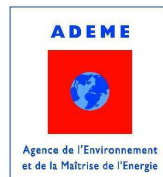




Seconde édition

( 2014 )



INERIS



Where no one has gone before



## AVANT-PROPOS

Ce guide est le fruit d'un travail collaboratif élaboré dans le cadre d'un groupe de travail mis en place et coordonné par l'ADEME et l'INERIS et dont les membres sont présentés ci-après :

- F. Marot - ADEME
- S. Denys, G. Cardenas et K. Tack - INERIS
- F. Douay - Groupe ISA, ESE-LGCgE
- C. Dumat - INP ENSAT
- C. Schwartz - UL / INRA
- S. Elreedy - AFSSET
- V. Gobron et S. Dinant - ANDRA
- N. Jeannée - Géovariances
- C. Pinet - Cnam-IHIE Ouest
- R. Prost - INRA GSC
- M. Pascal - InVS
- N. Lemaitre, F. Leprieur et C. Mercat-Rommens - IRSN
- M. Barbaste - INRA USRAVE

La première édition a été élaborée en 2007. La présente mise à jour a été menée dans le cadre du projet PlantEval<sup>1</sup> 2011-2013 co-initié et co-piloté par l'ADEME (F. Marot) et l'INERIS (S. Denys et C. Hulot) et conduit en partenariat avec l'INP-ENSAT (PR C. Dumat), le groupe ISA, ESE-LGCgE (F. Douay et B. Pourrut) et l'UL / INRA (PR C. Schwartz et E.-D. Chenot).

Cette actualisation a pris en compte l'évolution des connaissances et des outils d'une part et des retours d'expériences et suggestions des bureaux d'étude utilisateurs d'autre part. Il n'y a pas de changement majeur dans la stratégie d'échantillonnage proposée, plutôt des compléments et des illustrations qui viennent renforcer l'aide apportée à un opérateur de terrain. Il est proposé à la communauté des diagnostiqueurs, gestionnaires ou scientifiques impliqués dans la gestion raisonnée des sites et sols pollués, lorsque la présence de cultures potagères est constatée et que se pose la question de leur qualité.

Enfin, nous tenons à remercier les bureaux d'étude qui ont accepté de faire part de leur retour d'expérience relative à l'application du guide (version 2007) afin d'en améliorer l'opérationnalité (version 2014) : Arcadis, Biomonitor, EGIS, Envireausol, Eurofins, HPC Envirotec, HUB Environnement, ICF Environnement, PlumeEci et Socotec, ainsi qu'aux organisations professionnelles (UPDS et UCIE)<sup>2</sup> qui ont relayé notre demande auprès de leurs adhérents.

---

<sup>1</sup> PlantEval est un projet portant sur la contamination des plantes potagères. Il aborde les aspects liés à l'échantillonnage au travers de l'actualisation du présent guide, mais aussi les aspects relatifs à la centralisation et la mise à disposition pour les divers professionnels des données existantes. La mise à jour de la base de données BAPPET pour les polluants métalliques et le développement d'une base de données équivalente pour les polluants organiques se sont déroulés dans le cadre de ce projet.

<sup>2</sup> UPDS : Union Professionnelle des Entreprises de Dépollution de Sites ; UCIE : Union des Consultants et Ingénieurs en Environnement

## SOMMAIRE

<b>INTRODUCTION .....</b>	<b>5</b>
<b>OBJECTIFS ET CONTENU .....</b>	<b>6</b>
<b>LIMITES D'APPLICATION ET CONTRAINTES .....</b>	<b>6</b>
<b>CINQ REGLES DE BON SENS .....</b>	<b>7</b>
<b>DEMARCHE OPERATIONNELLE .....</b>	<b>9</b>
<b>1 ELABORATION DE LA STRATEGIE D'ECHANTILLONNAGE .....</b>	<b>11</b>
<b>1.1 Etude documentaire préalable à l'échantillonnage .....</b>	<b>11</b>
1.1.1 Etude historique de l'installation potentiellement polluante étudiée .....	11
1.1.2 L'étude environnementale .....	12
1.1.3 Informations spécifiques aux jardins potagers .....	12
<b>1.2 L'exploitation des informations disponibles .....</b>	<b>12</b>
1.2.1 Le choix des substances .....	13
1.2.2 L'élaboration du schéma conceptuel .....	13
1.2.3 Définition du périmètre d'étude .....	16
<b>2 MISE EN ŒUVRE DE LA STRATEGIE D'ECHANTILLONNAGE .....</b>	<b>18</b>
<b>2.1 Les potagers et les espèces végétales à échantillonner .....</b>	<b>18</b>
2.1.1 Entrevue préalable avec le jardinier .....	18
2.1.2 Sélection des jardins potagers exposés à l'installation potentiellement polluante .....	19
2.1.3 Sélection des jardins potagers témoins .....	19
2.1.4 Sélection et échantillonnage des espèces végétales .....	20
2.1.5 Le prélèvement des échantillons .....	22
<b>2.2 Recommandations techniques pour l'échantillonnage du végétal .....</b>	<b>23</b>
<b>2.3 Cas des fruits en provenance d'arbres ou d'arbustes .....</b>	<b>24</b>
<b>2.4 L'échantillonnage des milieux sources de contamination .....</b>	<b>25</b>
<b>3 INTERFACE AVEC LE LABORATOIRE D'ANALYSES DES VEGETAUX .....</b>	<b>29</b>
<b>4 RECOMMANDATIONS POUR L'INTERPRETATION DES RESULTATS .....</b>	<b>32</b>
<b>4.1 Analyse qualitative des résultats d'analyses .....</b>	<b>32</b>
<b>4.2 Eléments d'évaluation de la contamination des végétaux .....</b>	<b>32</b>
<b>4.3 Elément d'évaluation de la contribution du site étudié sur la contamination éventuelle des végétaux prélevés .....</b>	<b>32</b>

## **LISTE DES ANNEXES**

**Annexe 1** : Références bibliographiques.

**Annexe 2** : Calendrier de récolte.

**Annexe 3** : Fiche d'identification d'un potager.

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

**Annexe 5** : Eléments de connaissance des potagers et des espèces potagères.

**Annexe 6** : Seuils réglementaires en plomb et cadmium pour les plantes potagères.

**Annexe 7** : Présentation de la base de données BAPPET.

**Annexe 8** : Capacité des espèces potagères à l'accumulation d'éléments traces.

**Annexe 9** : Eléments de sélection du laboratoire d'analyses.

**Annexe 10** : Lecture des valeurs numériques fournies par le laboratoire.

**Annexe 11** : Exemples d'application du guide à quelques situations distinctes.

## INTRODUCTION

L'appréciation de l'impact d'une installation potentiellement polluante (activités industrielles, minières ou de service) en fonctionnement ou à l'arrêt 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 (e.g. sol, eau, air, végétaux) susceptible d'entraîner une exposition de la population humaine aux polluants. Cette étape est primordiale et préconisée par les différents guides en vigueur relatifs à la gestion des sites et sols pollués et des études d'impact liées aux installations en fonctionnement. Elle s'intègre dans la phase de diagnostic de l'environnement du site ou de l'installation considéré(e).

