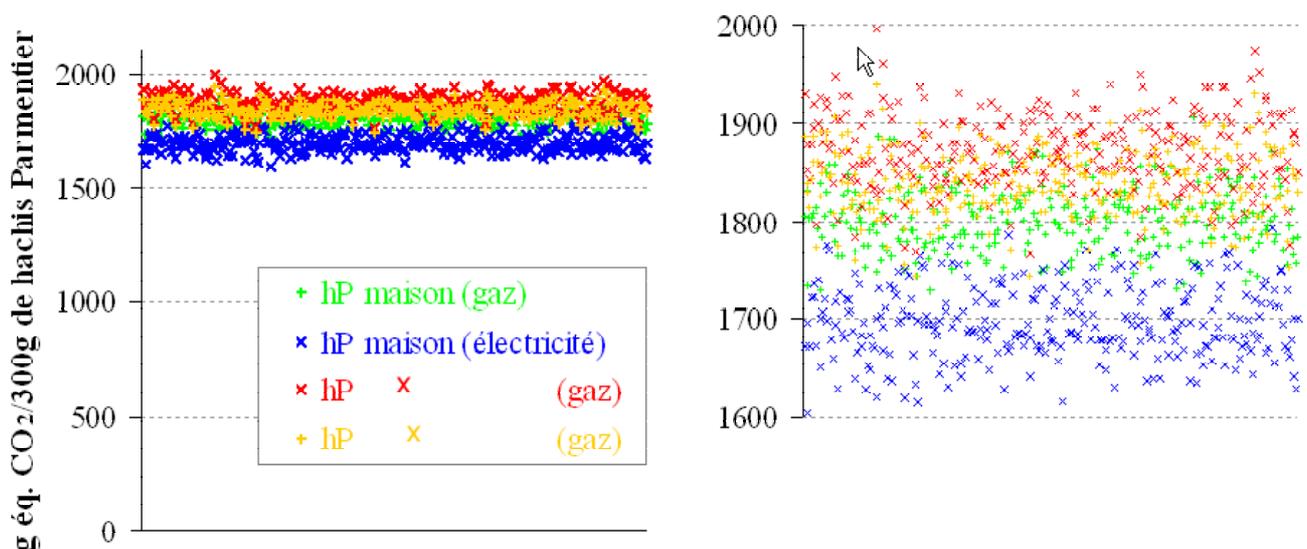
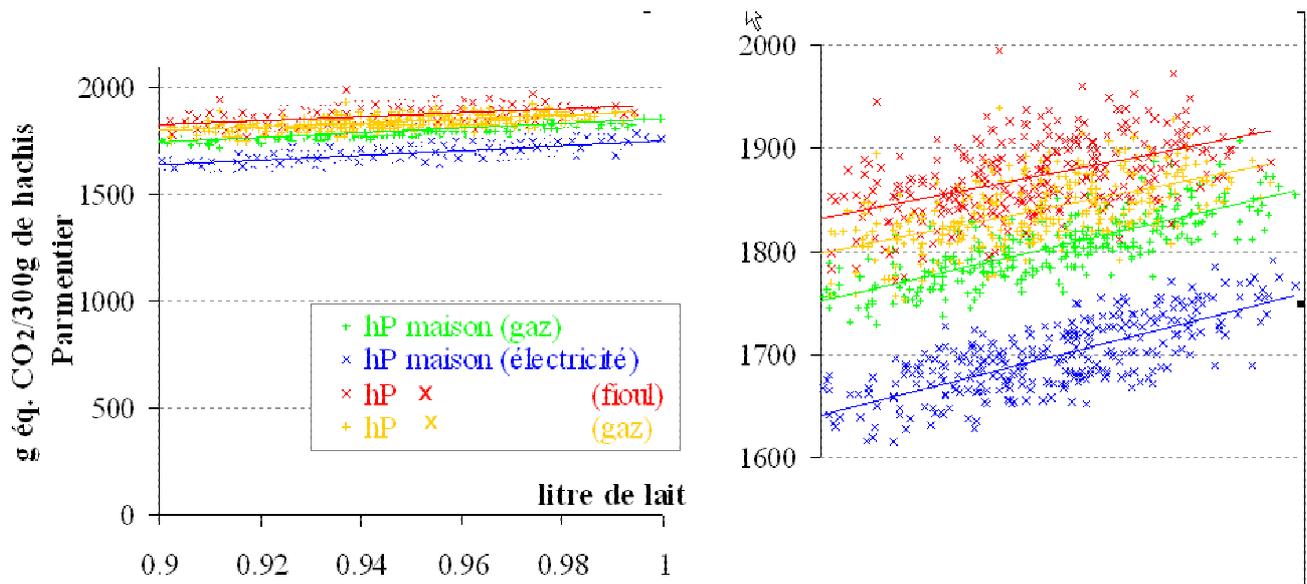


