

Ce guide a été réalisé dans le cadre d'un groupe de travail spécifique co-initié et co-piloté par l'ADEME et l'INERIS. Il est donc le fruit d'un travail collectif élaboré à partir des compétences et expériences pluridisciplinaires des participants suivants :

- Coordinateurs : S. Denys (INERIS) et F. Marot (ADEME)
- Participants (organismes) :
 - S. Elreedy (AFSSET)
 - V. Gobron (ANDRA)
 - S. Dinant (ANDRA)
 - C. Pinet (Cnam-IHIE Ouest)
 - C. Dumat (ENSAT-INPT)
 - C. Schwartz (INPL ENSAIA / INRA - Laboratoire Sols et Environnement)
 - N. Jeannée (Géovariations)
 - R. Prost (GSC INRA)
 - M. Pascal (InVS)
 - N. Lemaitre (IRSN)
 - F. Leprieur (IRSN)
 - C. Mercat-Rommens (IRSN)
 - K. Tack (INERIS)
 - G. Cardenas (INERIS)
 - F. Douay (ISA)
 - M. Barbaste (INRA Bordeaux - Laboratoire de l'USRAVE)

SOMMAIRE

LISTE DES ANNEXES.....	5
INTRODUCTION	6
OBJECTIFS ET CONTENU	7
LIMITES D'APPLICATION ET CONTRAINTES	7
LES QUATRE REGLES DE BON SENS	8
DEMARCHE OPERATIONNELLE	8
1 ELABORATION DE LA STRATÉGIE D'ÉCHANTILLONNAGE.....	10
1.1 Etude préalable à l'échantillonnage des jardins potagers.....	11
1.1.1 Etude historique de l'installation industrielle étudiée.....	11
1.1.2 L'étude environnementale	11
1.1.3 Informations spécifiques aux jardins potagers.....	12
1.2 L'exploitation des informations disponibles.....	12
1.2.1 Le choix des substances.....	12
1.2.2 L'élaboration du schéma conceptuel.....	12
1.2.3 Définition du périmètre d'étude.....	16
2 MISE EN ŒUVRE DE LA STRATÉGIE D'ÉCHANTILLONNAGE.....	16
2.1 Les potagers et les espèces végétales à échantillonner.....	16
2.1.1 Entretien préalable avec le jardinier	17
2.1.2 Echantillonnage des jardins potagers exposés à l'installation industrielle.....	17
2.1.3 Echantillonnage des jardins potagers témoins	18
2.1.4 Echantillonnage des espèces végétales.....	19
2.1.5 Le prélèvement des échantillons	20
2.2 Recommandations techniques pour l'échantillonnage du végétal	21
2.3 Cas des fruits en provenance d'arbres ou d'arbustes	22
2.4 L'échantillonnage des milieux sources de contamination	22
3 INTERFACE AVEC LE LABORATOIRE D'ANALYSE DES VÉGÉTAUX.....	23
4 INTERPRÉTATION DES RÉSULTATS	26
4.1 Analyse qualitative des résultats d'analyses.....	26
4.2 Éléments d'évaluation de la contamination des végétaux	26

4.3	Élément d'évaluation de la contribution de l'installation industrielle étudiée sur la contamination éventuelle des légumes prélevés.....	26
------------	---	-----------

Liste des annexes

Annexe 1 : Eléments de connaissance des potagers et des espèces potagères

Annexe 2 : Références Bibliographiques

Annexe 3 : Calendrier de récolte

Annexe 4 : Fiche d'identification d'un prélèvement de végétaux dans un potager

Annexe 5 : Fiche d'identification d'un potager

Annexe 6 : Classification des espèces potagères en fonction de leur capacité à l'accumulation d'éléments minéraux d'après Lübben et Sauerbeck (1991), repris par C.W. Versluijs en PF. Otte (RIVM, 2001)

Annexe 7 : Eléments de sélection du laboratoire d'analyses

Annexe 8 : Lecture des valeurs numériques fournies par le laboratoire

Annexe 9 : Seuils réglementaires en plomb et cadmium pour les plantes potagères (extrait du règlement européen 466/2001 du 8 mars 2001 portant fixation de teneurs maximales pour certains contaminants dans les denrées alimentaires et son rectificatif.)

INTRODUCTION

L'appréciation de l'impact sanitaire d'une installation industrielle actuelle ou ancienne implique la connaissance de la qualité de l'environnement au voisinage de cette installation. Cela nécessite la caractérisation de la contamination potentielle des différents compartiments environnementaux (sol, eau, air, végétaux...) susceptibles d'entraîner une exposition de la population humaine aux polluants. Cette étape est primordiale et préconisée par les différents guides en vigueur relatifs aux évaluations de risques. Elle s'intègre dans la phase de diagnostic de l'environnement de l'installation considérée.

La présence de potagers¹ à proximité d'installations industrielles amène souvent à examiner lors des diagnostics environnementaux la qualité sanitaire des productions végétales issues de ces potagers et consommées par la population. Trois méthodes sont envisageables pour déterminer les teneurs en contaminants des organes comestibles : la sélection dans la littérature de valeurs de bioconcentration, l'utilisation de modèles de transfert sol-plante ou la mesure directe dans la plante. Cette dernière permet d'intégrer l'ensemble des facteurs influençant le transfert d'une substance donnée vers la plante et l'organe considérés. Le recours à la mesure via l'échantillonnage de végétaux n'est cependant pas systématique et sa mise en œuvre doit être justifiée, en accord notamment avec le principe de proportionnalité selon lequel doit être conduite une évaluation de risque. En effet, les moyens d'investigation consacrés aux différentes voies d'exposition potentielles des personnes doivent être dimensionnés en fonction de l'importance qu'ont ces voies dans leur exposition globale.

Par ailleurs, pour être valorisé au mieux, le recours aux mesures doit suivre un travail réfléchi et rigoureux. A cette fin, il est crucial d'adopter un protocole d'échantillonnage de végétaux qui soit adapté au mieux aux contraintes locales, en intégrant l'ensemble des éléments influant sur la contamination des plantes (historique de l'installation, mais aussi des potagers, type de contamination, type de sols et de végétaux, présence d'autres sources de polluants...). Il est essentiel que ce protocole soit maîtrisé en vue d'estimer et de réduire au maximum les biais associés à cet échantillonnage et les erreurs d'interprétation et de gestion qui pourraient en découler.

¹ Le potager est défini comme une parcelle, plus ou moins proche d'une habitation, cultivée par un particulier qui consomme sa production de plantes potagères (annexe 1)

OBJECTIFS ET CONTENU

L'objectif principal de ce guide est de proposer une méthode d'échantillonnage de plantes potagères permettant de disposer d'espèces végétales et d'analyse représentatives des situations environnementales rencontrées.

Ce guide pourra être utile à la conduite d'études portant sur l'évaluation, à partir de prélèvements, de la qualité sanitaire de productions potagères consommées par l'homme et cultivées dans un environnement potentiellement pollué par une installation industrielle (actuelle ou ancienne), en situation de pollution chronique ou accidentelle. Il s'applique soit pour interpréter directement l'état de contamination de ce milieu (les plantes potagères) au regard des valeurs réglementaires ou de référence, soit pour engager une démarche basée sur la quantification des risques sanitaires où ce milieu est retenu comme voie d'exposition.

Ce guide apporte aussi une démarche méthodologique visant à apprécier la contribution de l'installation industrielle étudiée sur une éventuelle contamination des cultures potagères. Cela explique qu'il aborde également, sans les développer de manière aussi approfondie, l'échantillonnage d'autres milieux (eau, air, sol...) que les seules plantes potagères, ces milieux pouvant être impliqués dans les transferts de contaminants vers les végétaux.

LIMITES D'APPLICATION ET CONTRAINTES

Ce guide vient en complément des différents guides disponibles à ce jour concernant l'évaluation des risques sanitaires ou les études d'impact des Installations Classées pour la Protection de l'Environnement (ICPE) (annexe 2). Toutefois, plus qu'un guide méthodologique au sens propre du terme, ce document vise avant tout à fournir des recommandations permettant d'élaborer un plan d'échantillonnage de plantes potagères et de le mettre en œuvre de la façon la plus pertinente possible. Dans tous les cas, ce guide ne peut se substituer à l'avis ou l'expertise d'un spécialiste du domaine.

L'échantillonnage de végétaux est pratiqué dans plusieurs contextes autres que celui abordé ici. C'est le cas, par exemple, des autorisations de commercialisation des denrées alimentaires, du contrôle de la qualité des semences, de la surveillance de la qualité sanitaire des végétaux cultivés sur des sols agricoles avec des amendements particuliers. Même si certains volets de ce document peuvent être utiles dans ces contextes, celui-ci n'a pas été conçu pour ces configurations et toute autre déclinaison que celle présentée ici est à la discrétion de l'utilisateur.

De manière générale, la stratégie d'échantillonnage des végétaux est soumise à des contraintes administratives (budget, délai de réalisation de l'étude en lien avec la période de réalisation dans l'année et à des contraintes techniques et de terrain (espèces végétales disponibles cf annexe 3, maturité des plantes, taille du potager, pratiques culturales, spécificités locales, accords des propriétaires...).

Ces contraintes ont guidé l'orientation et les choix effectués tout au long de l'élaboration de cette méthodologie. Il a fallu trouver des compromis entre les besoins imposés par la rigueur

d'une étude scientifique et les contraintes pratiques des investigations environnementales, de manière à éviter d'aboutir à un outil pouvant être irréprochable sur le plan théorique mais inapplicable et donc inutile.

LES QUATRE REGLES DE BON SENS

Une impression de facilité qui peut s'avérer trompeuse

S'il peut paraître aisé de prélever des plantes potagères et de les envoyer au laboratoire pour analyses, acquérir une information qui soit la plus représentative possible d'une situation donnée présente une réelle difficulté. Cette condition est pourtant essentielle pour mener une exploitation rationnelle et rigoureuse des résultats et notamment, leur comparaison à des données issues de la littérature ou à des valeurs guides. Aussi, une stratégie d'échantillonnage nécessite de prendre de nombreuses précautions à toutes ses étapes : choix des prélèvements, collecte et manipulation (conditionnement, conservation et transport) des échantillons, envoi au laboratoire avec instructions pour l'analyse.

La pertinence de l'étude

Il ne faut pas perdre de vue qu'au-delà d'une certaine concentration en polluants dans les sols, si le niveau de risque est suffisamment préoccupant pour un simple usage résidentiel (du fait de l'ingestion de terres contaminées par exemple), alors l'estimation de l'exposition supplémentaire liée à l'ingestion de végétaux produits sur ces sols n'est pas pertinente ; elle est même inutile pour définir les mesures de gestion qui s'imposent.

L'opportunité de terrain

La préparation de la campagne d'échantillonnage au bureau ou au laboratoire est une phase importante. Toutefois l'intervenant devra être capable d'adapter sa stratégie aux situations qu'il rencontrera sur le terrain. Pour réussir cet ajustement, il devra avoir une parfaite connaissance et maîtrise des objectifs de sa démarche.

La nécessaire collaboration entre les intervenants

Pour être le plus pragmatique possible, le guide est structuré selon une démarche opératoire chronologique. Pour autant, à toutes les étapes, les échanges sont indispensables entre les différents acteurs de l'étude qui est menée. Ainsi, le maître d'œuvre de l'étude, le préleveur, mais aussi le laboratoire d'analyse doivent être associés pour définir et orienter les choix à effectuer. La compréhension des objectifs par les différents acteurs favorisera la qualité des résultats.

DEMARCHE OPERATIONNELLE

La démarche proposée ici a pour objectif de rationaliser la mise en œuvre d'une campagne de prélèvement pour estimer l'exposition de personnes aux polluants via la consommation de plantes potagères auto-produites. Par opposition aux cultures maraîchères, les potagers se distinguent généralement par une surface réduite, un nombre d'espèces végétales ou de variétés élevé et un nombre limité de spécimens par espèces. Dans ce contexte, le choix et le prélèvement d'échantillons doivent être particulièrement soignés. Les analyses seront en effet réalisées sur un nombre restreint de végétaux et les résultats seront ensuite extrapolés à

l'ensemble des végétaux de la même espèce, voire types de légumes associés à cette espèce. Dans certains cas, un unique potager pourra aussi être considéré comme représentatif des potagers voisins. Aussi, l'interprétation des résultats dépendra de la qualité de la campagne de mesure dans son intégralité : choix des échantillons, modalités de prélèvements et modalités d'analyses.

Dans ce but, le guide méthodologique apporte des indications sur la réalisation des quatre étapes suivantes, qui constituent les quatre chapitres du document :

1. Elaboration de la stratégie d'échantillonnage
2. Mise en œuvre sur le terrain
3. Interface avec le laboratoire d'analyse
4. Interprétation des résultats

A noter toutefois que ce document technique n'a pas vocation à être un outil de gestion des résultats. Ainsi, la quatrième étape n'est présentée que de manière succincte et renvoie aux outils de gestion mis en place par les autorités compétentes. La succession de tâches représentées dans le diagramme de la figure 1 et détaillées par la suite dans les différents paragraphes met en évidence l'importance du travail de recueil et d'analyses d'informations, précédant la mise en œuvre sur le terrain des prélèvements. On peut également souligner l'importance d'avoir très tôt un contact avec le laboratoire d'analyses qui apportera par exemple des conseils sur les quantités d'échantillons nécessaires pour l'analyse et les conditions de stockage des échantillons.

Dans la suite du texte, le périmètre d'étude est considéré comme la surface totale concernée par la campagne d'échantillonnage ; le périmètre d'impact sera considéré comme étant la surface ayant été impactée par l'activité industrielle. Le périmètre d'étude regroupe les zones témoins et le périmètre d'impact.