La présence de potagers<sup>3</sup> à proximité d'installations ou de friches 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 polluants des organes comestibles : deux s'appuient sur les concentrations mesurées dans les sols cultivés (sélection dans la littérature de valeurs de bioconcentration<sup>4</sup> ou utilisation de modèles de transfert sol-plante) ; la troisième consiste à mesurer directement les concentrations dans les plantes échantillonnées. Cette troisième méthode permet d'intégrer l'ensemble des facteurs influençant le transfert d'une substance donnée vers une plante et un organe considérés. Cela permet en outre de prendre en considération la contribution d'autres milieux d'exposition des végétaux que les sols telles que les retombées de poussières ou les eaux d'arrosage par exemple. En effet, si la contamination des végétaux par des polluants se fait le plus souvent par transfert racinaire (ou sol-plante), les transferts foliaires de métaux peuvent être prépondérants lorsque des particules atmosphériques submicroniques riches en métaux se déposent sur les parties aériennes des plantes potagères. 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 conduit un diagnostic de site. 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 pertinent, le recours aux mesures doit suivre un travail réfléchi et rigoureux. A cette fin, il est crucial d'adopter un protocole d'échantillonnage des végétaux qui soit adapté au mieux aux contraintes locales, en intégrant l'ensemble des éléments influant sur la contamination des plantes (e.g. historique de l'installation, mais aussi des potagers, type de contaminations, 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 les biais associés à cet échantillonnage et les erreurs d'interprétation et de gestion qui pourraient en découler.

---

<sup>3</sup> Le potager est défini comme une parcelle, plus ou moins proche d'une habitation, cultivée par un particulier qui consomme sa production (Annexe 5). L'ouvrage « Jardins potagers : terres inconnues ? » 2013, Edp Sciences présente un ensemble de connaissances pluridisciplinaires récentes sur les jardins.

<sup>4</sup> Dans le présent guide, le facteur de bioconcentration désigne la relation entre la teneur en une substance dans le milieu de culture (généralement le sol, parfois l'eau) et la concentration de cette même substance susceptible d'être présente dans les plantes cultivées au sein de ce milieu. Ce facteur est généralement établi à partir de résultats expérimentaux.



## 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 puis de données analytiques 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 pour interpréter directement l'état de contamination de ce milieu (les plantes potagères) au regard des valeurs réglementaires ou de référence et également pour engager une démarche basée sur la quantification des risques sanitaires dans le cas où ce milieu est retenu comme voie d'exposition.

Ce guide apporte aussi une démarche méthodologique visant à évaluer la contribution de l'installation industrielle étudiée sur une éventuelle contamination des cultures potagères. Cela explique qu'il aborde également (sans les développer) l'échantillonnage d'autres milieux que les seules plantes potagères (e.g. eau, air, sol), ces milieux pouvant être impliqués dans les transferts de polluants vers les végétaux. La méthodologie proposée peut également être utilisée pour d'autres suivis de rejets de polluants comme les axes routiers ou autoroutiers, voire même en dehors de tout contexte de pollution connue, lorsque l'objectif consiste simplement à caractériser la qualité sanitaire de productions potagères.

## LIMITES D'APPLICATION ET CONTRAINTES

Ce guide vient en complément des différents guides et outils méthodologiques disponibles à ce jour dans le cadre de la gestion des sites et sols pollués et des installations classées (Annexe 1). La méthodologie proposée découle de la stratégie engagée dans la démarche des sites et sols pollués. Les étapes et les orientations données dans ce guide peuvent évoluer en fonction du contexte réglementaire abordé. En effet, dans le cadre des plans de surveillance de l'impact des installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE, <http://www.developpement-durable.gouv.fr/-Installations-Classees-pour-la-.html>) sur leur environnement imposés par arrêté préfectoral, une liste des polluants à analyser et des matrices à échantillonner est définie dans la plupart des cas.

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, en particulier pour des situations singulières où les recommandations usuelles peuvent nécessiter d'être adaptées.**

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 des prélèvements dans l'année) et à des contraintes techniques et de terrain (e.g. espèces végétales disponibles - cf. Annexe 2, maturité des plantes, taille du potager, pratiques culturelles, 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 certes irréprochable sur le plan théorique, mais inapplicable et donc finalement inutile.**

## CINQ 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 reproductible et 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 valeurs réglementaires, à des données de bioconcentration issues de la littérature ou à des valeurs de référence.

**► Une stratégie d'échantillonnage est strictement liée à une question scientifique explicitée en amont. Elle nécessite de prendre certaines précautions aux différentes étapes : choix des prélèvements, collecte et manipulation des échantillons (conditionnement, conservation et transport selon la nature des substances étudiées), envoi au laboratoire avec les 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 déjà préoccupant pour un usage résidentiel (du fait de l'ingestion possible de particules de terre contaminées par exemple par les enfants), 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 prise de contact en amont de la

mission de terrain avec les propriétaires des jardins afin de définir les modalités de prélèvement et connaître les pratiques culturelles est vivement recommandée.

### 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'analyses doivent être associés pour définir et orienter les choix à effectuer. La compréhension des objectifs par les différents acteurs favorisera la qualité des résultats. Il faut d'ores et déjà souligner l'importance d'avoir très tôt (si possible lors de l'élaboration de la proposition commerciale) un contact avec le laboratoire d'analyses qui apportera des conseils sur les quantités d'échantillons nécessaires pour l'analyse au regard des limites de quantification demandées<sup>5</sup> et les conditions de stockage des échantillons (ceci sera développé spécifiquement au chapitre 3). Enfin, comme pour tout projet, il est conseillé de réaliser un organigramme précisant les différentes étapes clés, les acteurs impliqués, les délais et potentielles difficultés à lever.

### La nécessaire implication des parties prenantes

Engager des investigations environnementales sur des propriétés privées implique nécessairement d'associer différentes parties prenantes. Parmi celles-ci, pour des parcelles potagères, les jardiniers et le cas échéant les propriétaires des parcelles sont incontournables. Pour les jardins de type familiaux, il conviendra de se rapprocher du(es) propriétaire(s) et de l'organisme qui les gère. Comme ces études sont souvent motivées par une préoccupation ou suspicion de pollution (e.g. proximité avec une installation potentiellement polluante, historique de(s) la(es) parcelle(s)), d'autres partenaires doivent être associés, telle que la mairie, mais aussi les services de l'Etat (Préfecture, Agence Régionale de Santé). L'étude peut d'ailleurs être à leur initiative. Lorsqu'une installation classée pour la protection de l'Environnement (ICPE) est concernée, les services de l'Inspection (DREAL<sup>6</sup>, DEAL<sup>7</sup>, DRIEE<sup>8</sup>) seront associés.