Figure 23 : Analyse de sensibilité des contributions à l'effet de serre à 100 ans en fonction de la quantité de lait nécessaire à la préparation des ingrédients



On voit que le hachis Parmentier préparé en cuisinière électrique est responsable d'un peu moins d'émissions de gaz à effet de serre que les autres pour toutes les combinaisons de paramètres. L'écart est faible mais significatif.

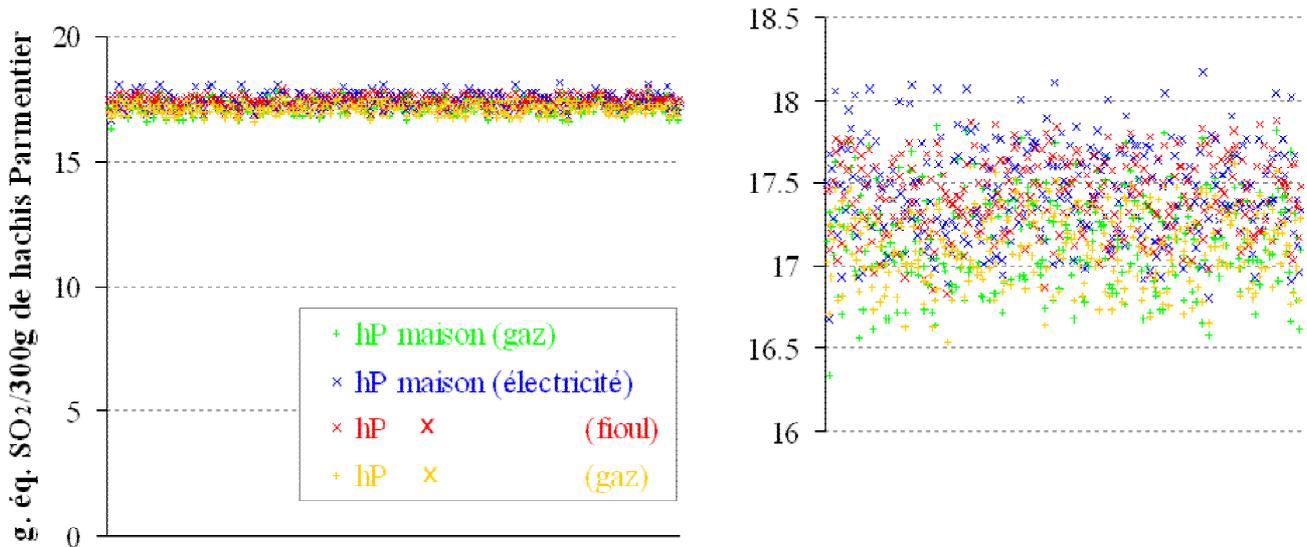
Le hachis Parmentier préparé en cuisinière au gaz est :

- légèrement meilleur que le X avec chaudière fioul pour toutes les combinaisons de paramètres. L'écart est donc faible mais significatif.
- en général très légèrement meilleur que le X avec chaudière gaz mais ce n'est pas systématique et les écarts ne sont pas significatifs.

V.6. ACIDIFICATION DE L'ATMOSPHERE

Dans la Figure 24, il apparaît que les points forment un nuage étroit duquel il ne ressort aucune tendance.