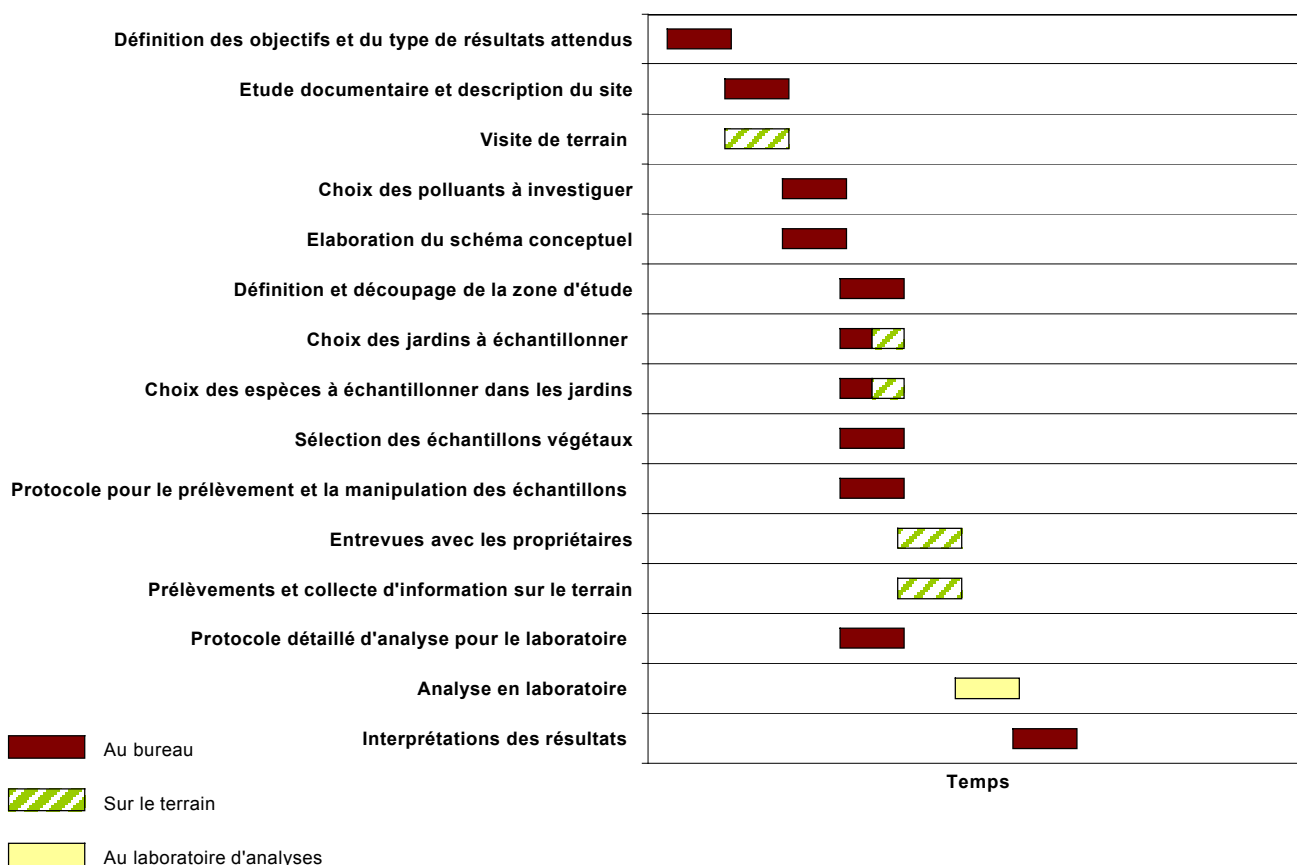


Figure 1 : Répartition chronologique des tâches à effectuer pour mettre en œuvre l'échantillonnage des plantes potagères dans le cadre de diagnostics environnementaux.

1 Elaboration de la stratégie d'échantillonnage

La stratégie d'échantillonnage est élaborée en s'appuyant sur les informations collectées lors d'une étude documentaire et dans la littérature mais aussi sur l'expérience des intervenants incluant le laboratoire d'analyse sur certains aspects. Elle intègre le choix des substances, des jardins à échantillonner et des espèces à investiguer. Elle détermine également les modalités de prélèvement, de conditionnement, de conservation, de transport et d'analyse des échantillons. Cette étape se réalise avant la mise en œuvre des prélèvements sur le terrain.

Un point clé de la stratégie d'échantillonnage consiste à délimiter le périmètre impacté par la pollution des sols ou par les émissions en provenance de l'installation industrielle (périmètre d'impact). Il est important, dès ce stade, de repérer l'influence d'autres sources de contamination, qu'elles soient naturelles ou anthropiques (sources connexes) et susceptibles d'interférer avec celles de l'installation qui fait l'objet de l'étude.

On doit souligner aussi que la méthode proposée ici n'est pas une méthode statistique (inadaptée au faible nombre d'échantillons et à l'hétérogénéité intrinsèque des jardins potagers). Elle vise à concilier les informations disponibles et le jugement d'expert. Dans ces conditions, il n'est pas donné d'indication sur le nombre minimum de jardins, d'espèces ou d'individus à sélectionner par espèce. Comme indiqué précédemment, cela dépendra de nombreuses contraintes extérieures, à commencer par la disponibilité des végétaux au

moment de l'échantillonnage. L'essentiel est d'explicitier et d'argumenter les choix retenus, au moment de la restitution des résultats.

1.1 Etude préalable à l'échantillonnage des jardins potagers

La préoccupation motivant l'échantillonnage de végétaux étant généralement associée à un diagnostic plus large, une étude documentaire est souvent engagée par ailleurs. On dispose ainsi de l'étude historique et de l'étude environnementale traditionnellement réalisées dans les investigations de sites. Si cela n'est pas le cas, il conviendra de les conduire préalablement. En plus de ces éléments, un déplacement sur le terrain est une étape fondamentale. Il permettra de recueillir des informations essentielles sur la présence effective de jardins potagers, leur localisation, leur taille ainsi que la nature de leur production.

1.1.1 Etude historique de l'installation industrielle étudiée

L'étude historique doit permettre de définir la nature des substances émises par l'installation industrielle considérée. Elle permettra notamment d'acquérir les renseignements suivants :

- dates de début et le cas échéant de fin de l'exploitation
- quantités et nature des rejets (sources de contamination)
- caractéristiques de l'installation (superficie, hauteur des cheminées le cas échéant ; nature des substances toxiques suspectées ou avérées, quantités de déchets enfouis pour une décharge...)
- dispositifs mis en place pour la réduction (filtres) et les contrôles à l'émissaire des rejets (après traitement).
- dispositifs de surveillance de l'environnement le cas échéant

1.1.2 L'étude environnementale

En complément de l'étude historique, les données environnementales disponibles seront utiles pour la définition de la stratégie d'échantillonnage et permettront notamment de déterminer ou prédéterminer le périmètre d'impact. En particulier, la recherche se focalisera sur les paramètres qui contrôlent la mobilité des contaminants dans l'environnement (volatilité, solubilité, coefficients de partage par exemple). Par ailleurs, la recherche de sources secondaires de contamination est fondamentale et ceci dans le but de tenir compte de ces sources dans la mise en place du protocole d'échantillonnage.

De manière relativement complète, on s'attachera à disposer de connaissances sur les paramètres pouvant caractériser la nature des sols (géologie, pédologie, topographie) et/ou l'extension de la contamination en provenance de l'installation industrielle (sens d'écoulement des nappes, débit des rivières, précipitation et rose des vents...).

Cette étude portera aussi sur la recherche des données portant sur le fond pédogéochimique local et le cas échéant sur le fond anthropique lié à des sources secondaires de contamination. La connaissance de ces fonds sera essentielle pour une définition pertinente du périmètre d'étude et la recherche d'éventuels jardins potagers témoins (cf. § 2.1.3).

Cette recherche doit permettre d'apprécier d'une part, la vulnérabilité de l'environnement et d'autre part, les paramètres pouvant contribuer aux transferts des polluants vers les végétaux.

1.1.3 Informations spécifiques aux jardins potagers.

Lors de la recherche documentaire, il sera important d'acquérir des données sur les jardins potagers dans le périmètre d'impact : le nombre de potagers, leur localisation par rapport à l'installation industrielle étudiée et leur accessibilité. A ce stade, il sera essentiel de recouper les informations relatives aux jardins potagers avec les informations de l'étude documentaire (notamment sur la présence d'autres sources du fait de certaines pratiques culturales, de l'existence de sources secondaires de contamination dans le périmètre d'impact ou de sols naturellement riches en polluants) afin d'identifier les jardins dans lesquels les végétaux seraient susceptibles d'être contaminés par d'autres sources que celles originaires de l'installation industrielle étudiée.

1.2 L'exploitation des informations disponibles

Les informations collectées précédemment doivent être utilisées pour :

- choisir les substances à rechercher dans les végétaux
- élaborer un schéma conceptuel global illustrant les voies supposées de contamination des végétaux
- définir le périmètre d'étude

Cela pourra nécessiter une démarche itérative, avec un retour fréquent vers les différentes sources d'informations.

1.2.1 Le choix des substances

Les connaissances acquises sur la composition du milieu source (nature et concentration des polluants) permettent de dresser une liste des substances qui pourront être recherchées prioritairement dans les végétaux et dans les autres milieux qui auront été identifiés comme voie de transfert potentiel vers les plantes (cf. paragraphe 2.3).

Dans les cas où le nombre de substances est élevé (famille de polluants telle que par exemple les Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques ou HAP), leur choix pourra être limité en intégrant les besoins ultérieurs en matière d'interprétation ou d'exploitation des résultats d'analyse.


Ainsi, on tiendra compte prioritairement de l'existence de valeurs réglementaires ou de références, ce qui permet une interprétation des résultats d'analyse qui s'appuie directement sur un niveau de concentration dans la plante. Lorsque la démarche s'intègre dans une évaluation des risques, on retiendra en priorité les substances qui ont fait l'objet d'une sélection dans l'étude de risque. Si cette étape n'est pas encore réalisée, on tiendra compte des mêmes critères de sélection que ceux retenus pour une évaluation quantitative des risques sanitaires (présence, toxicité et mobilité) et on privilégiera les substances pour lesquelles on dispose de valeurs toxicologiques de référence.

1.2.2 L'élaboration du schéma conceptuel

L'étude historique et environnemental doivent permettre d'élaborer un schéma conceptuel qui vise à recenser et matérialiser les différentes sources de contamination des potagers et les voies de transfert par lesquelles les végétaux peuvent être contaminés. Le sol de culture n'est en effet pas le seul milieu d'exposition possible. Le tableau 1 reprend l'ensemble des vecteurs et voies de transfert potentielles des polluants vers les végétaux.

Un schéma conceptuel générique reprenant un grand nombre de voies de contamination possible des végétaux est proposé en figure 2. Bien entendu, il est rare que sur un site particulier toutes ces voies soient rencontrées simultanément.

La définition des sources de contamination et des voies de transfert potentielles permettra de définir les milieux sources primaires et secondaires qu'il conviendra de caractériser également lors de la phase de diagnostic.

Sources	Milieux de transfert		Modes de contamination des plantes
Sol pollué	Eau du sol → Eau de la nappe phréatique → Eau d'irrigation → Sol du potager		Absorption racinaire ou dépôt de surface ¹
	Eau du sol → Eau de la nappe phréatique → Eau d'irrigation		Dépôt de surface ² et absorption foliaire
	Eau du sol → Eau de la nappe phréatique battante → Sol du potager		Absorption racinaire
	Air (poussières) → Eau superficielle → Eau d'irrigation → Sol du potager		Absorption racinaire ou dépôt de surface ¹
	Air (poussières) → Eau superficielle → Eau d'irrigation		Dépôt de surface ² et absorption foliaire
	Air (poussières) → Eau superficielle → Eau d'inondation → Sol du potager		Absorption racinaire ou dépôt de surface ¹
	Air (poussières) → Eau superficielle → Air (gaz)		Absorption foliaire ³
	Air (poussières) → Sol du potager		Absorption racinaire ou dépôt de surface ¹
	Air (poussières)		Dépôt de surface ² et absorption foliaire
	Air (gaz)		Absorption foliaire ³
Air	Air (gaz ou poussières)	Dépôt de surface ² ou absorption foliaire ³	
	Air (poussières) → Sol du potager	Absorption racinaire ou dépôt de surface ¹	
	Air (gaz ou poussières) → Eau de pluie → Sol du potager	Absorption racinaire ou dépôt de surface ¹	
	Air (poussières) → Eau de gouttière → Eau d'irrigation → Sol du potager	Absorption racinaire ou dépôt de surface ¹	
	Air (poussières) → Eau de gouttière → Eau d'irrigation	Dépôt de surface ² et absorption foliaire	

¹ Dépôt par mise en suspension de poussières de la surface du sol ² Dépôt direct sur la surface de la plante ³ Sous forme gazeuse

Tableau 1 – Sources, vecteurs et voies de transfert pouvant être impliqués dans la contamination des végétaux