Les modalités d'implication pourront être différentes. Pour des parcelles isolées, l'entrevue avec le jardinier telle qu'elle est envisagée dans le guide peut s'avérer suffisante (e.g. autorisation d'accès, explication sur les objectifs de l'étude et les modalités de mise en œuvre). Lorsque le territoire d'étude concerne de nombreuses parcelles potagères (e.g. jardins familiaux, lotissement), recourir à la réunion publique peut s'avérer très utile pour présenter les objectifs de l'étude et les modalités de mise en œuvre, avant d'engager les échanges et de recueillir les avis. Cela permet aussi d'identifier des jardiniers particulièrement motivés qui sont parfois prêts à aller jusqu'à s'investir dans l'étude (e.g. mise en culture des plantes les plus opportunes et selon les contraintes du calendrier de l'étude). L'étape de sélection des potagers peut bénéficier de ces avantages dans la mesure où ces jardins apparaissent pertinents. Il ne faut pas hésitez non plus à remettre à cette occasion une fiche synthétique de

---

<sup>5</sup> Tenant compte notamment des valeurs réglementaires disponibles, ou en leur absence d'un premier calcul d'exposition et de risques

<sup>6</sup> DREAL : Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement (métropole sauf Ile-de-France)

<sup>7</sup> DEAL : Direction de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement (Départements d'Outre-mer)

<sup>8</sup> DRIEE : Direction Régionale et Interdépartementale de l'Environnement et de l'Energie (Ile-de-France)



présentation de l'étude (objectifs, méthode, moyens et calendrier) qui précise également les coordonnées de la personne à contacter.

En outre, de la même façon qu'il est essentiel de communiquer en amont, il faut le faire aussi en aval, pour restituer les résultats de l'étude. Un bordereau d'analyse serait évidemment très insuffisant et il est donc essentiel d'accompagner les résultats d'une explication claire et accessible sur la qualité des végétaux. Les suites à donner seront présentées à cette occasion le cas échéant.

## DEMARCHE OPERATIONNELLE

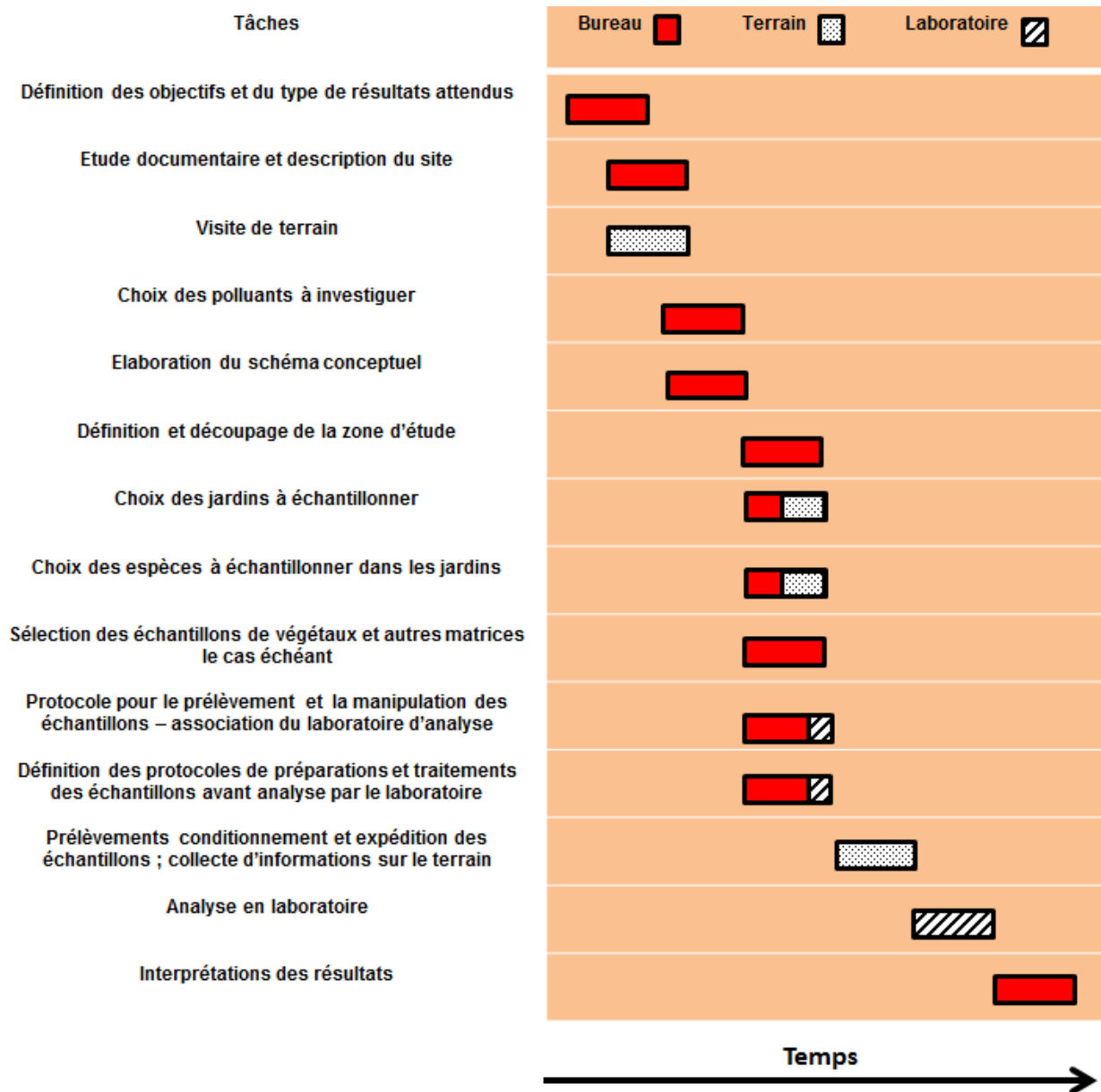
La démarche proposée ici a pour objectif de rationaliser la mise en œuvre d'une campagne de prélèvement pour caractériser la qualité des végétaux et estimer l'exposition de personnes aux polluants via la consommation de plantes potagères auto-produites. Par opposition aux cultures maraîchères, les potagers se distinguent généralement par la culture sur une surface réduite d'un nombre élevé d'espèces végétales ou de variétés, limité à un faible nombre de spécimens par espèce. **Dans ce contexte, le choix et le prélèvement d'échantillons doivent être particulièrement réfléchis et 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 à l'ensemble des types de légumes associés à cette espèce. Dans certains cas, un 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'analyses
4. Interprétation des résultats

A noter toutefois que ce document technique n'a pas vocation à être un outil d'interprétation et 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 des prélèvements sur le terrain.

Tout au long de ce guide, le périmètre d'impact sera considéré comme étant la surface impactée par l'activité industrielle. Le périmètre d'étude est considéré comme la surface totale concernée par la campagne d'échantillonnage, c'est-à-dire en intégrant aussi la(es) zone(s) témoin(s).



**Figure-1**

*Déroulement chronologique simplifié 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 doit être élaborée en fonction des objectifs visés. Elle doit s'appuyer sur les informations collectées au cours de l'étude documentaire (en lien avec le site étudié et son environnement) et d'une recherche dans la littérature (en lien notamment avec les polluants recherchés) mais aussi, sur l'expérience des intervenants incluant le laboratoire d'analyse sur certains aspects. Elle intègre le choix des substances à analyser, des jardins à échantillonner, des espèces à investiguer, mais aussi des autres matrices à prélever le cas échéant. 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). Dès ce stade, **il est important de repérer l'influence d'autres facteurs pouvant expliquer des concentrations élevées (e.g. fond pédogéochimique local, apports anthropiques) 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 et de ne pas en exagérer la robustesse par rapport à l'étude qui a été conduite.