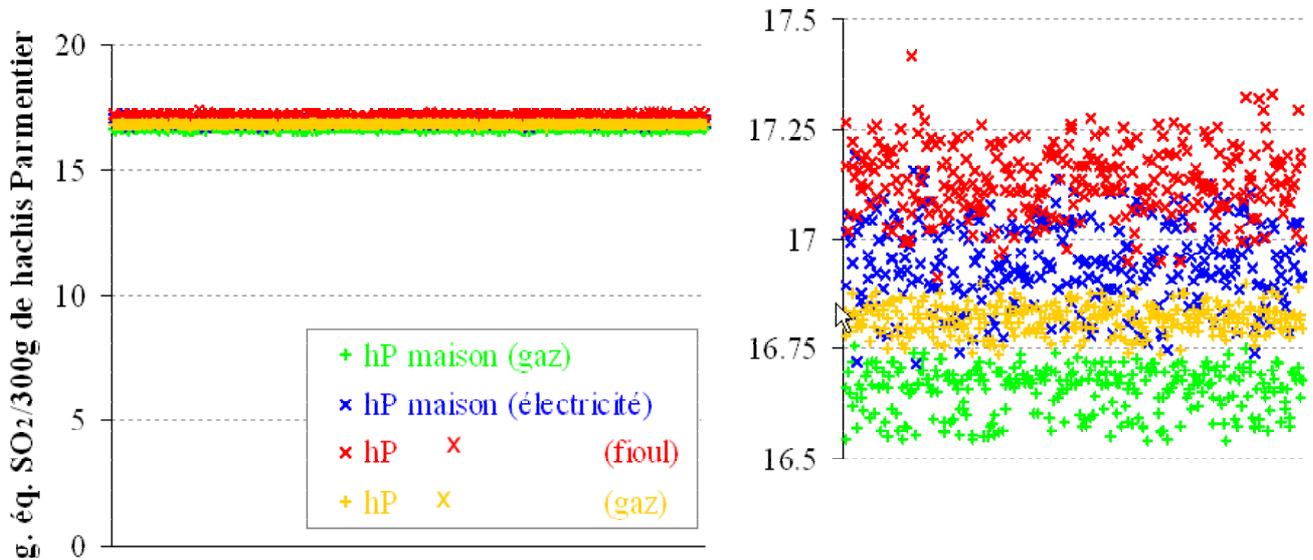
Figure 24 : Analyse de sensibilité des contributions à l'acidification de l'atmosphère



En fixant les valeurs relatives aux denrées alimentaires (ratios de transformation du lait en poudre, de la crème fraîche, du beurre, de l'Emmental et des flocons de pommes de terre, les quantités de déchets organiques et les pertes ou gaspillage alimentaire), la distribution de points se resserre encore entre 16,5 et 17,4 g eq. SO₂ par 300 g de hachis préparé (cf. Figure 25).

Les différents niveaux sur lesquels se répartissent les points correspondent alors aux différentes sources d'énergie servant à la préparation du hachis. Le fioul est la ressource qui présente l'impact le plus lourd en terme d'acidification de l'atmosphère. L'électricité vient ensuite en raison des émissions d'oxydes de soufre négligeables pour le gaz et des émissions plus importantes d'oxydes d'azotes que le gaz. Toutefois, ces marges ne représentent que 3% des contributions totales.

Figure 25 : Analyse de sensibilité des contributions à l'acidification de l'atmosphère en l'absence de variations portant sur les aliments