Activités anthropiques et phénomènes naturels

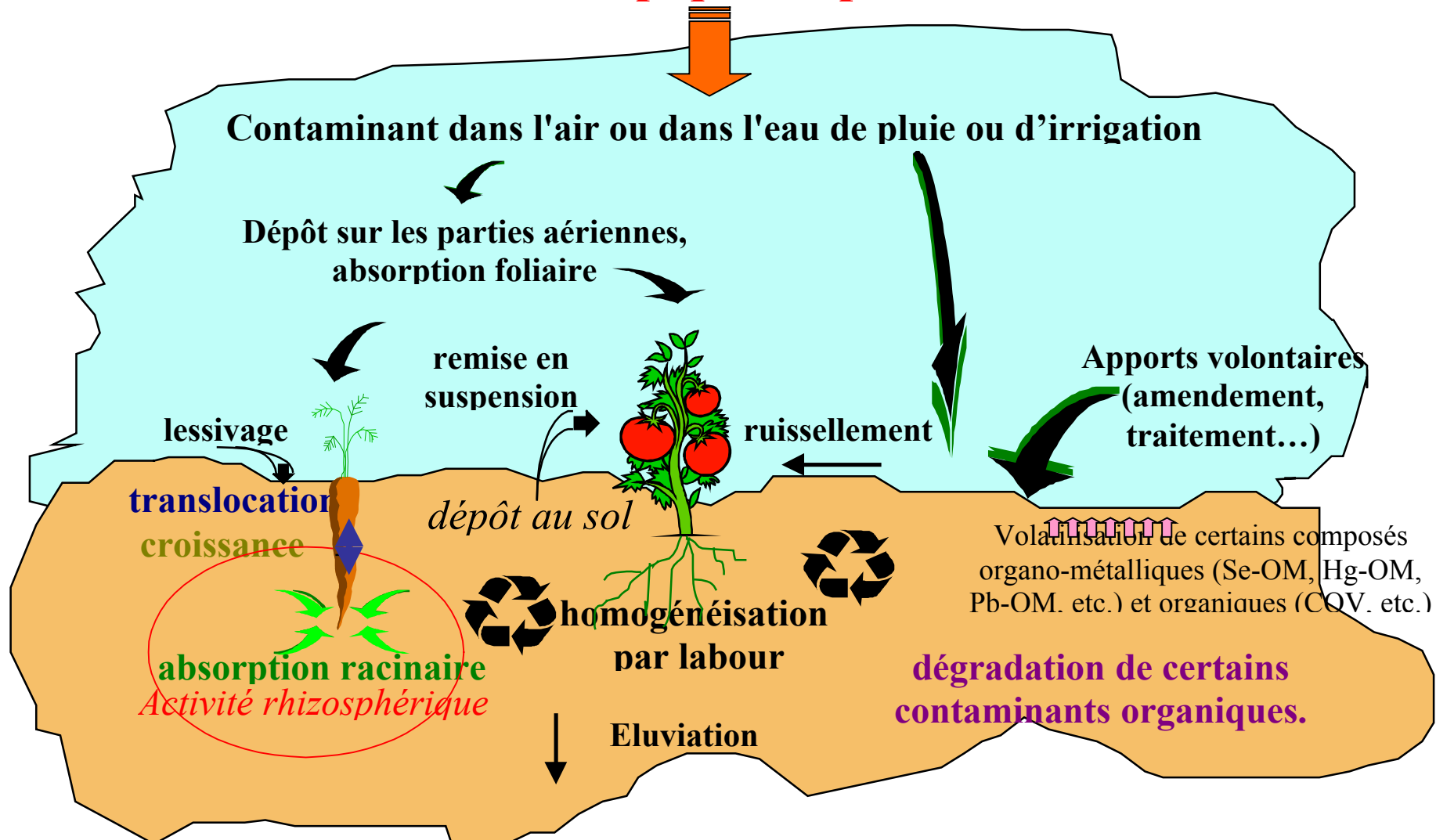


Figure 2- Devenir des polluants dans les systèmes sol-air-plantes et voies d'entrée dans les végétaux – schéma conceptuel de principe

1.2.3 Définition du périmètre d'étude

Les informations collectées lors des études précitées doivent permettre de déterminer un périmètre d'étude. Naturellement, sa précision sera fortement dépendante des connaissances disponibles. Ainsi, lorsqu'il s'agit d'une étude spécifique faisant suite à des constats établis sur d'autres milieux (sol, eau ou air), on sera en mesure de resserrer le maillage d'investigation autour de l'installation étudiée. Dans le cas contraire, il conviendra de conduire ce travail sur un périmètre plus large de manière à s'assurer que l'on intègre tout le périmètre d'impact (potentiel) de l'installation étudiée. Pour des retombées de poussières, on s'appuiera par exemple sur la hauteur des cheminées, la rose des vents ou encore les quantités rejetées.

Selon la complexité de la situation (autres sources connexes...) et l'étendue du périmètre d'étude, ce dernier pourra être divisé en secteurs distincts qui feront alors l'objet d'investigations ciblées. Ces secteurs se caractériseront par des schémas conceptuels particuliers basés sur le schéma conceptuel global mais matérialisant des voies d'exposition des végétaux spécifiques (par exemple, pour une nappe contaminée et utilisée pour l'arrosage, on distinguera un secteur se situant en amont de la source de pollution et un autre en aval). Pour cela, il convient de s'appuyer sur les éléments qui contrôlent la mobilité et les transferts des polluants dans l'environnement. On distinguera selon leur pertinence :

- la localisation par rapport au vent (si contamination par des poussières ou des volatils)
- la localisation par rapport aux ressources en eaux de surface et/ou souterraine (si contamination et si usage : puits, forage, pompage)
- la localisation par rapport à la nature des sols (si contexte pédo-géologique complexe : vallée, plateau, versant...)
- la localisation par rapport à d'autres sources extérieures de polluants de même nature que celui ou ceux recherchés (si existence d'autres industries ou axes routiers importants...)

Le découpage du périmètre d'étude en secteurs doit être matérialisé sur une carte de l'Institut Géographique National (IGN) ou sur un plan cadastral. Naturellement, une fois sur le terrain, il se peut que ce découpage puisse être ajusté pour l'adapter aux différentes contraintes rencontrées.

2 Mise en œuvre de la stratégie d'échantillonnage

2.1 Les potagers et les espèces végétales à échantillonner

La sélection des potagers au sein du périmètre d'étude, et le cas échéant des secteurs, est une phase qui peut s'avérer délicate et qui doit se faire sur le terrain. En effet, une des conditions *sine qua non* préalable aux points évoqués ci-dessous, est que l'opérateur ait l'accord du propriétaire du jardin à échantillonner. Cet accord sera obtenu le plus souvent lors de l'entrevue préalable qui aura lieu le jour de la campagne d'échantillonnage. A noter qu'une prise de contact par courrier ou téléphone peut aussi permettre d'expliquer la démarche engagée et de favoriser la présence des personnes au domicile le jour de la campagne.

2.1.1 Entrevue préalable avec le jardinier

L'entrevue visera notamment à élucider certains points relatifs à l'historique du potager. Les pratiques de culture doivent être abordées avec le jardinier (types et quantités d'intrants, apport de cendres, âge et taille du potager...). L'opérateur aura, à ce stade, à vérifier qu'il n'y ait pas de sources secondaires évidentes. Naturellement, l'abondance des plantes qui favorise un échantillonnage de qualité, sera considérée comme un avantage dans l'appréciation de l'intérêt du potager.

L'entrevue permettra également de disposer d'informations relatives à l'autoconsommation de la production potagère afin d'intégrer ces données dans le calcul de l'exposition le cas échéant. Ces informations vont porter sur la composition du foyer (les consommateurs) et l'intensité d'exploitation (le potentiel de production). L'Annexe 4 fournit un support pour mener cette entrevue qui pourra être adaptée en fonction des spécificités rencontrées.

2.1.2 Echantillonnage des jardins potagers exposés à l'installation industrielle

L'objectif de la démarche engagée repose sur l'impact d'une installation industrielle sur des jardins et des plantes potagères, et non sur la compréhension fine des phénomènes de contamination des plantes au sein d'un potager particulier. En cela, il est préférable de multiplier le nombre de jardins investigués plutôt que de centraliser les moyens sur une seule parcelle. Au vu de l'hétérogénéité des sites, il n'est pas possible de préconiser un nombre minimal d'échantillons à prélever par unité de surface. La sélection définitive du ou des potagers à échantillonner se fera à l'issue des entrevues telles que présentées ci-dessus (cf. § 2.1.1), sur la base des informations communiquées par les jardiniers. Trois critères majeurs doivent être retenus pour la sélection des jardins potagers qui seront échantillonnés :

- la distance par rapport à l'installation étudiée ou le résultat de la modélisation de dispersion tenant compte des transferts
- l'historique des parcelles : l'ancienneté des jardins est souvent associée à celle de l'habitat, ce qui permet d'orienter cette phase (maisons anciennes, lotissements récents...)
- les pratiques de jardinage (intensité d'exploitation et grand nombre d'espèces végétales, amendements, serres, arrosage...)

Ces arguments seront mentionnés dans la restitution de l'étude et l'interprétation des résultats. La localisation des potagers sur une carte est indispensable.

2.1.3 Echantillonnage des jardins potagers témoins

Lorsque l'objectif de l'étude se limite à la caractérisation de la qualité sanitaire des plantes potagères, la recherche de potagers témoins ne sera pas nécessaire. Par contre, lorsque l'étude vise également à apprécier la contribution de l'installation industrielle étudiée à l'éventuelle contamination des plantes, alors il sera bien souvent utile d'étendre les prélèvements à des potagers témoins. Pour cela, on distingue deux cas de figure :

1 – L'installation industrielle étudiée est identifiée comme la seule source anthropique de contamination dans le périmètre d'impact

Dans ce cas, la recherche d'un potager témoin en dehors de ce périmètre peut s'avérer importante pour relativiser la contamination des légumes échantillonnés sur le périmètre impacté, en particulier si les concentrations naturelles des substances recherchées sont élevées (source connexe naturelle). Ce cas de figure pourra aussi conduire à retenir plusieurs témoins lorsque le contexte sera complexe. Ainsi par exemple, si la pédologie des sols du périmètre impacté s'avère très nuancée (la nature des sols peut peser sur le potentiel de transfert des polluants), alors on cherchera à sélectionner un potager témoin sur chacun des types pédologiques présents. Il faut toutefois être bien conscient que cette démarche pourra être difficile lorsque les sols ont été remaniés, ce qui est souvent le cas en zone urbaine, où la présence de remblai est fréquente.

2 - D'autres sources de contamination anthropique que l'installation industrielle étudiée sont identifiées dans le périmètre d'impact

Lorsque le périmètre impacté présente des polluants dont l'origine peut venir de sources connexes anthropiques (axe routier, autre installation industrielle que celle étudiée dans le périmètre d'étude...), il ne faut pas hésiter alors à échantillonner en dehors du périmètre d'impact (de l'installation industrielle étudiée) un ou plusieurs potagers témoins dont les végétaux sont exposés uniquement à ces autres sources. Ceci aidera à apprécier la contribution de ces sources sur le périmètre d'étude et donc à mieux relativiser l'impact de l'installation étudiée par rapport aux autres sources de contamination existantes.

Bien entendu, la détermination de ce(s) potager(s) témoin(s) pourra parfois être difficile et nécessiter de disposer des éléments de connaissances qui sont propres aux autres sites, ce qui n'est pas toujours facile ou possible. Cependant l'intérêt de cette démarche est fort puisque seules les données issues de ce ou ces potagers permettront de relativiser l'impact de l'installation industrielle étudiée par rapport aux autres sources potentielles. Une mauvaise compréhension de ces aspects exposerait en effet à formuler des modalités de gestion de la situation pouvant être inadaptées et donc inefficaces au final.

Les difficultés rencontrées pour identifier et échantillonner un ou des jardins témoins ne doivent pas pour autant être un prétexte pour ne rien faire. Elles doivent être signalées dans le rapport d'étude et utilisées autant que possible dans le travail d'interprétation des résultats.

2.1.4 Echantillonnage des espèces végétales

Pour des raisons de pragmatisme et de coût, il est rare d'échantillonner toutes les espèces végétales présentes dans un potager. Aussi, en évaluation de risque, les espèces végétales sont souvent associées selon la nature de leurs organes consommés et non selon leurs familles botaniques (annexe 1). Pour éviter toute confusion avec la classification botanique précitée qui se réfère à la notion de « famille », la terminologie retenue dans le présent guide pour caractériser cette classification est la notion de « type ». Quatre à cinq types (légumes racines ; légumes tubercules ; légumes feuilles ; légumes tiges ; légumes fruits et fruits) de légumes sont généralement retenus dans les études, même s'il y en a en réalité près d'une dizaine. Ce sont généralement des individus d'une ou deux espèces de chacun de ces types de légumes qui sont échantillonnés et analysés.

Sans revenir sur cette démarche qui présente le mérite d'être opérationnelle, il ne faut pas perdre de vue qu'elle est génératrice d'incertitude et qu'elle n'est pas réellement étayée scientifiquement. Elle est par exemple très éloignée de la classification botanique (annexe 1). Ainsi, les légumes feuilles se répartissent sur au moins cinq familles botaniques. Même la pomme de terre et le topinambour qui sont regroupés au sein des légumes de type tubercule appartiennent à deux familles botaniques différentes (Solanacées et Astéracées). Dans un rapport d'étude, les regroupements doivent donc être discutés et argumentés. Ils peuvent être spécifiques à des cas d'étude. Si l'on prend l'exemple du plomb, la réglementation existante dans les végétaux (annexe 9) dresse une classification qui diffère légèrement des types de légumes tels que présentés ci-avant ; les fruits sont ainsi classés en deux catégories : 1 - les petits fruits et les baies ; 2 – les autres fruits. Entre les deux, les teneurs maximales autorisées se distinguent par un facteur deux. Pour le cadmium, cette distinction au niveau des fruits n'existe pas dans la réglementation. Par contre, cette dernière distingue les céleris-raves, pour lesquels la teneur maximale autorisée est également deux fois supérieures à celle autorisée au sein des légumes racines. Cela démontre que pour le cadmium, les teneurs mesurées dans les céleris-raves ne peuvent pas être extrapolées à l'ensemble des espèces appartenant à ce type de légumes.

Compte tenu de ces constats, l'opérateur s'attachera à échantillonner, si possible, le plus d'espèces appartenant à ces différents types de légumes. Dans le cas où il ne sera possible d'échantillonner qu'une seule espèce par type de légume, les résultats obtenus seront (sauf exceptions tels que les exemples précédents), par défaut, extrapolés aux autres espèces appartenant au même type de légumes. A noter que des travaux de recherche sont en cours actuellement pour apprécier les biais associés à ces extrapolations.