### 1.1 Etude documentaire préalable à l'échantillonnage

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 diagnostics 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 potentiellement polluante étudiée

L'étude historique doit permettre de définir la nature des substances émises par l'installation 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 (e.g. 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 polluants 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 et topographie) et/ou l'extension de la contamination en provenance de l'installation étudiée (e.g. sens d'écoulement des nappes, débit des rivières et étendue de la zone inondable le cas échéant, précipitation et rose des vents).

Cette étude portera aussi sur la recherche des données relatives au fond pédogéochimique local et le cas échéant au fond anthropique lié à des sources secondaires de contamination. La connaissance de ces fonds est 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 : leur nombre, leur accessibilité, leur localisation par rapport à l'installation étudiée, ainsi que par rapport au contexte géographique (e.g. fond de vallée, versant, plateau). 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 culturelles, 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 étudiée.

## 1.2 L'exploitation des informations disponibles

Les informations collectées précédemment doivent être utilisées pour :

- choisir les substances à rechercher dans les végétaux ;
- déterminer les matrices environnementales potentiellement associées ;
- **élaborer un schéma conceptuel global illustrant les voies supposées de transfert de la contamination vers des végétaux ;**
- définir le périmètre d'étude ;
- identifier un premier découpage zonal de ce périmètre (le cas échéant).

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 pertinentes qui pourront être recherchées prioritairement dans les végétaux et dans les milieux qui auront été identifiés comme vecteur de transfert potentiel des polluants vers les plantes (cf. §2.4).

► **Lorsque le nombre de substances potentiellement toxiques susceptibles d'être présentes dans les végétaux est très élevé (e.g. familles de polluants organiques telles que les hydrocarbures, les dioxines, les PCB), leur choix pourra être limité.** Pour cela, on tiendra compte prioritairement des substances pour lesquelles existent des valeurs réglementaires ou de référence, ce qui permet une interprétation des résultats d'analyse qui s'appuie directement sur un niveau de concentration dans la plante. Lorsqu'on a recours à une évaluation des risques sanitaires, la démarche usuelle est retenue en s'appuyant sur les mêmes critères de sélection : présence, toxicité et mobilité au regard du schéma conceptuel élaboré.


### 1.2.2 L'élaboration du schéma conceptuel

Les études historique et environnementale doivent permettre d'élaborer un schéma conceptuel qui vise à recenser et matérialiser les différentes sources de contamination des potagers et les vecteurs de transfert par lesquels les végétaux peuvent être contaminés. Le sol de culture n'est en effet pas le seul milieu de transfert de la contamination. Le tableau 1 reprend l'ensemble des vecteurs de transfert potentiels des polluants vers les végétaux. A noter que la source primaire de contamination « eau » (souterraine, superficielle, de pluie ou d'arrosage) est incluse dans les scénarii relatifs aux sols ou à l'air pollués.

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.

En amont de l'étude, l'identification des potentielles sources de contamination et voies de transfert associées permettra d'orienter les milieux qu'il conviendra de caractériser lors de la phase de diagnostic.



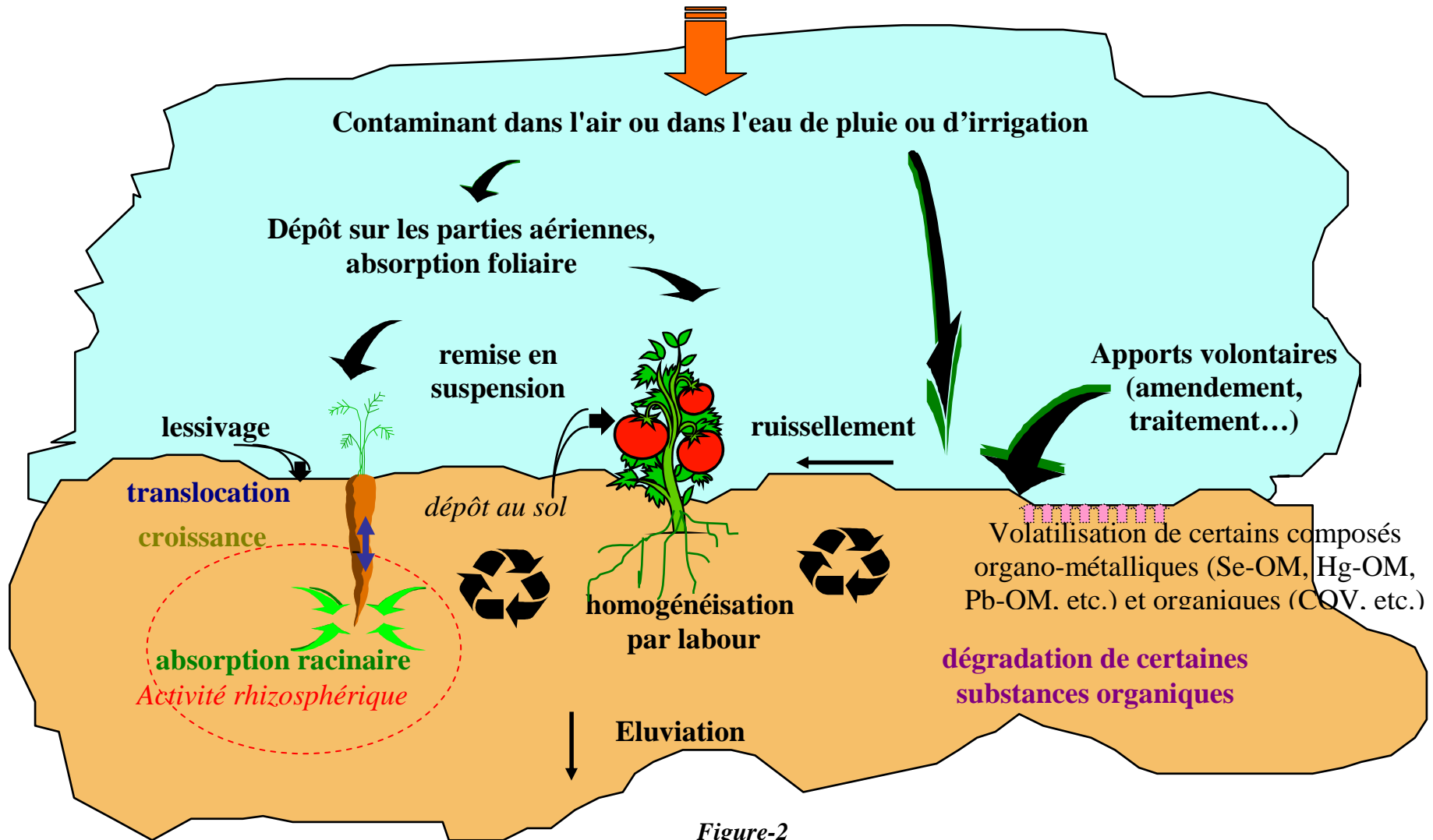
SOURCE	MILIEUX DE TRANSFERT		MODES DE CONTAMINATION DES PLANTES
<b>Sol pollué</b>	Eau du sol → Eau de la nappe phréatique → Eau d'irrigation → Sol du potager		Absorption racinaire ou dépôt de surface <sup>1</sup>
	Eau du sol → Eau de la nappe phréatique → Eau d'irrigation		Dépôt de surface <sup>2</sup> et absorption foliaire
	Eau du sol → Eau de la nappe phréatique (battance) → Sol du potager		Absorption racinaire
	Air (poussières) → Eau superficielle → Eau d'irrigation → Sol du potager		Absorption racinaire ou dépôt de surface <sup>1</sup>
	Air (poussières) → Eau superficielle → Eau d'irrigation		Dépôt de surface <sup>2</sup> et absorption foliaire
	Air (poussières) → Eau superficielle → Eau d'inondation → Sol du potager		Absorption racinaire ou dépôt de surface <sup>1</sup>
	Air (poussières) → Eau superficielle → Air (gaz)		Absorption foliaire <sup>3</sup>
	Air (poussières) → Sol du potager		Absorption racinaire ou dépôt de surface <sup>1</sup>
	Air (poussières)		Dépôt de surface <sup>2</sup> et absorption foliaire
	Air (gaz)		Absorption foliaire <sup>3</sup>
<b>Air</b>	Air (gaz ou poussières)	Dépôt de surface <sup>2</sup> ou absorption foliaire <sup>3</sup>	
	Air (poussières) → Sol du potager	Absorption racinaire ou dépôt de surface <sup>1</sup>	
	Air (gaz ou poussières) → Eau de pluie → Sol du potager	Absorption racinaire ou dépôt de surface <sup>1</sup>	
	Air (poussières) → Eau de gouttière → Eau d'irrigation → Sol du potager	Absorption racinaire ou dépôt de surface <sup>1</sup>	
	Air (poussières) → Eau de gouttière → Eau d'irrigation	Dépôt de surface <sup>2</sup> et absorption foliaire	