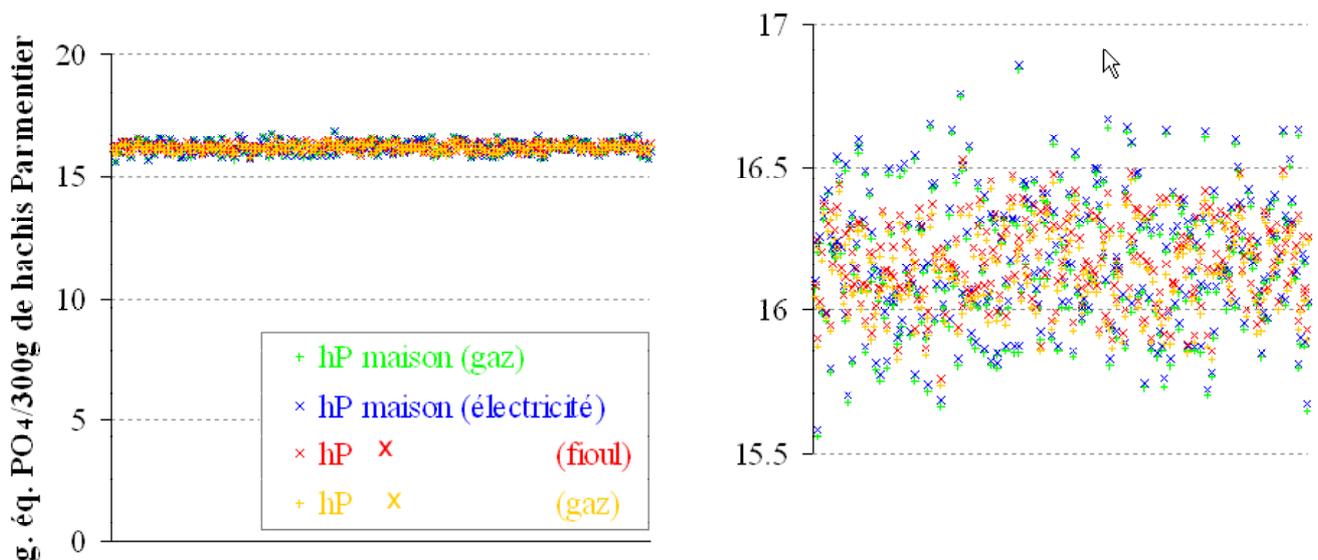


Vu l'étroitesse des écarts dans tous les cas, les différents plats étudiés sont donc équivalents de ce point de vue et les résultats sont très stables.

V.7. EUTROPHISATION

Dans la Figure 26, il apparaît que les points forment un nuage duquel il ne ressort aucune tendance.

Figure 26 : Analyse de sensibilité des contributions à l'eutrophisation



Les différents plats étudiés sont donc équivalents de ce point de vue et les résultats sont très stables.

VI. NORMALISATION DES RESULTATS

Comme indiqué dans la norme ISO 14042 section 6.2, la normalisation a pour but de faire mieux percevoir l'amplitude relative des résultats obtenus pour les différentes catégories d'impact en les exprimant par rapport à des données de référence. Cette norme ISO définit la normalisation comme "une procédure qui transforme un résultat d'indicateur en le divisant par une valeur de référence choisie. Cette valeur correspond aux émissions ou consommations totales pour une zone définie et peut être exprimée par habitant et par an".

C'est ce type de normalisation qui a été adopté dans le cadre de cette étude, qui exprime l'impact en terme de proportion de l'impact généré par un habitant pendant un an.

Comme établi précédemment, les photos-oxydants émis au cours des deux cycles de vie sont essentiellement liés à la production des denrées alimentaires de base, laquelle intervient en milieu rural alors que la formation de smog est une problématique urbaine. Par ailleurs, des réserves ont été émises quant aux valeurs absolues des impacts relatifs à la toxicité (cf. IV.9). Il est par conséquent peu pertinent de normaliser les impacts de ces catégories. La normalisation concerne donc les 6 catégories ci-dessous.

Tableau 13 : Normalisation des catégories d'impact ¹⁹

catégorie d'impact	unités	échelle nationale pour la France (*)
consommation d'énergie	GJ/hab.an	166
augmentation de l'effet de serre	t éq. CO ₂ /hab.an	8.7
acidification de l'air	kg éq. SO ₂ /hab.an	60.8
eutrophisation	kg éq. PO ₄ /hab.an	13
déchets résiduels classe I	kg déchets/hab.an	14.5
déchets résiduels classe II	kg déchets/hab.an	399

(*) échelle fondée sur les données annuelles de consommations ou d'émissions nationales divisées par le nombre moyen d'habitants en France (selon le recensement INSEE 99)