Au sein des différents types de légumes précités, la sélection des espèces s'appuiera sur l'importance de la consommation des légumes autoproduits et sur leur capacité à l'accumulation des polluants recherchés ; l'exposition se traduit bien par le produit d'une contamination par une consommation. Ainsi, comme l'objectif est bien d'apprécier les risques d'exposition des consommateurs, il faut veiller à ne pas biaiser l'analyse en cherchant à n'échantillonner que les espèces les plus accumulatrices, si leur rôle dans l'exposition est négligeable. En d'autres termes, les plantes aromatiques qui présentent souvent une tendance à l'accumulation des polluants ne mériteront d'être réellement échantillonnées que lorsque des pratiques locales (en lien avec une culture ou une tradition par exemple) de forte consommation auront été identifiées.

Globalement, pour identifier les espèces les plus pertinentes, on pourra se référer aux données statistiques renseignant les quantités consommées quotidiennement par l'homme de chacune

des espèces légumières (annexe 2). En complément, les espèces les plus présentes sur une parcelle peuvent révéler aussi une consommation importante, même si la période d'investigation peut biaiser cette information. Enfin, une étude préalable (bibliographie par exemple) doit permettre de mieux cerner une ou plusieurs espèces caractérisant le type de légume recherché. A titre d'exemple, le tableau de l'annexe 6 permet d'apprécier la capacité des espèces potagères à accumuler certains polluants métalliques. Ce tableau reprend une classification provenant d'une étude Néerlandaise (Lübben en Sauerbeck, 1991), reprise par C.W. Versluijs en P.F. Otte (RIVM, 2001). Ces informations ne peuvent pas se substituer à des prélèvements et analyses, mais elles permettent a priori de peser sur la sélection des espèces en fonction des polluants présents et a posteriori d'apprécier qualitativement si les espèces échantillonnées sont plutôt à même de sous-estimer ou de surestimer les transferts.

Enfin, pour se rapprocher d'une caractérisation moyenne de l'exposition par consommation des végétaux, il pourrait apparaître tentant d'échantillonner plusieurs variétés et espèces d'un même type de légumes tout en n'effectuant qu'une seule analyse globale. Cependant, l'absence in fine de données spécifiques liées à une espèce végétale particulière écarte toute possibilité de comparaison rigoureuse avec des valeurs réglementaires ou de références. En outre, la difficulté de pratiquer un mélange d'espèces qui soit représentatif d'une consommation moyenne (disponibilité des espèces et proportion dans le mélange) rend difficile l'interprétation des résultats. Cette pratique est donc déconseillée.

2.1.5 Le prélèvement des échantillons

Idéalement, le prélèvement des échantillons sur le terrain devrait suivre une méthode rigoureuse et reproductible, par exemple un échantillonnage aléatoire. En pratique, de telles méthodes paraissent difficiles à mettre en œuvre dans les potagers familiaux. On s'attachera donc à optimiser la démarche selon la situation rencontrée, en gardant à l'esprit l'intérêt de la représentativité de l'échantillon par rapport à ce qui est habituellement récolté et consommé.

Aussi, la contrainte essentielle est de disposer d'une quantité de matière suffisante pour d'une part, constituer un échantillon représentatif et d'autre part, réaliser l'analyse. A titre d'information, une masse brute de 200 g d'échantillon préparé (épluché et lavé) est suffisante pour analyser tous les éléments minéraux. Pour les éléments organiques, la masse brute requise est de 800 g environ.

Pour les mesures de radioactivité, il sera préalablement nécessaire de prendre contact avec le laboratoire d'analyse. Celui-ci précisera si la mesure est effectuée sur des échantillons frais, séchés ou calcinés ainsi que la masse minimale nécessaire (liée à la géométrie de comptage utilisée) afin de permettre un échantillonnage adapté tenant compte notamment du taux d'humidité des végétaux.

A titre indicatif, le taux d'humidité des différents types de légumes et le nombre d'individus à prélever pour disposer d'une biomasse fraîche de certaines espèces pour réaliser l'analyse des éléments inorganiques sont indiqués dans le tableau 2 ci-dessous. Afin d'avoir une idée des masses échantillonnées, il est utile de disposer d'une balance sur le terrain.

Type de légumes	Taux d'humidité moyen (%)	Nombre indicatif d'individus pour obtenir 100 g de matière fraîche)
Légumes Racines	86	Carottes : 3 à *
Légumes Feuilles	90	Laitues : 1
Légumes Tubercules	88	Pommes de terre : 3 à 4
Légumes Fruits	95	Fraises : 7 à 10

Tableau 2 - Taux d'humidité moyen des différents types de légumes et
nombre indicatif d'individus à prélever pour réaliser l'analyse de métaux.

2.2 Recommandations techniques pour l'échantillonnage du végétal

Dans la mesure du possible, il convient :

- de prélever la plante au stade végétatif où elle est consommée (souvent à maturité) ;
- de porter des gants latex pour le prélèvement, en changeant de gants entre chaque parcelle ;
- de ne pas faire les prélèvements pendant une période de stress pour le végétal (stress hydrique par exemple : fortes pluies ou sécheresse) ;
- d'éviter de prélever les végétaux trop souillés (terre, poussières, etc.) ou endommagés (parasites) ;
- de prélever des plantes représentatives des plantes présentes sans chercher par exemple à prélever les plus (ou moins) beaux spécimens ;
- de ne pratiquer aucun nettoyage du végétal prélevé, si ce n'est l'élimination des particules de terre les plus grossières (émottage), adhérentes aux racines ou aux parties aériennes ;
- d'échantillonner l'intégralité de l'individu pour les végétaux de petites tailles, pour des questions de conservation d'échantillon avant analyse ;
- de recourir à l'usage d'un couteau (acier inox à éviter) pour prélever les légumes feuilles, à l'usage d'une bêche pour les légumes tubercules et racines, tandis que les fruits et légumes-fruits sont prélevés à la main ou à l'aide d'un sécateur.

Les échantillons prélevés doivent être séparés du sol afin d'éviter une contamination secondaire par adhésion de particules de terre. Ils seront déposés sur un film plastique ou directement dans les conditionnements prévus. Pour les échantillons les plus fragiles (fraises par exemple), il est conseillé de recourir à des contenants rigides pour éviter l'écrasement.

Une des phases importantes est la pesée sur le terrain surtout pour les espèces sensibles à la perte d'humidité.

Le conditionnement des échantillons se fera par espèce en regroupant, pour un même secteur, les individus échantillonnés. Ce conditionnement se fera généralement dans de petits sacs ou des boîtes en plastique sur lesquels des références permettent de remonter aux informations descriptives de l'échantillon (localisation, date de prélèvement, masse). La référence de l'échantillon doit impérativement être fournie au laboratoire d'analyse. Il est recommandé de noter la référence de l'échantillon à l'extérieur du sachet (étiquette en évitant les marqueurs) et à l'intérieur de celle-ci (sur un support neutre chimiquement : au crayon à papier sur un carton volant par exemple). Cette double identification préserve du risque de perdre l'information concernant l'échantillon entre le terrain et l'arrivée au laboratoire.

Le conditionnement et le transport doivent être adaptés : glacière réfrigérée pour éviter la déshydratation des végétaux fragiles (fraises, laitues par exemple). Les végétaux ne doivent pas être « entassés ». En effet, l'écrasement favorise la fermentation et l'altération du végétal. Les récipients ou les conditionnements choisis doivent assurer une protection contre la lumière. S'il apparaît nécessaire de congeler l'échantillon avant expédition, prévoir un conditionnement et un transport adaptés. La nature des substances à analyser peut aussi peser sur le type de conditionnement retenu : ainsi pour le dosage du mercure ou des HAP dans les végétaux, les flaconnages en verre sont recommandés.

2.3 Cas des fruits en provenance d'arbres ou d'arbustes

L'échantillonnage des fruits d'arbres ou d'arbustes n'est pas abordé spécifiquement dans ce guide, mais bon nombre des raisonnements sont transposables à ces produits. On peut signaler cependant quelques une de leurs spécificités :

- le cycle de la production est annuel, avec des périodes de récolte qui sont souvent très courtes notamment pour des fruits comme les baies, les cerises ou encore les pêches.... Cela représente donc une contrainte importante pour l'échantillonnage.
- leur éloignement du sol écarte généralement les possibilités de contamination par contact avec ce milieu (contacts ou éclaboussures).-
- on peut s'attendre à ce que la profondeur des racines des arbres puisse être en mesure de mobiliser des polluants en profondeur (lorsqu'il y en a) et dans ce cas, les profondeurs d'échantillonnage du milieu source (sol) doit être adapté. L'historique de la pollution du site est essentiel à ce niveau. De même, lorsque c'est une nappe qui est contaminée et que cette dernière est peu profonde, on peut aussi s'attendre à un risque de transfert des polluants dans les fruits, sans qu'il n'y ait aucun usage de la nappe.-
- la capacité de production d'un arbre peut être importante en masse (plusieurs dizaines de kilogrammes de fruits), mais comme la période de récolte est souvent très courte, il est facile sur le terrain d'oublier ces productions. Or, dans bon nombre de pavillons, y compris ceux où il n'y a pas de potager, il est fréquent de noter la présence d'arbres fruitiers. Le risque d'ignorer cette voie d'exposition est donc réel.

Au final, le choix de retenir ou d'écarter les échantillonnages de fruits issus d'arbre doit être étudié sur la base de ces différents aspects et la décision doit pleinement argumentée.

2.4 L'échantillonnage des milieux sources de contamination

Même si cet échantillonnage n'est pas conduit de façon systématique, dans la mesure où la recherche des modes de contamination éventuelles des végétaux est visée, il convient que chaque milieu susceptible d'être à l'origine de la contamination (cf schéma conceptuel, § 1.2.2) fasse l'objet d'un échantillonnage simultané à celui des végétaux. On pourra alors s'intéresser aux :

- concentration dans les eaux d'arrosage
- concentration dans les sols
- concentration dans les poussières déposées

Ce document n'ayant pas vocation à aborder l'échantillonnage de tous les milieux environnementaux, seules quelques indications relatives à chacun de ces milieux sont fournies ci-après (annexe 5). Aussi le lecteur se reportera aux guides et aux normes existants pour chacun de ces milieux (annexe 2).

Dans le cas d'un échantillonnage de sol, la profondeur d'échantillonnage pertinente eu égard aux objectifs visés est de prendre en compte l'horizon de surface exploré par les racines et travaillé par le jardinier (généralement 20 à 30 cm). Les prélèvements sont effectués à l'aide d'une tarière ou d'une gouge, ce qui permet de prélever le même volume de sol selon la profondeur. Ce n'est pas le cas d'une bêche qui ne doit jamais être utilisée à cette fin.

S'agissant de la surface d'échantillonnage, on distingue deux situations :

- pour les substances non volatiles, un échantillon composite réalisé sur l'ensemble du potager est suffisant puisque la localisation des espèces végétales varie au fil des années et parfois des saisons (cela permet d'éviter les parasites, de limiter l'épuisement des sols...). Cet échantillon composite est constitué d'un mélange homogène d'échantillons unitaires prélevés sur l'ensemble du potager. Pour identifier d'éventuelles hétérogénéités au niveau des échantillons unitaires, il convient de les décrire (texture, couleur, éléments anthropiques, matières organiques grossières, reblais, etc.) et de noter si des différences notables sont observées au sein de la parcelle. Le mode opératoire pour la constitution de l'échantillon composite doit être précisé (quartage...).
- pour les substances volatiles, il convient de minimiser les pertes par volatilisation. Ainsi, seuls des échantillons unitaires doivent être réalisés sur le terrain.

La quantité de terre à expédier sera déterminée en concertation avec le laboratoire d'analyses eu égard aux substances recherchées et aux éventuels souhaits de conserver un échantillon en archive.

Dans le cas d'un échantillonnage d'eau, le prélèvement doit être représentatif de la qualité de l'eau d'arrosage. De même, si la source de contamination est relative aux dépôts de poussières alors un dispositif de récolte de ces poussières pourra être mis en place pour évaluer les teneurs en polluants déposées dans les potagers sélectionnés. Pour tous ces milieux (vecteurs potentiels de la contamination des plantes), la modélisation sera parfois préférée à la mesure. Son recours devra néanmoins être justifié.

Pour les eaux et les poussières (c'est moins le cas pour les sols), il est recommandé de pratiquer un échantillonnage en tenant compte des éventuelles variations saisonnières qui peuvent se produire au cours de la période de croissance des végétaux prélevés. Par exemple, pour un légume qui a une croissance qui s'étale sur un mois, il convient d'analyser les dépôts de poussières sur cette période. Ceci implique bien entendu un suivi régulier qui, dans la pratique, n'est pas toujours réalisable. Dans le cas où l'opérateur, pour diverses raisons, est dans l'impossibilité de réaliser ce suivi, une justification doit être donnée dans le rendu final de l'étude, en accord avec le principe de transparence de l'évaluation de risque.

Enfin, il est recommandé de mener cette acquisition de connaissances sur ces différents milieux (vecteurs potentiels de transfert et d'exposition des plantes) pour chacun des potagers investigués.

3 Interface avec le laboratoire d'analyse des végétaux

Comme cela a été signalé précédemment, l'interface avec le laboratoire d'analyses est essentielle pour mener à bien la mesure recherchée. La sélection du laboratoire d'analyse ne

doit pas reposer uniquement sur le critère financier. Des éléments d'appréciation plus techniques sont fournis à l'annexe 7. Il est donc important de prendre contact avec lui le plus tôt possible pour avoir des informations techniques qui permettront de garantir au mieux l'analyse des échantillons dans des conditions optimales.