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

**Tableau-1**

*Sources et vecteurs de transfert pouvant être impliqués dans la contamination des végétaux dans les jardins potagers*

### Activités anthropiques et phénomènes naturels



**Figure-2**

Schéma de principe du devenir des polluants dans les systèmes sol-air- plante et voies d'entrée dans les végétaux

### 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 de contamination) 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. Toute la réflexion engagée à ce stade de l'étude s'appuie 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)
- la localisation par rapport aux ressources en eaux de surface et/ou souterraine (si contamination et si usage : puits, forage et pompage)
- la localisation par rapport à la nature des sols (si contexte pédogéologique complexe : vallée, plateau, versant par exemple.)
- la localisation par rapport à une zone inondable en bord de rivière, susceptible d'apporter des matériaux contaminés ou à l'inverse de recouvrir des sols pollués par des dépôts alluvionnaires sains
- 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 par exemple)

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. La photo aérienne lorsqu'elle est disponible est un excellent support. Naturellement, une fois sur le terrain, ce découpage pourra être adapté pour tenir compte des contraintes rencontrées.

► **A retenir :**

- Faire absolument, avant de réaliser les prélèvements sur le terrain, une étude documentaire et collecter des informations (dans la littérature et d'après les retours d'expériences) pour optimiser sa stratégie d'échantillonnage (choix des substances, des jardins à échantillonner et des espèces à investiguer, les modalités de prélèvements / de conditionnement / de conservation / de transport et d'analyse des échantillons). Une visite sur le terrain sera aussi effectuée pour recueillir des informations essentielles sur la présence effective de jardins potagers, leurs localisations et tailles ainsi que la nature de leurs productions.
- Réaliser une étude historique de l'installation ciblée, une étude environnementale ainsi qu'un recueil des informations spécifiques aux jardins potagers afin de définir la stratégie d'échantillonnage et déterminer le périmètre d'impact.
- Délimiter le périmètre impacté par la pollution (sols, eaux ou émissions) issue de l'installation étudiée et repérer les autres **facteurs pouvant expliquer des concentrations élevées (e.g. fond pédogéochimique local, autres apports anthropiques)** qui peuvent causer des interférences avec l'étude menée. Pour cela, s'appuyer sur les facteurs et mécanismes qui contrôlent le transfert des polluants dans l'environnement.
- Caractériser les sols et l'extension de la contamination issue de l'installation étudiée (e.g. sens d'écoulement des nappes, débit des rivières, précipitation, rose des vents).

## 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 ou le jour de la campagne d'échantillonnage. Une prise de contact par courrier ou par téléphone permettra d'expliquer la démarche engagée et de favoriser la présence des personnes sur le terrain le jour de la campagne.

#### 2.1.1 Entrevue préalable avec le jardinier

L'entrevue visera notamment à renseigner certains points relatifs à l'**historique du potager**. Les pratiques de culture doivent être abordées avec le jardinier (e.g. 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 de pollution évidentes. L'**abondance des plantes** qui favorise un échantillonnage de qualité tout en traduisant une autoconsommation significative, sera naturellement considérée comme un critère de premier choix.

A ce titre, 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 le potentiel 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.

A noter qu'un très bon sol sur le plan agronomique peut donner une production médiocre du fait de pratiques inadaptées. C'est pourquoi, l'observation du potager est un meilleur indicateur du potentiel de production. En complément, lorsqu'elles sont disponibles, les données concernant les quantités produites les années précédentes pourront aussi aider à apprécier l'importance de l'autoconsommation.

► Les **annexes 3 et 4** proposent des supports d'entrevue qui pourront être adaptés en fonction des spécificités rencontrées dans l'étude réalisée.



### 2.1.2 Sélection des jardins potagers exposés à l'installation potentiellement polluante

L'objectif de la démarche engagée repose sur l'étude de l'impact d'une installation potentiellement polluante 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 précédemment, sur la base des informations communiquées par les jardiniers.

La sélection des jardins potagers va reposer sur le schéma conceptuel qui aura été établi préalablement et matérialisant les vecteurs de transferts entre les plantes et les autres matrices environnementales, et les modalités d'exposition des populations. Trois critères majeurs doivent être retenus pour cela :

- la distance par rapport à l'installation étudiée ou le résultat de la modélisation de dispersion tenant compte des transferts (le maximum de retombées peut en effet se situer assez loin de la cheminée émettrice);
- l'historique des parcelles : l'ancienneté des jardins est souvent associée à celle de l'habitat, ce qui permet d'orienter cette phase (e.g. maisons anciennes ou lotissements récents) ;
- les pratiques de jardinage (e.g. intensité d'exploitation et grand nombre d'espèces végétales, amendement, serre, arrosage).

Ces informations et l'argumentation pour la sélection des potagers seront mentionnées dans la restitution de l'étude et l'interprétation des résultats. La **localisation des potagers** sur une carte est indispensable.