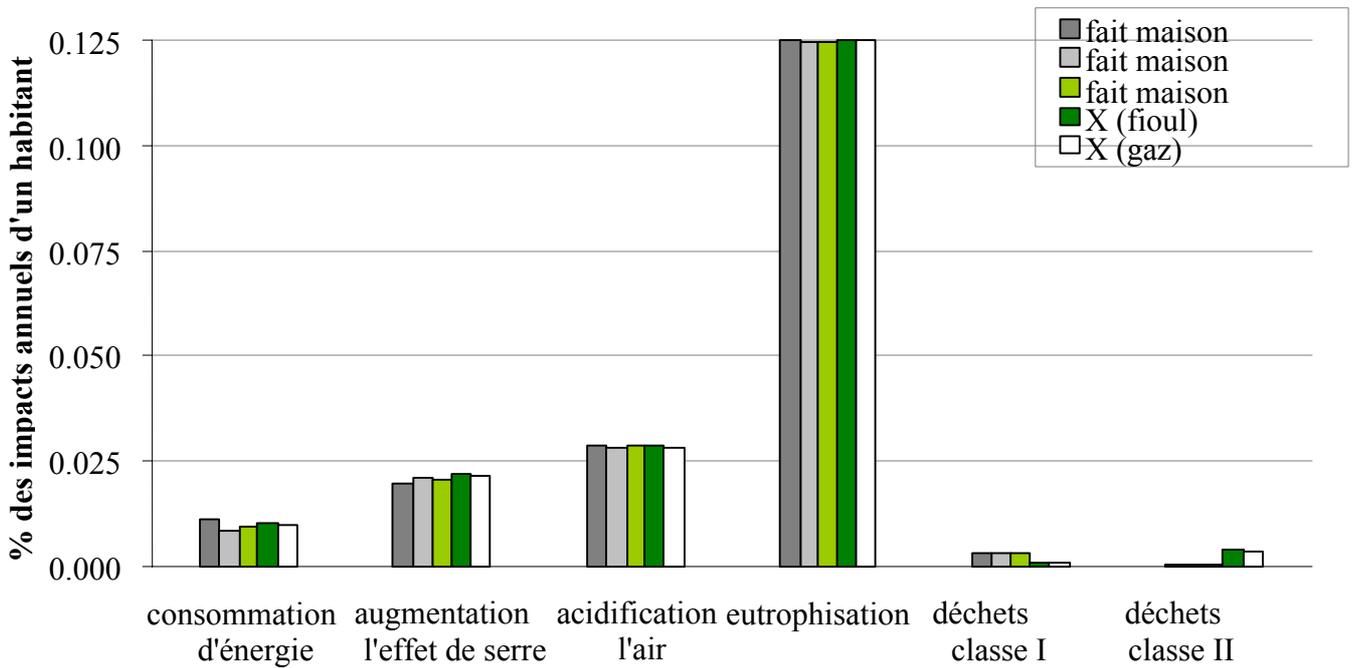
Sources nationales de données : IFEN, CITEPA, ADEME, CEA

La Figure 27 montre que, rapportés à l'échelle nationale, les impacts liés au cycle de vie de 300 g de hachis Parmentier relatifs à ces six catégories d'impact représentent des proportions fort différentes des valeurs de consommations et d'émissions nationales annuelles par habitant de la France :

- 1/800 pour l'eutrophisation
- 1/3.500 pour l'acidification de l'air
- entre 1/5.130 et 1/4.650 pour l'augmentation d'effet de serre
- entre 1/11.500 et 1/9.050 pour la consommation de ressources énergétiques non renouvelables.
- 1/143.650 et 1/28.100 pour les déchets ultimes (classe 1 et classe 2)

¹⁹ Source : "Déchets ménagers : leviers d'améliorations des impacts environnementaux" - page 52 (étude réalisée de mars 2000 à mars 2001 par les cabinets BIO Intelligence Service et Ecobilan-PricewaterhouseCoopers pour l'ADEME et ECO-EMBALLAGES) - rapport téléchargeable à l'adresse : <http://www.ecoemballages.fr/cache/media/orig/9449.pdf>

Figure 27 : Contribution normalisée des différentes catégories d'impacts



On voit que les deux plus fortes contributions concernent des catégories où les différences entre le plat X et le plat maison sont minimales (l'eutrophisation et l'acidification de l'air).

Viennent ensuite l'augmentation d'effet de serre et la consommation de ressources énergétiques non renouvelables. Si tous les repas chauds avaient le même impact que le hachis Parmentier, à raison de 2 repas chauds par jour (soit 730 par an), les repas chauds seraient responsables de 6,3 à 8,1% de la consommation de ressources énergétiques non renouvelables et de 14,2 à 15,7% des émissions de gaz à effet de serre.

VII. CONCLUSIONS

Conclusion 1 : La production des aliments de base est la principale source d'impacts

Elle contribue pour :

- 41% à 44% à la consommation de ressources énergétiques non renouvelables
- 76% à 81% à la production de gaz à effet de serre
- 93% à 94% à l'acidification
- plus de 98,5% à l'eutrophisation

Dès lors, les pertes de denrées au cours du cycle de vie sont un facteur clé pour la comparaison.