Ces informations concerneront notamment les points suivants :

- La masse nécessaire à l'analyse (en fonction des substances recherchées et de la limite de quantification analytique souhaitée)
- Le conditionnement (le laboratoire peut avoir des exigences particulières en plus de celles mentionnées ci-dessus)
- Le délai d'expédition optimal (le délai entre l'échantillonnage et la prise en charge par le laboratoire d'analyses devant être réduit au mieux)
- La température à laquelle les échantillons doivent être conservés
- Le mode de transport des échantillons

Ces points sont essentiels pour mener à bien l'analyse ultérieure de l'échantillon du fait, notamment, de la fragilité des matrices végétales. L'opérateur a également la charge de spécifier précisément les besoins au laboratoire d'analyse. Il faut être bien conscient que les pratiques usuelles, par défaut ou normatives, développées pour les végétaux dans d'autres contextes, peuvent ne pas être adaptées aux objectifs visés ici. Ainsi, il sera notamment précisé au laboratoire :

- les organes et les substances à analyser (ces dernières ayant été choisies pour l'évaluation du risque) et les limites de quantification à atteindre (ces derniers pouvant être estimés à partir d'un calcul de risque préliminaire)
- le mode de préparation des échantillons selon les objectifs visés. Ainsi pour les légumes feuilles, il faut demander au laboratoire d'écarter de l'analyse les feuilles extérieures qui sont souvent détériorées, les plus souillées et rarement consommées
- l'éventuel nettoyage (et la qualité de l'eau utilisée le cas échéant) et épluchage des échantillons prélevés. Ces derniers points sont bien sûr fonction des scénarios de consommation spécifiques à chaque cas d'étude et doivent être décidés lors de l'établissement du schéma conceptuel
- l'unité de la mesure (en masse de végétal frais et/ou sec)
- lorsque l'on dispose de l'information, les niveaux de concentrations attendues *a priori* dans les échantillons. Cela est notamment utile pour la préparation des solutions étalons. *A minima*, l'environnement industriel des plantes prélevées peut être signalé au laboratoire.

De façon générique, les onze étapes suivantes peuvent être suivies par le laboratoire pour mener à bien l'analyse. Ces étapes sont reprises dans le logigramme ci-après (Figure 3).

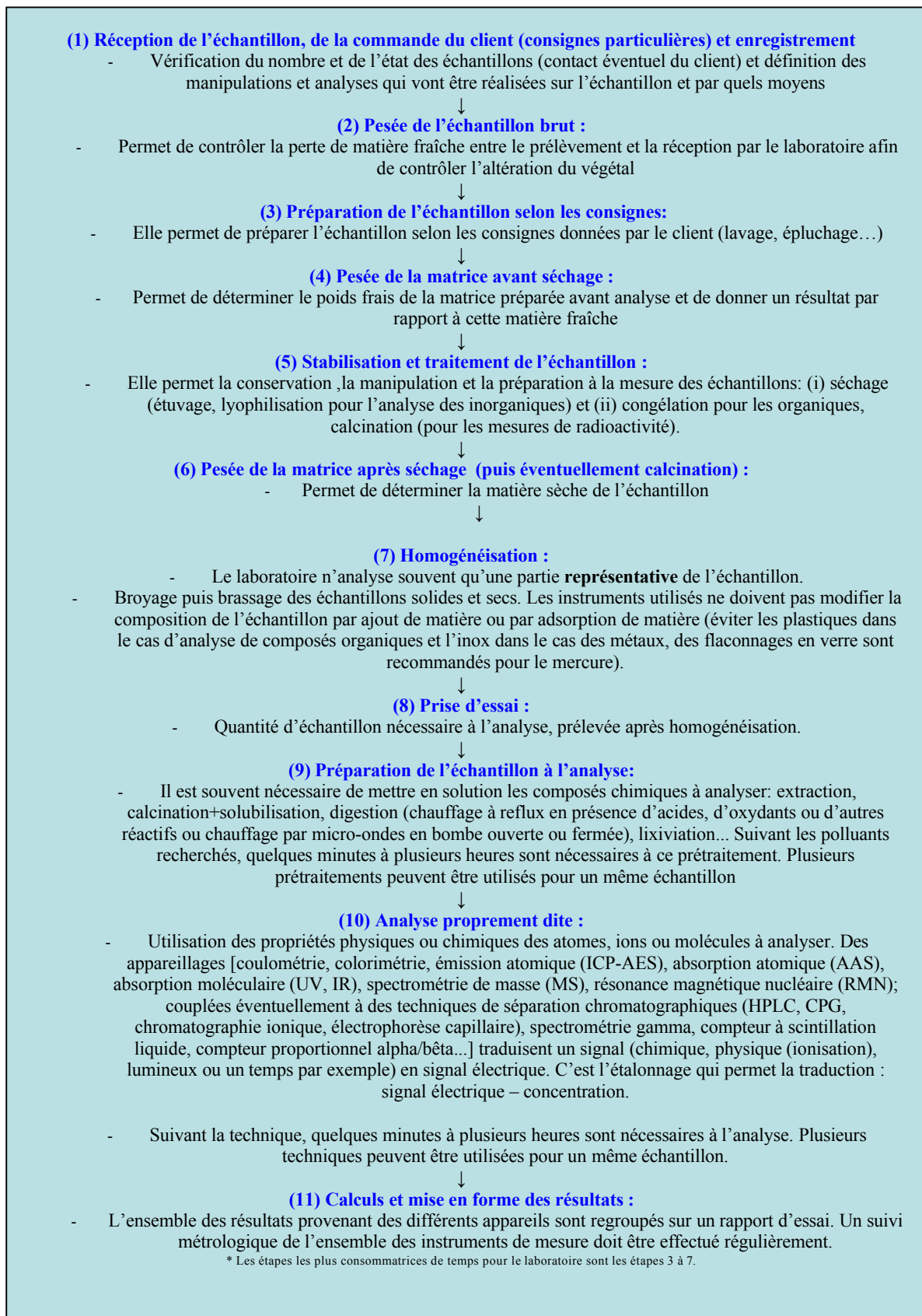


Figure 3 : Etapes de prise en charge, de préparation et d'analyse au laboratoire d'échantillon de végétaux

4 Interprétation des résultats

Ce guide vise à aider un opérateur à élaborer et à mettre en œuvre une stratégie d'échantillonnage de végétaux avec l'objectif d'obtenir des informations représentatives du contexte local. Il n'a pas vocation à guider l'interprétation des résultats d'analyses. Ce dernier point relève des outils de gestion mis en place par les autorités compétentes et il convient donc de s'en rapprocher pour exploiter les données acquises. Seuls quelques éléments sont rappelés ci-après.

4.1 Analyse qualitative des résultats d'analyses

Il est impératif de réaliser une analyse critique des résultats à la lumière des informations obtenues précédemment et notamment relatives aux pratiques des jardiniers. Cette démarche doit s'appuyer sur les informations collectées sur le terrain et mentionnées dans les fiches de prélèvements (annexe 4 et 5) ainsi que sur les résultats d'analyse transmis par le laboratoire (annexe 8). Dans le cas où les données obtenues par le laboratoire d'analyse semblent incohérentes au regard des connaissances du dossier (pratique culturale, installation industrielle étudiée, historique de contamination des milieux par exemple), il est alors possible de demander au laboratoire prestataire des analyses, de vérifier les bordereaux d'analyse.. Il est souhaitable de réaliser l'ensemble des analyses dans le même laboratoire. Il peut aussi être très utile de demander au laboratoire de conserver les échantillons (aliquotes) pendant quelques semaines dans le cas où une contre analyse serait souhaitée.

4.2 Eléments d'évaluation de la contamination des végétaux

L'interprétation des résultats au regard de l'alimentarité des végétaux ne repose pas sur une seule démarche systématique et universelle mais sur plusieurs. Parmi celles-ci, on peut citer celle consistant à comparer les teneurs mesurées aux seuils d'alimentarité dans les végétaux, lorsqu'ils existent. A titre d'exemple, pour les légumes, les seuils réglementaires sont fixés par le règlement européen n°466/2001 du 8 mars 2001, pour deux éléments inorganiques : le cadmium et le plomb (annexe 9). Une autre approche consiste à intégrer les résultats d'analyses dans une démarche quantifiée des risques sanitaires, par le biais des calculs de dose d'exposition. Le choix de la démarche relève des autorités compétentes concernées et s'appuie notamment sur les connaissances scientifiques et les spécificités locales.

4.3 Elément d'évaluation de la contribution de l'installation industrielle étudiée sur la contamination éventuelle des légumes prélevés

Les résultats relatifs aux potagers non impactés par l'installation industrielle étudiée pourront être utilisés à titre comparatif avec ceux obtenus sur le périmètre impacté afin de discuter de l'influence de l'installation sur l'exposition des riverains. Cette approche permet de relativiser l'impact de l'installation industrielle étudiée par rapport à un contexte initial (avant son implantation) ou par rapport à d'autres sources de contamination le cas échéant. Une mauvaise compréhension de ces aspects exposerait en effet à formuler des modalités de gestion de la situation pouvant être inadaptées et donc inefficaces au final. Parmi ces modalités de gestion, et selon les éléments acquis de compréhension des phénomènes de contamination des plantes potagères, on peut citer par exemple :

- une intervention sur la zone source identifiée de manière à réduire les émissions,
- une intervention pour procéder au retrait des sols de potager contaminés lorsque ce milieu aura été identifié comme principale voie de transfert des polluants vers les plantes
- des recommandations relatives aux cultures et adressées à l'attention des jardiniers (types de cultures à privilégier eu égard à leur sensibilité à la pollution ; non usage de l'eau d'une nappe pour l'arrosage des potagers ; et dans les cas les plus délicats, non consommation des plantes cultivées).

Naturellement ces modalités de gestion seront dépendantes des résultats de l'étude engagée sur les végétaux, mais elles seront également le plus souvent dépendantes des résultats d'études menées sur les autres milieux environnementaux. C'est en effet la connaissance et la compréhension du mode de fonctionnement d'un site (schéma conceptuel abouti) qui permettra de prendre les décisions les plus appropriées au contexte étudié.



Annexe 1

Eléments de connaissance des potagers et des espèces potagères

Le potager :

Le jardin potager peut se définir comme une parcelle, ordinairement close le plus souvent attenante à une habitation, sur laquelle est pratiquée la culture vivrière de légumes destinée à la consommation familiale. Il a donc essentiellement une fonction utilitaire, même si ce type de jardinage peut être un passe-temps agréable et pour certains une passion. Ce type de jardin est souvent ordonné en planches. Les jardins familiaux et ouvriers généralement mis à disposition des familles par des villes ou des entreprises se distinguent des précédents principalement par leur regroupement dans un même secteur et leur détachement des lieux d'habitation.

Selon l'étude « Fonciers et jardins familiaux » de 1995 menée par la SCAFR (Société de Conseil pour l'Aménagement Foncier Rural) qui s'appuie sur des données de l'INSEE, il existe en France :

- 7,7 millions de jardins potagers couvrant une superficie de 225 000 hectares
- 20 000 jardins cheminots de 250 m² chacun et représentant 500 hectares
- 2 000 hectares de jardins familiaux

Les jardins potagers peuvent avoir des surfaces très variables. Dans son ouvrage « la culture des légumes », en 1975 Louis Giordano distingue :

- les petits jardins < 200 m²
- les jardins moyens < 800 m²
- les grands jardins > 800 m²

Même si ce découpage n'a pas forcément beaucoup évolué, les publications sur le sujet montrent qu'une grande majorité des jardins sont de surface comprises entre 100 et 300 m². En 1998, Nathalie Coatglas dans son mémoire intitulé « le jardin familial : loisir ou travail » cite le cas du jardin familial de la Vendée à Cholet » qui compte 369 parcelles de 150 à 300 m². De même, un inventaire national des jardins ouvriers et familiaux mené par la ligue française du coin de terre et du foyer pour le compte du ministère en charge de l'environnement en 1993 s'appuie sur des parcelles de 215 à 250 m². A noter que dans la notion de surface, il faut bien distinguer la surface cultivée ou cultivable ou encore surface utile de la surface totale qui compte elle des espaces non cultivés tels que les allées.

La classification des espèces potagères :

Il existe plusieurs classifications des espèces potagères qui s'appuient sur des critères particuliers. On peut cependant distinguer 3 principales approches ayant des finalités très différentes.

1 – la classification liée aux pratiques de jardinage

Les manuels de jardinage proposent une classification des espèces basées sur la prise en compte de l'assolement dont le principe est de favoriser les rotations de cultures pour éviter le développement des maladies. Louis Giordano dans « la culture des légumes – 1975 » distingue :

- les légumes feuilles (salade, chou)
- les légumes graines (haricot, pois)
- les légumes fruits et racines (tomate, carotte)
- les légumes vivaces (fraisiers, asperge)

Chez les passionnés, on retrouve alors sur le terrain un découpage de la parcelle potagère selon ces quatre types de légumes. Cependant, cette classification d'espèces n'est pas pertinente dans le cadre de ce guide, dont la finalité amène à privilégier les notions de consommation plutôt que les contraintes techniques de culture.