### 2.1.3 Sélection 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 n'est pas toujours indispensable. Par contre, lorsque l'étude vise à apprécier la contribution d'une installation potentiellement polluante à l'éventuelle contamination des plantes, alors il sera bien souvent nécessaire d'étendre les prélèvements à des potagers témoins. Pour cela, on distingue deux cas de figure :

*1 – L'installation potentiellement polluante 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 (si le contexte est complexe). Ainsi par exemple, si la pédologie des sols du périmètre impacté s'avère très variable (la nature des sols influence le transfert des polluants), alors on cherchera à sélectionner un potager témoin sur chacun des types pédologiques présents. Cette démarche pourra toutefois 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 - Des sources de contamination anthropique, autres que l'installation potentiellement polluante 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 potentiellement polluante que celle étudiée, etc.), il est recommandé d'échantillonner en dehors du périmètre d'impact (de l'installation étudiée) un ou plusieurs potagers témoins dont les végétaux sont/seraient 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, le choix de ce(s) potager(s) témoin(s) pourra parfois être difficile** et nécessiter de disposer d'éléments de connaissances qui sont propres aux autres sites (ce qui n'est pas toujours facile). **Cependant, l'intérêt de cette démarche est essentiel** puisque seules les données issues de ce ou ces potagers permettront de relativiser l'impact de l'installation étudiée par rapport aux autres sources potentielles.

**Les difficultés rencontrées pour identifier et échantillonner un ou des jardins témoins doivent être signalées dans le rapport d'étude et considérées autant que possible dans le travail d'interprétation des résultats.**

#### **2.1.4 Sélection et échantillonnage 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, dans les études de risque, les espèces végétales sont souvent associées selon la nature de leurs organes consommés et non selon leurs familles botaniques (Annexe 5). 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 d'espèces végétales sont généralement retenus dans les études (même si en réalité près d'une dizaine existe) : légumes racines ; légumes tubercules ; légumes feuilles ; légumes tiges ; légumes fruits et fruits.

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'incertitudes et qu'elle n'est pas réellement étayée scientifiquement. Elle est par exemple très éloignée de la classification botanique (Annexe 5). 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.

Par exemple, dans le cas du plomb, la réglementation existante pour les végétaux (cf. réglementation CE sur les denrées alimentaires en Annexe 6) 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. Pour le cadmium, les teneurs mesurées dans les céleris-raves ne peuvent donc 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 serait 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. Les connaissances sont encore modestes dans le domaine, et des travaux de recherche sont encore à mener pour apprécier les biais occasionnés par ces extrapolations. La constitution de la base de données BAPPET (Annexe 7) vise notamment à rassembler les données existantes pour une large gamme d'espèces potagères, ce qui peut aider non seulement à conduire cet exercice de similitude de comportement entre espèce pour des natures de polluants données, mais plus largement aussi à juger en amont des mesures, de l'opportunité d'engager des moyens d'investigation sur ce milieu dans le contexte spécifique du site étudié et le cas échéant aider au dimensionnement des moyens à engager.

Au sein des différents types de légumes précités, la sélection des espèces à échantillonner s'appuiera sur **l'importance de la consommation des légumes autoproduits** et sur leur **capacité à l'accumulation** des polluants recherchés. L'exposition des consommateurs est en effet directement proportionnelle aux concentrations des substances étudiées et à la quantité ingérée des légumes autoproduits. Ainsi, lorsque l'objectif est d'évaluer les risques d'exposition des consommateurs liés à l'ingestion de ces légumes, il faut veiller à ne pas biaiser l'analyse en cherchant à n'échantillonner que les espèces les plus accumulatrices, si leur consommation est négligeable. A titre d'exemple, 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 comme par exemple la menthe, le thym ou le romarin) conduisant à une forte consommation auront été constatées.

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. Plusieurs références bibliographiques sont citées à l'Annexe 1. A titre d'exemple, l'article de Dominique Dubeaux (INSEE, 1994), pourtant ancien, est l'un des rares à proposer, par légume, une quantité consommée par jour et un pourcentage d'autoconsommation pour les possesseurs de jardins. **La combinaison de ces deux informations montre que les pommes de terre, salades, tomates, carottes, poireaux et haricots verts représentent près de 80% des quantités de végétaux autoconsommés.** Ces espèces peuvent donc être considérées comme prioritaires en amont de la stratégie d'échantillonnage. En complément, une fois sur le terrain, les espèces les plus présentes sur une parcelle potagère peuvent révéler aussi une consommation importante, mais il convient cependant de recouper l'information en discutant avec le jardinier. Une visite ponctuelle à un moment précis de la période de culture peut en effet générer un biais important de cette information.

En outre, une étude préalable (bibliographie par exemple) doit permettre de mieux cerner une ou plusieurs espèces caractérisant le type de légume recherché, en tenant compte aussi des capacités des espèces à accumuler les polluants selon leur nature. Les tableaux de l'Annexe 8 permettent d'apprécier la capacité des espèces potagères à accumuler certains polluants

métalliques. L'un reprend une synthèse de différents auteurs présentées en 2005 par Anne Tremel-Schaub et Isabelle Feix dans l'ouvrage « Contamination des sols – transferts des sols vers les plantes » cité en référence. L'autre reprend une classification provenant d'une étude néerlandaise (Lübben et Sauerbeck, 1991), reprise par Versluijs et. Otte (RIVM, 2001). Ces informations restent qualitatives du fait des multiples facteurs qui pèsent sur les transferts et si elles ne peuvent pas se substituer à des prélèvements et analyses, elles soulignent **l'importance de prendre en compte le facteur espèce** et 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 ont plutôt tendance à sous-estimer ou de surestimer les transferts. Aujourd'hui, ce travail peut aussi être conduit à partir de la base de données BAPPET qui regroupe de nombreuses données de la littérature et permet ainsi d'extraire aisément des gammes de concentrations retrouvés dans les légumes pour des configurations environnementales se rapprochant de celle du site étudié. En effet, le contexte dans lequel une concentration en polluant dans une plante a été mesurée est à connaître absolument car il influence fortement les transferts. Cela permet aussi d'accéder à une information de meilleure qualité.

Enfin, pour se rapprocher d'une caractérisation moyenne de l'exposition par consommation des végétaux autoproduits, **il pourrait être 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, voire impossible l'interprétation des résultats. **Cette pratique est donc fortement 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. 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 alors que pour les polluants 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'analyses. 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-après. Afin d'avoir une idée des masses échantillonnées, il est utile de **disposer d'une balance sur le terrain.**

Type de légumes	Espèces	Taux d'humidité moyen (%)	Nombre indicatif d'individus (fonction de la taille et de la variété) pour obtenir au moins 200 g de matière fraîche
Fruit	Fraise	95	14 à 20 fraises
	Pomme	84	2 pommes
Légume fruit	Tomate	94	2 à 4 tomates
	Courgette	93	1 courgette
Légume feuille	Laitue	95	1 laitue
Légume tubercule	Pomme de terre	78	3 à 6 pommes de terre
Légume racine	Carotte	88	4 à 8 carottes
	Radis	80	10 à 15 radis
	Navet	80	1 navet

**Tableau-2**

*Taux d'humidité moyens de différentes espèces de légumes et fruits et nombre indicatif d'individus à prélever pour réaliser l'analyse des métaux.*