Conclusion 2 : Les différences environnementales entre le hachis Parmentier maison et le hachis Parmentier X sont minimes

Comme la production agricole des aliments de base est la principale source d'impacts et que les pertes d'aliments des deux systèmes sont limitées, les différences sont réduites.

Les principales différences techniques qui ont une influence (réduite) sur les résultats sont :

- ✓ La cuisson industrielle est en moyenne (en tenant compte de la répartition des ménages qui cuisinent au gaz et à l'électricité) un peu moins énergivore qu'une cuisson à domicile (à petite échelle). Cette différence sera accentuée le jour où la chaudière industrielle de X fonctionnera au gaz plutôt qu'au fioul lourd.
- ✓ Les cuisinières électriques consomment plus de ressources énergétiques non renouvelables mais émettent moins de gaz à effet de serre (sous réserve de la validité de la détermination du mix électrique marginal, basé sur 60% de nucléaire, mais qui serait proche de 0% si on renonce à construire de nouvelles centrales nucléaires)²⁰.
- ✓ Il y a plus d'emballages pour le plat préparé, en particulier parce que les pommes de terre (ingrédient principal) sont peu emballées
- ✓ La gestion des déchets est plus efficace pour le plat préparé car la collecte industrielle des déchets mène à un plus haut taux de recyclage et un traitement approprié pour les déchets organiques.
- ✓ La consommation d'énergie pour le maintien de la chaîne de froid est plus basse pour le plat fait maison car la plupart des ingrédients ne doivent pas être conservés au froid (lait pasteurisé, pommes de terre).

Conclusion 3 : Le comportement du consommateur joue un rôle important

Le comportement du consommateur influence la comparaison entre autre de la façon suivante :

- ✓ Comme la production des denrées est la source principale d'impacts environnementaux, les pertes de produits doivent être limitées le plus possible.
- ✓ Il existe de nombreuses différences en termes de cuisson :
 - Les cuisinières électriques consomment plus d'énergie primaire mais émettent moins de gaz à effet de serre que celles au gaz
 - La durée de cuisson et l'intensité du chauffage sont variables

²⁰ Rappelons que cette étude n'a pas pour objet de se prononcer quant à une préférence environnementale pour un type de cuisinière à domicile.

VIII. RECOMMANDATIONS

VIII.1. RECOMMANDATIONS A X

Recommandation 1 : Limiter les pertes alimentaires

Vu l'importance des impacts de la production des aliments de base, la minimisation des impacts environnementaux tient à la limitation des pertes qui interviennent au sein de l'usine : dépôt de fond d'emballage, pertes à la préparation et au remplissage des barquettes y compris les excédents de production, dépassement des dates de péremption ou rupture de la chaîne du froid, chute de palettes...

Recommandation 2 : Remplacer les chaudières au fioul lourd par des chaudières au gaz

Le remplacement, prévu pour 2007, des chaudières au fioul lourd par des chaudières au gaz pour la chaufferie de X aura des répercussions positives sur toutes les catégories d'impact. Cependant, le changement n'est pas spectaculaire sur le total en raison du poids important de la production des aliments.

Recommandation 3 : Chercher à réduire la quantité de carton dans les emballages

Le poids de la barquette est de 23 g (21 g de PP et 2 g de film OPP) tandis que le fourreau pèse 15 g et la cagette 29 g par barquette (116 g pour 4 barquettes). Le poids de carton (44g) est fort élevé (presque le double) par rapport au poids de la barquette proprement dite. Un ratio inverse est plus habituel dans les systèmes performants (poids de carton = 60% du poids de l'emballage primaire plastique).

Recommandation 4 : Chercher à réduire les emballages pour optimiser la palettisation

Les mêmes barquettes étant utilisées pour plusieurs références, le taux de remplissage est, pour certains plats comme pour le hachis Parmentier, relativement faible. Les avantages de cette standardisation sont indéniables : les étapes de la ligne de production vouées à l'emballage ne doivent subir aucune modification lors des changements fréquents de référence à produire, qu'il s'agisse de l'emballage primaire (la barquette et le film qui la recouvre), secondaire (cagette) ou encore de la palettisation.