2 – les classifications botaniques

La taxinomie (du grec *ταξινομία taxis*, « placement », « mise en ordre », et *nomos*, « loi ») est la science qui a pour objet de décrire les organismes vivants (ou ayant vécu) et de les regrouper en entités appelées taxons (familles, genres, espèces, etc.) afin de pouvoir les

[nommer](#) et les [classer](#). Sans présenter cette classification de manière globale, cette partie du guide ne reprend que les taxons les plus directement en lien avec la thématique des plantes potagères, et ce de manière très sommaire :

Famille

Les plantes potagères que l'on trouve dans les jardins comprennent principalement les légumes, les fruits, les herbes aromatiques et condimentaires. Il existe plusieurs classifications de ces plantes qui reposent sur des critères spécifiques. Par exemple, en biologie et en botanique, on distingue la classification classique qui désigne la classification scientifique acceptée, qui s'oppose à la classification phylogénétique, qui représente la nouvelle classification scientifique basée sur les séquences d'ADN. Sans revenir sur les nombreuses déclinaisons de ces approches (selon leurs auteurs) qui génèrent des classifications spécifiques, dans le cadre de ce guide, la classification classique des plantes potagères par familles botaniques est proposée dans le tableau ci-dessous, lui-même extrait de l'encyclopédie libre Wikipédia² :

Familles	Légumes	Herbes aromatiques et condimentaires	Fruits
Apiacées (Ombellifères)	carotte , céleri-rave , fenouil , panais	angélique , céleri , cerfeuil , fenouil , persil	
Astéracées (Composées)	artichaut , cardon , chicorée , endive , laitue , salsifis , scorsonère , topinambour	estragon	
Brassicacées (Crucifères)	brocoli , cresson de fontaine , chou , chou de Bruxelles , chou-fleur , chou-rave , navet , radis , roquette , rutabaga	raifort , roquette	
Chénopodiacées	bette , betterave , épinard , poirée		
Convolvulacées	patate douce		
Cucurbitacées	chayote , citrouille , concombre , courge , courgette , pâtisson , potimarron , potiron	cornichon	melon , pastèque
Fabacées (Papilionacées)	fève , haricot , lentille , petit pois , pois chiche , soja		
Grossulariacées			cassissier , groseillier
Lamiacées (Labiées)	crosne du Japon	basilic , carvi , hysope , marjolaine , mélisse , menthe , origan , sarriette , sauge , thym	
Liliacées	ail , asperge , échalote , oignon , poireau	ail , ciboule , ciboulette , échalote , oignon	
Poacées	maïs doux , pousses de bambou		
Polygonacées	oseille , rhubarbe		
Rosacées			fraisier , framboisier , ronce (mûres)
Solnacées	aubergine , piment , poivron , pomme de terre , tomate	piment	

Espèce

Principale catégorie de la taxinomie qui regroupe des individus semblables et qui peuvent généralement se reproduire entre eux.

² http://fr.wikipedia.org/wiki/Liste_des_plantes_potag%C3%A8res_par_familles_botaniques

Variété

Catégorie de la taxinomie inférieure à l'espèce. La variété regroupe des individus d'une même espèce qui possèdent un caractère distinctif commun. La Belle de Fontenay est une variété de (l'espèce) pomme de terre (*Solanum tuberosum*) appartenant à la famille botanique des Solanacées.

Cultivar

Ensemble d'individus cultivés qui se singularisent par des caractères communs (morphologiques, physiologiques, chimiques, et autres) intéressants pour l'agriculture, la foresterie ou l'horticulture et qui, lorsqu'ils sont reproduits (par voie sexuée ou asexuée), conservent leurs caractéristiques distinctives.

Il s'agit donc d'un terme scientifique désignant toute variété agricole quelle qu'en soit la nature génétique. Cependant, certains auteurs restreignent encore la notion de cultivar aux variétés obtenues par sélection.

3 – la classification en lien avec l'analyse de risque

Dans le cadre des études de risques, les plantes potagères sont classées principalement selon la partie de la plante qui est consommée ; cela s'appuie sur une hypothèse (peu discutée à ce jour) des équivalences de transferts ou d'exposition des organes des plantes selon leur morphologie (tige, feuille, fruit, racine...) et leur position par rapport au sol (dans le sol, en surface, en hauteur). Par ailleurs les données sur les habitudes alimentaires et les quantités consommées existant dans la littérature contribuent aussi indirectement à façonner cette classification. Pour éviter toute confusion avec la classification botanique précitée qui se réfère à la notion de famille, la terminologie retenue dans le présent guide pour caractériser cette classification est la notion de « type ». On distingue ainsi près de dix types de légumes :

- légumes **racines** (carotte, betterave, navet, radis, salsifis...)
- légumes **tubercules** (pomme de terre, topinambour...)
- légumes **feuilles** (salade, céleri, épinard, chou, fenouil, oseille, rhubarbe...)
- légumes **fruits** (tomate, aubergine, concombre, cornichon, courge, melon...)
- légumes **tiges** (poireau, asperge, chou-rave...)
- légumes **secs** (fève, haricot, lentille, petit pois...)
- légumes **fleurs** (artichaut, chou-fleur, brocoli...)
- les **bulbes** (ail, échalote, oignon...)
- les **fines herbes** (cerfeuil, persil, ciboulette, laurier...)

A noter que dans le cadre des études de risque, les quatre ou cinq premiers types de légumes sont les plus couramment échantillonnés sur le terrain et des regroupements sont aussi pratiqués parfois (tubercules et racines ou feuilles et tiges par exemple) pour réduire le nombre d'échantillons prélevés ou lorsque le nombre d'espèces présents dans le potager est faible.

L'analyse de cette classification montre qu'elle est sans lien avec la classification des familles botaniques précitées. Ainsi, les légumes feuilles se répartissent sur au moins cinq familles botaniques différentes. Même la pomme de terre et le topinambour qui sont regroupées au sein des légumes de type tubercule appartiennent à deux familles botaniques distinctes (solanacées et astéracées).

En dehors de l'argumentaire présenté précédemment sur les raisons expliquant cette classification, il n'y a pas de fondement scientifique pour considérer par exemple que l'oseille et la laitue puisse être considérées équivalentes sur le plan des transferts de substances. Ainsi, la démarche classique en étude de risque qui consiste à extrapoler les résultats d'analyse obtenus sur une espèce (par exemple la laitue) à l'ensemble des salades, puis à l'ensemble des légumes feuilles est discutable. Cette remarque est tout à fait valable également pour l'extrapolation au sein d'une même espèce des différentes variétés et même cultivars. Cependant, pour des questions de pragmatisme, il est difficile en l'état de remettre en cause cette démarche. Cela doit inviter à être modeste dans l'analyse et l'interprétation des résultats tandis que les limites de connaissance ainsi que toutes les hypothèses formulées et informations collectées (variétés échantillonnées et pas seulement espèces...) doivent être précisées dans les rapports d'étude.

On peut rappeler enfin que la réglementation existante pour les teneurs maximales en certains polluants dans les végétaux fait référence à une classification qui diffère légèrement de celle-

ci (annexe 9). Par exemple, pour le plomb, les fruits sont classés en deux catégories : 1 - les petits fruits et les baies ; 2 – les autres fruits. Entre les deux, les teneurs maximales autorisées se distinguent par un facteur deux. Il est donc essentiel de tenir compte de cette distinction pour interpréter les résultats d'analyse eu égard à la réglementation. Pour le cadmium, cette distinction au niveau des fruits n'existe pas dans la réglementation. Par contre, cette dernière distingue les céleris-raves, pour lesquels la teneur maximale autorisée est également deux fois supérieures à celle autorisée au sein de tous les autres légumes racines. Cela démontre que pour le cadmium, les teneurs mesurées dans les céleris-raves ne peuvent pas être extrapolées à l'ensemble des espèces appartenant à ce type de légume.

Annexe 2 Références bibliographiques

Circulaires :

- Circulaire du DPPR-MEDD du 25 octobre 2004 relative à l'inspection des Installations Classées – Plan National Santé Environnement (PNSE).

Valeurs guides :

- Règlement (CE) N° 466/2001 de la Commission du 8 mars 2001 portant fixation de teneurs maximales pour certains contaminants dans les denrées alimentaires. Journal officiel des Communautés européennes L 77 du 16/03/2001.
- Les résidus de pesticides dans les denrées alimentaires d'origine végétale sont régis par trois directives du Conseil (voir site Internet de l'Observatoire des résidus de pesticides au <http://www.observatoire-pesticides.gouv.fr/index.php?pageid=302>) :
 - [76/895/CEE](#) (concernant la fixation des teneurs maximales pour les résidus de pesticides sur et dans les fruits et légumes),
 - [86/362/CEE](#) (concernant la fixation des teneurs maximales pour les résidus de pesticides sur et dans les céréales),
 - [90/642/CE](#) (concernant la fixation des teneurs maximales pour les résidus de pesticides sur ou dans certains produits d'origine végétale, y compris les fruits et légumes).
- Conseil Supérieur d'Hygiène Publique de France (CSHPF). « Plomb, cadmium et mercure dans l'alimentation : évaluation et gestion du risque ». (1996). Paris : Tec & Doc Lavoisier Edition.

Guides méthodologiques français en lien avec la thématique abordée dans le présent document et accessibles depuis le site Internet du Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable : <http://www.sites-pollues.ecologie.gouv.fr/>

A mettre à jour par rapport aux nouveaux outils

- Gestion des sites pollués – Diagnostic approfondi et évaluation détaillée des risques – Version 0 – BRGM – 2000.
- Guide méthodologique sur la gestion des sites industriels potentiellement contaminés par des substances radioactives - Version 0 – IRSN - mai 2001.
- Nouveaux guides à venir en 2007 dont notamment : Interprétation de l'Etat des Milieux (IEM) et Analyse des Risques Résiduels (ARR) ; documents en consultation sur le site Internet du MEDD : <http://www.sites-pollues.ecologie.gouv.fr/>

Transferts sol-plantes - Les publications sont nombreuses sur le sujet, même si celles portant sur les plantes potagères sont moins répandues. Le premier document cité ci-dessous constitue un état de l'art sur le transfert sols – plantes (à vocation alimentaire) des métaux. Le second document comporte une synthèse des données portant spécifiquement sur les plantes potagères et une analyse de l'effet de l'espèce et de la variété sur les transferts de métaux ; le troisième document aborde la question de la modélisation des transferts sol plantes de polluants organiques. Ces documents renvoient vers de nombreuses références bibliographiques en la matière :

- Contamination des sols – transferts des sols vers les plantes ; Juillet 2005 – 414 pages – ISBN 2-86883-793-X – Editeur EDP Sciences et ADEME, Réf. : 3362
- RIVM rapport 711701 024 / 2001 - Accumulatie van metalen in planten ; Eenbijdrage aan de technische evaluatie van de interventiewaarden en de locatiespecifieke risicobeoordeling van verontreinigde bodem ; C.W. Versluis en P.F. Otte ; 149 p.
- Absorption des métaux par les plantes potagères : étude de l'influence des paramètres espèce et cultivar sur le transfert sol-plante ; projet BAPPET (en cours) ; synthèse de données bibliographiques et exploitation - à paraître en 2007
- Modèles de transfert sol plantes des polluants organiques ; tome 1 – revue bibliographique – 59 pages - 2002 ; Modèles de transfert sol plantes des polluants organiques ; tome 2 – intercomparaison de modèles physiologiques et empiriques à partir de données expérimentales – 43 pages – 2005 ; INERIS

Information sur les potagers

Il existe de nombreuses sources documentaires traitant de la thématique des jardins potagers tant cette pratique est répandue sur le territoire national ; Il convient de citer en tout premier lieu la Fédération Nationale des Jardins Familiaux (FNJF) qui dispose d'un centre de documentation (Paris) ouvert au public : <http://www.jardins-familiaux.asso.fr/reseau.html> ; on peut également, sans être exhaustif, citer le site

<http://bdsi.cg71.fr/pages/v40.htm> et celui de l'INRA http://www.inra.fr/cgi-bin/Internet/Produits/webtexto/cmdlist?/usr/local/www/apache/conf/webtexto/ESR/txtoweb_inter.conf+BDESR+INTBDESR+00014540 qui proposent une liste d'ouvrages abordant différents aspects du jardinage. Enfin, les références citées dans le guide sont listées ci-après :

- Fonciers et jardins familiaux ; 1995 ; étude menée par la SCAFR (Société de Conseil pour l'Aménagement Foncier Rural) à partir des données INSEE.
- La Culture des légumes ; Louis Giordano ; photographies de Pierre Auguste. - Neuilly-sur-Seine : Dargaud, 1975 (Paris : impr. J. Mussot). - 96 p. : ill. couv. ill. en coul. ; 22 cm. - Photogestes Rustica).
- Le jardin familial : loisir ou travail ; le cas du jardin familial de la Vendée à Cholet ; Nathalie Coatglas, 1998.

Paramètres d'exposition

Taux de consommation de végétaux auto-produits :

- CIBLEX, novembre 2003 – Banque de données de paramètres descriptifs de la population française au voisinage d'un site pollué, Publication ADEME - IRSN - Cédérom réf. : 4773.
- CREDOC (1998) Les activités d'extérieur et d'intérieur dans le Nord-Cotentin. Centre de recherche pour l'étude et l'observation des conditions de vie, Paris, 1998.
- Descamps B., Guillet F. (2003) Enquête alimentaire dans trois secteurs de la basse vallée du Rhône : Codolet, Tresques, Camargue. *Consommation/autoconsommation Radioprotection 2003*, Vol. 38, n° 3, pages 299 à 322
- Dubeaux D. (1994) Les français ont la main verte. INSEE Première 338
- Durand V, Vray F, Mercat-Rommens C, (2006) Improving the knowledge of exposure by ingestion thanks to food surveys, International ISEE/ISEA conference, Paris, 2-8 september 2006
- Prezioso P. et al. (1991) Consommation alimentaire d'un échantillon représentatif de la population du Val-de-Marne. *Rev. Epidém. Et Santé Publ.* **39** 221-231.
- Séverine Gojard et Florence Weber (1995) Jardin, jardinage et autoconsommation alimentaire. INRA, sciences sociales n°2. <http://www.inra.fr/Internet/Departements/ESR/publications/iss/pdf/iss95-2.pdf>
- Taux de consommation de végétaux en France : Consommation moyenne de quelques produits alimentaires – Source INSEE – Comptes nationaux, Base 2000.
- Volatier J.L. (Coordonnateur), Enquête INCA, Individuelle et Nationale sur les Consommations Alimentaires, AFSSA, Paris, édition TEC&DOC, 2000.

Méthodes

- Protocoles analytiques

- NF V03-009-2 (juillet 2002) : Produits alimentaires – Mesure de la radioactivité dans les denrées alimentaires – Partie 1 : guide pour la préparation des échantillons de denrées alimentaires – Obtention d'un échantillon pour essai

- Protocoles d'échantillonnage

- NF V03-009-1 (juillet 2002) : Produits alimentaires – Mesure de la radioactivité dans les denrées alimentaires – Partie 1 : guide pour l'échantillonnage, le transport et la conservation des denrées alimentaires – Obtention d'un échantillon pour laboratoire
- Recommandation pour les prélèvements de végétaux – site internet du laboratoire d'analyse de végétaux de l'Inra à Bordeaux (USRAVE) : http://www.bordeaux.inra.fr/web_usrave/table.htm - 2003

Méthodes relatives à la mesure de la radioactivité

5 Eau

PR NF EN ISO 5667-1 (novembre 2005)

Titre : Qualité de l'eau - Échantillonnage - Partie 1 : guide général pour l'établissement des programmes d'échantillonnage et sur les techniques d'échantillonnage.