## **2.2 Recommandations techniques pour l'échantillonnage du végétal**

Dans la mesure du possible, il convient :

- de prélever la plante au stade végétatif auquel elle est consommée ;
- de privilégier le port de gants en vinyles non poudrés, mieux adaptés pour la préparation d'échantillons de plantes en vue de l'analyse des éléments minéraux (éléments essentiels ou polluants). Les gants en latex, les gants en nitrile (souvent colorés) et les gants poudrés sont à éviter pour les manipulations d'échantillons en vue de l'analyse d'éléments en traces. Un lavage préalable des gants, avec de l'eau bi-permutée distillée peut être nécessaire et le changement de gants entre chaque potager est préconisé ;
- 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 (e.g. terre, poussières) ou endommagés (parasites) ;
- de prélever des plantes représentatives des plantes présentes sans chercher par exemple à prélever les plus gros ou plus petits spécimens ;
- de ne pratiquer aucun nettoyage du végétal prélevé (l'apport d'eau serait préjudiciable à sa conservation) ; en revanche, il est recommandé d'éliminer les particules de terre les plus grossières (émottage) adhérentes aux racines (légumes racines et tubercules) et le retrait des feuilles extérieures abimées ou souillées pour les légumes feuilles ;
- d'échantillonner quand c'est possible l'intégralité de l'individu (en particulier pour les végétaux de petite taille), pour des questions de conservation d'échantillon avant analyse ; les parties consommées seront séparées et préparées au laboratoire juste avant analyse ;
- de recourir à l'usage d'un couteau en céramique (acier inox à éviter) pour prélever les légumes feuilles, à l'usage d'une bêche ou d'une fourche 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 de végétaux 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 par le laboratoire.

**Pour les espèces sensibles à la perte d'humidité, les pesées sur le terrain sont de précieux indicateurs de la conservation des échantillons par comparaison avec les pesées réalisées au laboratoire.**

Le conditionnement des échantillons vise à les préserver pendant le transport depuis leur lieu de prélèvement jusqu'à leur prise en charge par le laboratoire. Plusieurs types de conditionnement existent et leur choix dépend à la fois des espèces végétales et des polluants recherchés. Ainsi il est recommandé : flacons en verre chimie (verre brun) pour le dosage des Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques ; flacons en verre borosilicaté pour le dosage du mercure ; sachets / boîtes plastique (polypropylène) pour les autres éléments traces métalliques ; pour éviter l'écrasement, la boîte plastique rigide est recommandée pour les échantillons fragiles tels que les fraises par exemple.

Les références des échantillons doivent impérativement être fournies au laboratoire d'analyses. Elles permettent de remonter aux informations descriptives de l'échantillon (localisation, date de prélèvement, masse). Il est recommandé de noter la référence de chaque échantillon à l'extérieur du contenant (marqueurs indélébiles ou étiquettes parfaitement fixées) et éventuellement à l'intérieur de celle-ci (support neutre chimiquement et écriture au crayon à papier). Cette précaution permet d'éviter 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 ou laitues, par exemple). Elle permet aussi d'assurer une protection contre la lumière. Les végétaux ne doivent pas être « entassés » dans leur contenant pour éviter leur écrasement qui favorise la fermentation et l'altération du végétal. S'il apparaît nécessaire de congeler l'échantillon avant expédition, il convient de prévoir un conditionnement et un transport adaptés.

### **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 de raisonnements sont transposables à ces produits. Quelques-unes de leurs spécificités sont signalées ci-après :

- le cycle de la production est annuel, avec des périodes de récolte et des durées de conservation 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 ; à noter qu'à l'inverse il existe aussi des essences/espèces qui produisent des fruits sur une période de plusieurs mois (figes par exemple) et/ou qui se conservent longtemps (pommes par exemple) ;
- leur éloignement du sol écarte généralement les possibilités de contamination par contact avec ce milieu (contacts ou éclaboussures) ;
- si la zone 0-30 cm est logiquement étudiée pour les plantes potagères, les racines des arbres sont en mesure de mobiliser des polluants plus en profondeur. Dans ce cas, les profondeurs d'échantillonnage du milieu source (sol) doivent être adaptées. 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, un risque de transfert des polluants dans les fruits existe, 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 constater la présence d'arbres fruitiers.

A défaut de travaux de recherche sur ce sujet (à notre connaissance), en contexte de pollution historique, il peut être considéré plus pertinent d'échantillonner des fruits d'arbres lorsque la pollution se trouve en profondeur (nappe polluée ou déchets enfouis) que lorsque la pollution est circonscrite aux sols de surface et que la pollution est historique. Néanmoins, sauf à disposer d'informations scientifiques solides prouvant l'absence de transfert des polluants étudiés dans les fruits d'arbres identifiés sur le périmètre d'étude, l'échantillonnage ne peut être que fortement recommandé. Cela sera d'autant plus justifié que le site sera encore en activité et/ou que la production des fruits sera significative et leur consommation avérée, accentuant alors l'intérêt des personnes concernées pour connaître la qualité de leurs fruits.

Au final, le choix de retenir ou d'écarter les échantillonnages de fruits issus d'arbres doit être étudié au cas par cas et la décision doit être pleinement argumentée.

### 2.4 L'échantillonnage des milieux sources de contamination

Dès lors que l'objectif de l'étude engagée dépasse la seule caractérisation des niveaux de contamination des végétaux, c'est-à-dire, la plupart du temps lorsqu'elle aborde aussi la recherche des modes de contamination éventuels des végétaux, il convient que chaque milieu susceptible d'être à l'origine de la contamination (cf. § 1.2.2 - schéma conceptuel) fasse l'objet d'un échantillonnage simultané à celui des végétaux. On pourra s'intéresser en particulier aux concentrations dans les sols, les eaux d'arrosage, ou encore dans les poussières sédimentables<sup>9</sup>.

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. Aussi le lecteur se reportera aux guides et normes existants pour chacun de ces milieux (Annexe 1).

Dans le cas d'un échantillonnage de sol, la profondeur 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 (le cas des arbres fruitiers doit être étudié spécifiquement au travers des réflexions engagées au chapitre précédent). 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. Si une **bêche est utilisée à cette fin, elle servira à extraire un cube de sol dans lequel sera prélevé un échantillon homogène**. Dans le cas de molécules volatils, la technique du carottage (tube creux) sera privilégiée pour éviter les pertes par volatilisation.

S'agissant de la surface d'échantillonnage, deux situations sont considérées :

- Pour les substances non volatiles, un échantillon composite réalisé sur l'ensemble du potager pourra être retenu. Cela peut être suffisant notamment parce que la localisation des espèces végétales varie au fil des années et parfois des saisons (par exemple rotations

---

<sup>9</sup> En effet, dans l'air, la phase vapeur joue généralement un rôle mineur en termes de transfert vers les végétaux.