Toutefois, une palette complète de barquettes de hachis Parmentier pèse 401 kg alors que le hachis a une densité proche de 1 (soit 1000kg par m³).

D'autres références de l'usine sont présentées dans d'autres conditionnements. Adapter les emballages primaires à chaque contenant représenterait à n'en pas douter un défi logistique, mais permettrait :

- ✓ d'améliorer considérablement la palettisation des références et donc de diminuer les besoins en transport (de X vers les entrepôts des distributeurs mais aussi chez les distributeurs, voire le consommateur)
- ✓ de diminuer la consommation d'énergie pour le maintien de la chaîne de froid en raison du plus petit volume
- ✓ de diminuer la consommation d'emballages
- ✓ peut être de réduire la pression du flux tendu (et les inefficacités de distribution qui en résultent), si les distributeurs acceptent de garder un peu plus de stock en raison du volume plus réduit

Par ailleurs, indépendamment des modifications éventuelles de l'emballage primaire, il semble intéressant d'étudier la possibilité de remplacer la cagette par un plastique de groupage. Ceci aurait pour effet d'optimiser la palettisation, et par conséquent de réduire le besoin en transport.

VIII.2. RECOMMANDATION À SYSTÈME X

Recommandation 5 : Adapter les fréquences d'approvisionnement des supermarchés en fonction des durées de conservation des denrées

Des palettes composées de plusieurs références quittent chaque jour les entrepôts X, à destination des entrepôts X, lesquels redistribuent les références entre les différents supermarchés qu'ils livrent 4 fois par semaine (ou 5 pour les denrées fraîches : steak haché, volaille, 4^{ème} gamme, ...).

Les palettes qui quittent les entrepôts X à destination des supermarchés ne pèsent en moyenne que 320 kg. Diminuer les fréquences de livraison des références dont la durée de conservation est longue permettrait d'optimiser la palettisation et de réduire les besoins en transport, tant les leurs que ceux de leurs fournisseurs, sans pour autant augmenter les pertes. Il faut toutefois veiller à ce que, dans les magasins, ces produits soient stockés en chambre froide et non en linéaire de présentation étant donné les déperditions élevées de ces dispositifs.

Une diminution de la fréquence d'approvisionnement permettrait en outre à X de programmer des productions en plus grande quantité et limiterait de ce fait les pertes alimentaires accusées au sein de l'usine de production.

VIII.3. RECOMMANDATIONS AUX CONSOMMATEURS

Recommandation 6 : Limiter les pertes alimentaires

Pour limiter les pertes, le consommateur devrait :

- ✓ S'il achète le plat préparé : veiller à ne pas dépasser la date limite de conservation
- ✓ S'il achète les ingrédients pour le préparer lui-même :
 - veiller à ne pas dépasser la date limite de conservation des denrées périssables, comme la viande, la crème fraîche et le fromage râpé, notamment en achetant les quantités adéquates
 - limiter les pertes de préparation (épluchures, découpage)
 - utiliser préférentiellement les restes de plats précédents

Recommandation 7 : Utiliser rationnellement l'énergie

De nombreux trucs existent pour réduire sa consommation d'énergie à la cuisine :

- mettre un couvercle pour faire cuire les pommes de terre (pour maintenir 1,5 litre d'eau en ébullition sans couvercle, il faut une puissance de 720 watts tandis qu'avec un couvercle, 190 watts suffisent)²¹
- adapter la taille du récipient au volume des aliments

²¹ Agir Pour l'Environnement: Campagne 18 : "Face à l'EPR, d'autres choix énergétiques sont possibles" Février 2004 à décembre 2004

- utiliser de l'eau froide (en quantité raisonnable) pour nettoyer les aliments
- éviter de prolonger plus que nécessaire les temps de préchauffage et de cuisson
- l'alimentation des plaques chauffantes peut être coupée peu avant la fin de cuisson : la chaleur résiduelle est suffisante
- éviter de congeler ce qui peut être consommé ... mais aussi éviter de jeter ce qui peut être congelé !

Ces conseils ne sont pas innovants, mais n'en restent pas moins pertinents au vu des impacts générés par la préparation à domicile d'un hachis Parmentier, et, par-delà, de toute préparation culinaire.

Recommandation 8 : Participer aux collectes sélectives

Même si cela ne découle pas directement de cette étude, c'est une question de bon sens!