NF EN 25667-2 (décembre 1993)

Titre : Qualité de l'eau - Échantillonnage - Partie 2 : guide général sur les techniques d'échantillonnage.

NF EN ISO 5667-3 (juin 2004)

Titre : Qualité de l'eau - Échantillonnage - Partie 3 : lignes directrices pour la conservation et la manipulation des échantillons.

6 Sols

NF ISO 18589-1 (décembre 2005)

Titre : Énergie nucléaire – Mesure de la radioactivité dans l'environnement – Sol – Partie 1: lignes directrices générales et définition.

PR NF ISO 18589-2 (janvier 2006)

Titre : Énergie nucléaire – Mesure de la radioactivité dans l'environnement – Sol – Partie 2 : méthode pour la sélection de la stratégie d'échantillonnage, échantillonnage et prétraitement des échantillons.

NF M60-790-2 (juillet 1999)

Titre : Énergie nucléaire - Mesure de la radioactivité dans l'environnement - Sol - Partie 2 : guide pour la sélection des zones de prélèvement, l'échantillonnage, le transport et la conservation des échantillons de sol.

NF M60-790-3 (juillet 1999)

Titre : Énergie nucléaire - Mesure de la radioactivité dans l'environnement - Sol - Partie 3 : méthode pour le prétraitement des échantillons de sol.

NF M60-790-4 (juillet 1999)

Titre : Énergie nucléaire - Mesure de la radioactivité dans l'environnement - Sol - Partie 4 : méthode pour une mise en solution des échantillons de sol.

7 Bioindicateurs

NF M60-780-0 (mars 2001)

Titre : Énergie nucléaire - Mesure de la radioactivité dans l'environnement - Bioindicateurs - Partie 0 : principes généraux.

NF M60-780-1 (mars 2001)

Titre : Énergie nucléaire - Mesure de la radioactivité dans l'environnement - Bioindicateurs - Partie 1 : guide général pour l'établissement des programmes d'échantillonnage

NF M60-780-2 (mars 2001)

Titre : Énergie nucléaire - Mesure de la radioactivité dans l'environnement - Bioindicateurs - Partie 2 : guide général sur les techniques d'échantillonnage

NF M60-780-3 (mai 1997)

Titre : Énergie nucléaire - Mesure de la radioactivité dans l'environnement. Bioindicateurs - Partie 3 : guide général pour la conservation et la manipulation des échantillons.

NF M60-780-4 (mai 1997)

Titre : Énergie nucléaire - Mesure de la radioactivité dans l'environnement. Bioindicateurs - Partie 4 : guide général pour la préparation des échantillons.

NF M60-780-5 (octobre 2000)

Titre : Énergie nucléaire - Mesure de la radioactivité dans l'environnement - Bioindicateurs - Partie 5 : guide général pour l'échantillonnage d'indicateurs biologiques du milieu terrestre

8 Aliments

NF V03-009-1 (juillet 2002)

Titre: Produits alimentaires - Mesure de la radioactivité dans les denrées alimentaires - Partie 1 : guide pour l'échantillonnage, le transport et la conservation des denrées alimentaires - Obtention d'un échantillon pour laboratoire

NF V03-009-2 (juillet 2002)

Titre : Produits alimentaires - Mesure de la radioactivité dans les denrées alimentaires - Partie 2 : guide pour la préparation des échantillons de denrées alimentaires - Obtention d'un échantillon pour essai

Fond géochimique et radiologique

- Données sur les concentrations de métaux lourds dans les sols : Parmi les documents et bases de données existantes sur ce sujet on peut citer :

- Base de données sur les ETM des sols agricoles français
⇒ <http://gissol.orleans.inra.fr/programme/bdetm/bdetm.php>
- Base de données sur l'état des sols français (pas uniquement ETM) avec approche pédologique
⇒ <http://www.gissol.fr/programme/rmqs/rmqs.php>
- Programme ASPITET portant sur l'acquisition et l'interprétation des teneurs en ETM
⇒ <http://etm.orleans.inra.fr/webetm2.htm>
- Inventaire Minier National géré par BRGM portant sur des sols et sédiments dans des secteurs métallifères marqués
⇒ <http://www.infoterre.brgm.fr>
- Référentiel géochimique Nord-Pas-de-Calais
⇒ <http://www.lille.inra.fr/Documents/rpg.htm>
- Référentiel géochimique des sols autour des friches industrielles de Lorraine
- Geochemical Atlas of Europe – incluant les sols, limons, sédiments
⇒ <http://www.gsf.fi/publ/foregsatlas/index.php>
- Dérogations relatives à la réglementation sur l'épandage des boues de stations d'épuration. Comment formuler une demande pour les sols à teneurs naturelles élevées en éléments traces métalliques ? ADEME et APCA (2005)
⇒ <http://www2.ademe.fr/servlet/getDoc?id=32326&cid=96&m=3&p1=3>

- Données sur la radioactivité dans l'environnement en France :

- IRSN (2004 et 2005) Bilan radiologique de l'environnement en France, reconduit chaque année
- IRSN (2004) Suivi radioécologique des sites EDF (4 tomes), reconduit chaque année.
- IRSN (2001) Radioactivité d'origine naturelle dans l'environnement en France (rapport technique DPRE / SERNAT / 2001-11).
- OPERA (Observatoire permanent de la radioactivité de l'environnement : site Internet accessible à partir de www.irsn.org)
- Réseau national de mesures de la radioactivité dans l'environnement (www.mesure-radioactivite.fr).

Annexe 3
Calendrier de récolte

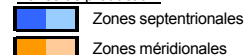
Stades de récolte des principaux fruits et légumes en France

	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre	références
LEGUMES													
Ail (<i>Allium sativum</i>)													(1)(3)(5)
Alkéenge jaune doux (<i>Physalis peruviana</i>)													(3)
Anis vert (<i>Pimpinella anisum</i>)													(3)
Artichaut (<i>Cynara scolymus</i>)													(1)(3)(5)
Asperge (<i>Asparagus officinalis</i>)													(1)(3)(5)
Aubergine (<i>Solanum melongena</i>)													(1)(3)(5)
Betterave rouge (<i>Beta vulgaris</i>)													(1)(2)(3)(5)
Cardon (<i>Cynara cardununculus</i>)													(1)(3)
Carotte (<i>Daucus carotta</i>)													(1)(3)(5)
Céleri à cotes (<i>Apium graveolens</i>)													(1)(3)(5)
Céleri rave (<i>Apium graveolens</i>)													(1)(5)
Chicorée endive (<i>Cichorium endivis</i>)													(1)(3)(5)
Chou fleur (<i>Brassica oleracea</i>)													(1)(2)(3)(5)
Chou de Bruxelles (<i>Brassica oleracea</i>)													(1)(2)(3)(5)
Chou pommé (<i>Brassica oleracea</i>)													(1)(2)(3)(5)
Ciboulette (<i>Allium schoenoprasum</i>)													(1)(2)(3)
Concombre (<i>Cucumis sativus</i>)													(2)(3)(5)
Courgette (<i>Cucurbita pepo</i>)													(1)(3)(5)
Crosne du Japon (<i>Stachys sieboldii</i>)													(1)(3)
Echalotte (<i>Allium cepa</i>)													(1)(2)(5)
Epinard (<i>Spinacia oleracea</i>)													(1)(2)(5)
Fenouil (<i>Foeniculum vulgare</i>)													(1)(5)
Haricot (<i>Phaseolus vulgaris</i>)													(1)(5)
Laitue (<i>Lactuca sativa</i>)													(1)(5)
Lentille (<i>Lens culinaris</i>)													(1)
Mache (<i>Valerianella oleria</i>)													(1)
Navet (<i>Brassica campestris</i>)													(1)(5)
Oignon (<i>Allium cepa</i>)													(1)(3)(5)
Oseille (<i>Rumex</i>)													(3)

Stades de récolte des principaux fruits et légumes en France

	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre	références
LEGUMES													
Persil (<i>Petroselinum crispum</i>)													(1)(5)
Piment (<i>Capsicum annuum</i>)													(2)(3)
Poireau (<i>Allium porrum</i>)													(1)(5)
Pois (<i>Pisum sativum</i>)													(1)(3)
Poivron (<i>Capsicum annuum</i>)													(1)(5)
Pomme de terre (<i>Solanum tuberosum</i>)													(2)(3)
Radis (<i>Raphanus sativus</i>)													(2)(5)
Rhubarbe (<i>Rheum hybridum</i>)													(1)(2)(3)
Tomate (<i>Lycopersicon esculentum</i>)													(2)(5)
Topinambour (<i>Helianthus tuberosus</i>)													(1)(3)
FRUITS													
Abricotier (<i>Prunus ameriaca</i>)													(1)(4)(5)
Actinidia (<i>Actinidia sinensis</i>)													(1)(4)
Amandier (<i>Prunus amygdalus</i>)													(3)(4)(5)
Cerisier (<i>Prunus avium</i> & <i>P. cerasus</i>)													(3)(4)(5)
Chataignier (<i>Castanea sativa</i>)													(4)(5)
Cognassier (<i>Cydonia oblonga</i>)													(2)(4)
Fraisier (<i>Fragaria</i>)													(1)(5)
Framboisier (<i>Rubus idaeus</i>)													(3)(5)
Groseiller (<i>Ribes</i>)													(1)(3)
Melon (<i>Cucumis melo</i>)													(1)(3)(5)
Murier (<i>Rubus fruticosus</i>)													(2)
Noisetier (<i>Corylus avellana</i>)													(2)(4)(5)
Noyer (<i>Juglans regia</i>)													(3)(4)(5)
Pastèque (<i>Citrullus vulgaris</i>)													(1)
Pêcher (<i>Prunus persica</i>)													(1)(3)(4)
Poirier (<i>Pyrus communis</i>)													(2)(3)(4)(5)
Pommier (<i>Malus domestica</i>)													(2)(4)(5)
Prunier (<i>Prunus</i>)													(2)(4)(5)
Vigne (<i>Vitis vinifera</i>)													(2)(3)(5)

- références:** (1) Larousse agricole - Le monde paysan au XXI^{ème} siècle édition 2002
 (2) Encyclopédie du Jardinier édition GRUND 1986
 (3) Guide Clause - Traité pratique des travaux du jardinage édition 1971
 (4) GUIHENEUF, Y.; Productions fruitières ed. Synthèse Agricole, 1998
 (5) BROSSARD, D. & LAM QUANG, B.; Le Mémento Fruits Légumes ed. Centre Technique Interprofessionnel des Fruits et Légumes, 1990

Zones de production:


Productivité:


Annexe 4

Fiche d'identification d'un potager

(Ne pas hésiter à faire un plan du potager pour localiser les différents prélèvements)

Opérateur :

Date de visite :

Société :

Commune :

Parcelle (adresse / n°) :

Parcelle témoin (oui / non) :

Mode de contamination supposé (le cas échéant) :

Informations relatives au potager :

Ancienneté (année) :

Surface utile (m² hors allées) :

Arrosage (régulièrement, parfois, jamais) :

Origine de l'eau d'arrosage (puits, réseau AEP, collecte eau de pluie) :

Nombre de personnes du foyer (incluant donc fait à l'extérieur du foyer...) :

Potential d'exploitation (1, 2 ou 3) :

1 - exploitation "intensive" du potager : arrosage dès que nécessaire, nombreuses espèces potagères, amendements réguliers, rotation des cultures avec peu ou pas de pause entre les espèces, éventuellement utilisation d'une serre, pratique régulière voire importante de conserves et surgelés

2 - exploitation "modérée" du potager : espèces classiques cultivées régulièrement mais sans optimisation avec éventuellement quelques conserves

3 - exploitation "faible" du potager : quelques espèces potagères à la belle saison, juste pour le plaisir "

Type de clôture (haie, mur...) (en lien avec la problématique retombées de poussières)

Autre élément à préciser (le cas échéant) :

Informations relatives aux autres milieux: (se référer aux documents ad hoc)

Les sols :

- au sein de la parcelle (hétérogène, homogène...) :
- texture / cohésion (graveleux, sableux, limoneux, argileux) :
- couleur : ; compacité : pH :
- humidité : ; odeur :
- éléments anthropiques (matières organiques grossières, remblais...) :
- apport divers (cendres de cheminée, amendement...) :
- Protocole de prélèvement (unitaire, composite...) :
- Localisation du prélèvement : ; Moyen utilisé :
- Quantité prélevée : ; Conditionnement :

Les eaux :

- Localisation du prélèvement (puits, réseau, citerne...) :
- Protocole de prélèvement (purge, ...) :
- Moyen utilisé : ; Quantité prélevée :
- Conditionnement :

L'air (poussières / gaz)

- Localisation du prélèvement :
- Protocole de prélèvement (débit, période, durée...) :
- Moyen utilisé (matériel, nature du filtre...) :
- Conditionnement :
-

Annexe 5

Fiche d'identification d'un prélèvement de végétaux dans un potager (à imprimer et remplir en deux exemplaires, l'un pour le rapport d'étude, l'autre pour le laboratoire)	
Opérateur :	Date du prélèvement :
Société	Référence du prélèvement :

Commune : Parcelle (adresse / n°) :

Parcelle témoin (oui / non) :

Mode de contamination supposé (le cas échéant) :

Conditions climatiques au cours de l'échantillonnage et des jours précédents :

Type de légume prélevée :

légume feuille

légume racine

légume tubercule

légume fruit

fruit

autre :

Espèce :

Espèce arrosé : oui/non

; Amendement particulier :

Nombre d'individus prélevés :

; Masse prélevée MF (si mesurée) :

Rendement cultural (si connu) :

ou estimé :

Au stade consommation : oui / non ; Si non quel stade :

Substances à analyser :

; Laboratoire destinataire :

Conditionnement : Flaconnage boîte autre (précisez) :

Matière (plastique, téflon...) :

Transport :

Conservation : glacière réfrigérée : oui / non ; Si non précisez :

Transporteur :

Consignes liées à la préparation et à l'analyse :

Annexe 6

Classification des espèces potagères en fonction de leur capacité à l'accumulation d'éléments minéraux d'après Lübben en Sauerbeck (1991), repris par C.W. Versluijs en P.F. Otte (RIVM, 2001)

Capacité à l'accumulation	As	Cd	Cu	Hg	Ni	Pb	Zn
Elevée	Epinards	Carottes Epinards Tomates	Tomates	Epinards haricots	Haricots	Carottes Radis Choux frisés Epinards	Tomates Laitues Haricots
Moyenne	Carottes	Radis Choux Laitues Endives Haricots	Pommes de terre Carottes Laitues Haricots		Carottes Tomates Laitues	Laitues Endives Tomates	
Faible	Pommes de terre	Pommes de terre Betteraves rouges Poireaux Choux frisés	Choux	Pommes de terre	Pommes de terre Choux	Pommes de terre Betteraves rouges Oignons Poireaux Haricots	Pommes de terre Carottes Choux

<p>Annexe 7 Eléments de sélection du laboratoire d'analyse</p>
--

Il est rappelé qu'un véritable dialogue doit s'instaurer entre le laboratoire d'analyse et l'opérateur qui réalise le prélèvement des échantillons végétaux, et ceci préalablement à la mise en place de la campagne d'échantillonnage. L'opérateur doit être vigilant sur les précautions à prendre au moment du prélèvement et sur les impératifs liés à la préparation et à l'analyse des échantillons. Il est recommandé de se renseigner sur le service que peut apporter le laboratoire en plus de ses performances purement techniques : facilité de contact, temps de réponse, délais analytiques, prise en compte des préoccupations, écoute des besoins, aménagements administratifs possibles (paiement, facturation, références particulières....)

Il est conseillé de choisir, si possible, un laboratoire d'analyse qui est engagé dans une démarche de qualité. Cependant, un laboratoire certifié « ISO » peut être moins performant d'un point de vue technique, qu'un laboratoire qui n'a pas investi dans sa reconnaissance. Contrairement à l'accréditation, la certification ISO ne vérifie pas les performances techniques.

Ci-après sont expliquées les notions d'agrément, de certification et d'accréditation.

➤ *Agrément* : le laboratoire est reconnu par l'état pour réaliser certains types d'analyse. Ainsi, à titre d'exemple pour les mesures de radioactivité, les agréments des laboratoires pour les mesures au titre de l'article R. 1333-11 du code de la santé publique sont délivrés par décision de l'Autorité de sûreté nucléaire en application de la loi n°2006-686 du 13 juin 2006 relative à la transparence et à la sécurité en matière nucléaire et de l'arrêté du 27 juin 2005 portant organisation du Réseau national de mesures de la radioactivité de l'environnement et fixant les modalités d'agrément des laboratoires. »

➤ *Certification* : le laboratoire a été évalué par un organisme indépendant de certification pour son mode d'organisation (certification ISO 9001 par exemple). Cette certification reconnaît en particulier au laboratoire, sa démarche qualité, son suivi rigoureux des dossiers clients (traçabilité par exemple) et son choix judicieux des fournisseurs ;

➤ *Accréditation (suivant la norme NF EN ISO/CEI 17025 par exemple)* : délivrée par un organisme indépendant, l'accréditation reconnaît la démarche qualité menée, la rigueur et la traçabilité des dossiers clients et fournisseurs, ainsi que la compétence technique du laboratoire (validité et traçabilité des résultats d'analyse). En France, le COFRAC tient à jour sur son site Internet (<http://www.cofrac.fr/fr/recherche/default.htm>) la liste des laboratoires accrédités ainsi que les portées d'accréditation (voir ci-dessous).

Un laboratoire accrédité ou certifié peut avoir reçu une certification ou une accréditation pour seulement une partie de son activité. Il est ainsi nécessaire de se renseigner, auprès du laboratoire ou auprès de l'organisme accréditeur, sur la portée et le programme de référence de la certification ou de l'accréditation pour savoir quelles sont les activités couvertes. Il est important de noter qu'un protocole est mis au point et validé : (i) pour une substance, (ii) dans une matrice, et (iii) pour une gamme de concentration. C'est pourquoi il est nécessaire d'interroger le responsable du laboratoire sur ces 3 points.

Lorsque l'on dispose de l'information, il est conseillé pour l'opérateur, lors de ses contacts préalables avec le laboratoire d'analyse, d'informer le laboratoire sur une gamme de concentration attendue dans les échantillons récoltés. Cette gamme peut être estimée à partir

de résultats préliminaires ou d'une recherche bibliographique (ordre de grandeur de concentration habituelle dans le végétal). Il est important que la limite (ou seuil) de quantification (LQ) (valeur minimale mesurée par le laboratoire avec une bonne précision) de la technique proposée par le laboratoire soit inférieure aux valeurs attendues. Il est important également de connaître la méthode utilisée par le laboratoire pour déterminer cette limite de quantification. Certaines valeurs données comme LQ sont en fait les valeurs les plus faibles que l'appareil peut atteindre lors de l'analyse de solutions 'propres' type solutions étalons (LQ analytique). En pratique, sur des échantillons réels, en raison de matrices parfois complexes (matrices végétales notamment), la limite de quantification 'pratique' sera, très souvent, supérieure à la LQ analytique.

Dans le domaine du mesurage de rayonnements ionisants, les notions de limite de détection et de seuil de décision sont utilisés. Un seuil de décision est une valeur statistique qui permet de prendre une décision pour un mesurage, avec une probabilité d'erreur donnée de décider que le résultat de mesurage indique la présence d'un effet physique quantifiée par le mesurande. La limite de détection est une valeur statistique qui spécifie la valeur minimale du mesurande qui peut être détectée avec une probabilité d'erreur donnée lors de l'utilisation de la procédure de mesurage en question. Par conséquent cela permet de décider si une méthode de mesure satisfait à certaines exigences, et est par conséquent adaptée à l'objectif fixé du mesurage. Les valeurs mesurées doivent être comparées au seuil de décision, alors que la limite de détection doit être comparée à la valeur de référence (valeur qui correspond aux exigences scientifiques ou réglementaires que la procédure est destinée à évaluer).

A titre d'exemple, les informations suivantes peuvent renseigner sur les performances du laboratoire d'analyse :

- réaliser le choix des substances,
- volume d'échantillons végétaux traités chaque année,
- volume d'analyses de même type que celles souhaitées par l'opérateur traité chaque année,
- passage systématique avec les échantillons inconnus d'échantillons de référence ou de matériaux de référence certifiés (matrice et composés recherchés de même nature que les échantillons analysés : un végétal pour un végétal par exemple),
- emploi de blanc de préparation et d'analyse (pour vérifier qu'il n'y a pas de pollution au cours des analyses),
- validation des méthodes utilisées,
- participation à des circuits inter-laboratoires (par ex. circuit européen IPE : International Plant Exchange de l'université de Wageningen dans le cas des végétaux).

Enfin, il est important que l'opérateur soit conscient du temps nécessaire pour l'analyse. Les durées nécessaires à l'analyse chimique sont souvent relativement longues à cause des préparations. Le laboratoire d'analyse pourra renseigner l'opérateur sur la durée à prévoir pour réaliser l'analyse de l'échantillon.

Annexe 8

Lecture des valeurs numériques fournies par le laboratoire

Le résultat d'une analyse s'écrit sous la forme : $(X \pm Y)$ unité.

- X est l'estimation de la valeur vraie de concentration de l'échantillon (X). Une valeur vraie est inconnue et le restera malgré l'analyse. Nous ne savons pas la déterminer de façon sûre et définitive, mais uniquement l'estimer.

- Y est une incertitude qui évalue l'erreur qui a pu être faite lors de la production de la valeur X et la dispersion des résultats autour de X. Une incertitude ou une mesure de l'incertitude est en effet préférable à un écart type réalisé sur des répétitions qui représente uniquement une évaluation de la précision de l'analyse.

L'opérateur doit pouvoir disposer de la valeur d'incertitude de la mesure si elle ne lui a pas été fournie (la plupart des laboratoires n'en donne que sur demande). Un résultat c'est une fourchette donc composé d'au moins deux valeurs : haute et basse, ou valeur centrale plus intervalle.

La valeur d'incertitude permet de juger de la pertinence de la valeur X fournie. Ainsi, si $Y = X$ cela signifie qu'il y a 200% d'incertitude sur la mesure c'est à dire que le résultat 0, le résultat X et le résultat 2X sont équivalents. Si Y représente un faible pourcentage de X, il vous faudra vérifier que la différence de concentration que vous souhaitez observer entre deux échantillons (carotte n°1 et carotte n°2 par exemple) est supérieure à Y. Si elle est inférieure, vous ne pourrez pas distinguer les valeurs des deux échantillons.

Unité dans le cas d'analyse d'éléments organiques et inorganiques C'est l'unité de masse du contaminant par unité de masse de végétal (par exemple en mg de plomb par kg d'échantillon).

La masse initiale de végétal peut être exprimée de deux façons :

(1) en mg/kg d'échantillon **brut ou frais** : tel qu'arrivé au laboratoire. Le résultat de concentration est donné par rapport à la masse fraîche (notée MF ou MB suivant les laboratoires).

(2) en mg/kg d'échantillon **sec** : le laboratoire fait sécher l'échantillon à une température normalisée en fonction de la substance analysée la plus volatile (entre $40^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ si Hg et $105 \pm 2^{\circ}\text{C}$ s'il n'y a pas de substances volatiles) avant la mise en œuvre de l'échantillon. Le résultat de concentration peut donc également être donné par rapport à la masse sèche (MS). L'écriture du résultat devient alors : $X \pm Y$ mg/kg MS.

Unité dans le cas d'analyse de radioactivité :

L'unité de mesure de la radioactivité est le Becquerel (Bq) qui correspond à la désintégration d'un radionucléide par seconde. L'activité d'échantillons environnementaux s'exprime le plus souvent en Bq, mBq, voire μBq . L'activité est rapportée à un volume (activité volumique en Bq/l ou Bq/m³), une masse (activité massique en Bq/kg) ou une surface (activité surfacique en Bq/m²). Dans le cas d'analyse de végétaux, l'activité massique exprimée, en masse sèche (Bq/kg sec) ou fraîche (Bq/kg frais) est la plus souvent utilisée.

En fonction des besoins, il est possible de demander au laboratoire, au moment de la discussion préliminaire, à ce que les résultats soient exprimés en masse de matière fraîche et/ou en masse de matière sèche d'échantillon et que dans tous les cas, le taux d'humidité, ou de matières sèches, soit communiqué (cela peut être utile pour des calculs ultérieurs).

Contrôle de la mesure :

Le contrôle permet d'évaluer à la fois la justesse (écart avec la valeur conventionnellement vraie) et la précision de la mesure (i.e répétabilité et/ou reproductibilité).

Tout au long du processus, le laboratoire d'analyse s'assure qu'il n'y a ni perte, ni pollution des échantillons par l'utilisation de blancs et d'échantillons de contrôle. Il vérifie par ce même moyen la justesse et la répétabilité de ses analyses. Si les performances attendues ne sont pas atteintes, l'analyse doit être refaite.

En outre le laboratoire teste ses performances par des participations à l'aveugle à des circuits inter laboratoire d'analyse d'échantillons.

Vous pouvez demander au laboratoire de vous faire parvenir, avec les résultats, les contrôles effectués pour vos analyses.

Annexe 9:

Seuils réglementaires en plomb et cadmium pour les plantes potagères (extraits du règlement européen 466/2001 du 8 mars 2001 portant fixation de teneurs maximales pour certains contaminants dans les denrées alimentaires et son rectificatif).

Produit	Teneurs maximales (mg/kg de poids à l'état frais)
3.1. PLOMB (Pb)	
3.1.8. Céréales (y compris le sarrasin), légumineuses et légumes à cosse	0,2
3.1.9. Légumes tels que définis à l'article 1 ^{er} de la directive 90/642/CEE du Conseil, modifiée en dernier lieu par la directive 2000/48/CE, à l'exclusion des brassicées, des légumes-feuilles, des fines herbes et de tous les champignons. Dans le cas des pommes de terre, la teneur maximale s'applique aux produits pelés	0,1
3.1.9.1. Brassicées, légumes-feuilles et totalité des champignons cultivés	0,3
3.1.10. Fruits tels que définis à l'article 1 ^{er} de la directive 90/642/CEE, à l'exclusion des baies et des petits fruits	0,1
3.1.10.1. Baies et petits fruits tels que définis à l'article 1 ^{er} de la directive 90/642/CEE	0,2
CADMIUM (Cd)	
3.2.11. Légumes et fruits, tels que définis à l'article 1 ^{er} de la directive 90/642/CEE, à l'exclusion des légumes-feuilles, des fines herbes, de tous les champignons, des légumes-tiges, des légumes-racines et des pommes de terre	0,05
3.11.1. Légumes-feuilles, fines herbes, céleri-rave et ensemble des champignons cultivés	0,2
3.2.11.2. Légumes-tiges, légumes-racines et pommes de terre, à l'exclusion du céleri-rave. Dans le cas des pommes de terre, la teneur maximale s'applique aux produits pelés	0,1

A noter qu'il existe quelques autres seuils réglementaires pour d'autres substances dans les aliments qui sont présentés de façon synthétique sur le site http://www.minefi.gouv.fr/DGCCRF/03_publications/bid/substdangereuses.htm