## 2. Mise en œuvre de la stratégie d'échantillonnage

qui permettent d'éviter les parasites ou de limiter l'épuisement des sols). Cet échantillon composite est constitué d'un mélange homogène d'échantillons unitaires prélevés sur l'ensemble du potager. Il faut cependant rester conscient qu'un seul composite retire de la robustesse au résultat final. Aussi, pour compenser, il convient de vérifier qu'il n'y a pas d'hétérogénéités au niveau des échantillons unitaires qui seront donc décrits (e.g. texture, couleur, éléments anthropiques, matières organiques grossières, remblais). Dans le cas où des différences notables sont observées au sein du potager, il est recommandé de prélever un composite pour chacune des typologies de sol observées. Le mode opératoire pour la constitution de l'échantillon composite doit être précisé. Le quartage (opération qui consiste à échantillonner le sol en le fractionnant en quatre quarts sur un plateau horizontal par exemple et en ne retenant que les deux quarts opposés) est conseillé.

- Pour les substances volatiles, il convient de minimiser les pertes par volatilisation. Ainsi, seuls des échantillons unitaires doivent être prélevés sur le terrain et la réalisation de composite ou de quartage est à proscrire. Dans ce cas, il est souhaitable de prélever plusieurs échantillons afin de disposer d'une donnée correspondant à l'échelle du jardin et non à celle du prélèvement unique.

La quantité de terre à expédier sera déterminée en concertation avec le laboratoire d'analyses eu égard aux substances recherchées et aux souhaits de conserver le cas échéant un échantillon pour analyses ultérieures éventuelles.

Au-delà de l'analyse chimique de ces sols visant notamment la détermination des teneurs en substances recherchées, il est fortement recommandé aussi la caractérisation :

- du pH du sol
- de la teneur en carbone organique du sol
- de la texture du sol (e.g. argileux, limon, sableux, éléments anthropiques)

Ces trois paramètres peuvent influencer sur la rétention ou au contraire la disponibilité des substances pour les plantes et pourront donc contribuer à l'interprétation des résultats.

Dans le cas d'un échantillonnage d'eau, le prélèvement doit être représentatif de la qualité de l'eau d'arrosage. Celle-ci peut provenir des eaux souterraines (puits/forage), des eaux de surface (e.g. cours d'eau, mare), d'une citerne de récupération des eaux de pluie via des toitures ou encore de l'eau du réseau de distribution d'eau potable. Pour les eaux souterraines, à la différence des prélèvements au droit d'ouvrages piézométriques, le protocole d'échantillonnage impliquant la purge de l'ouvrage n'est pas conseillé dans le cadre de ce type d'étude (cohérence avec les pratiques réelles d'arrosage qui ne consistent pas à purger l'eau avant de commencer à l'utiliser). Si une pompe est en place, il convient de l'utiliser. Quelle que soit la provenance de l'eau, outre la détermination des concentrations en polluants dans l'eau, il est également recommandé de mesurer les principaux paramètres chimiques (comme par exemple le pH ou le carbone organique dissout) et physiques dont la turbidité.

Dans le cas d'un échantillonnage des poussières, au regard d'une source de contamination en lien avec des dépôts atmosphériques, un dispositif de collecte de ces poussières pourra être mis en place pour évaluer les quantités déposées par unité de temps et les teneurs en polluants. En terme d'approche, il est à mentionner la méthode basée sur une phase de collecte par simple gravité de l'ensemble des dépôts atmosphériques secs (particules) et humides (gaz et particules) dans des jauges ou des collecteurs surmontés ou non d'un entonnoir. Leur surface

d'ouverture sera orientée horizontalement vers le haut. Ces réceptacles seront en verre (pour les POP) ou HDPE<sup>10</sup> (pour les ETM) en fonction des substances recherchées.

Hormis pour les dépôts gazeux secs, les méthodes mises en œuvre permettent de bien quantifier l'ensemble des dépôts secs (particulaires) et humides (gazeux et/ou particuliers). En air calme, il a été calculé que les jauges de sédimentation seraient satisfaisantes pour recueillir les particules d'un diamètre supérieur à 5 µm (Hendrickson, 1962, cité dans le rapport INERIS 2014).

La phase de prélèvement sera réalisée sur une période d'environ un mois et ne nécessite pas d'alimentation électrique.

Après exposition, l'ensemble du contenu des jauges/collecteur-entonnoir devra être extrait en différé pour analyse en laboratoire. Il ne faudra pas se limiter à un dosage de concentration dans la phase liquide, mais mettre en œuvre un protocole d'extraction qui permet de récolter l'ensemble des masses de substances qui peuvent se trouver déposer sur les parois internes immergées ou non de la jauge/collecteur-entonnoir, ainsi que celles présentes dans la phase liquide, notamment dans la matière en suspension. Les brindilles, feuilles, insectes sont à écartés de l'analyse, mais pas les autres matières en suspension.

La masse de substances extraite dans l'ensemble du système de collecte sera analysé et divisée par la surface d'échantillonnage et le nombre de jour d'échantillonnage (*unité : µg ou pg/m<sup>2</sup>/jour*).

C'est une mesure « intégrée » qui permet d'évaluer les niveaux des intrants atmosphériques moyens sur un mois en amont de l'ensemble des matrices environnementales intégratrices sur lesquelles ils sont susceptibles de se déposer (végétaux, sols et eaux de surface). Les résultats ne permettent pas de connaître la part effectivement accumulée et ne correspondent pas à la concentration résultante dans les matrices environnementales, mais ils représentent un niveau de dépôts atmosphériques disponible pour une éventuelle accumulation.

**Pour conclure**, on retiendra que pour tous ces milieux (vecteurs potentiels de la contamination des plantes), la modélisation sera parfois un préalable à la mesure pour identifier le périmètre d'étude et son découpage en secteur.

En outre, 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.

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

---

<sup>10</sup> HDPE : High-density polyethylene.

► **A retenir :**

- Organiser une entrevue préalable avec les propriétaires des jardins à échantillonner afin de leur expliquer la démarche engagée et obtenir leur accord. Localiser les potagers échantillonnés sur un support cartographique ou une photo aérienne.
- Rechercher des potagers témoins si l'étude vise à apprécier la contribution de l'installation étudiée à l'éventuelle contamination des plantes.
- Discuter et argumenter les regroupements de types de légumes dans le rapport d'étude.
- Prendre en compte, pour étudier les risques d'exposition aux éventuels polluants, la consommation effective des productions potagères. Il faut veiller à ne pas biaiser l'analyse, en n'échantillonnant par exemple que les espèces les plus accumulatrices, ou en excluant systématiquement le risque d'exposition lié aux arbres fruitiers.
- Combiner les informations se référant aux données statistiques, renseignant sur les quantités consommées de chacune des espèces légumières, avec les observations de terrain (espèces présentes) et la (les) discussion(s) avec le jardinier (e.g. espèces consommées) afin d'identifier les espèces les plus pertinentes à échantillonner. Cela peut aussi permettre d'accéder à des végétaux déjà récoltés qui ne sont plus présents dans le potager mais stockés (e.g. pommes de terre).
- Eviter d'échantillonner plusieurs variétés et espèces d'un même type de légumes en effectuant une analyse globale. L'absence de données spécifiques écarte toute possibilité de comparaison rigoureuse avec des valeurs réglementaires ou de référence.
- Prélever la plante au stade végétatif auquel elle est consommée ; porter des gants en vinyle non poudrés et les changer entre chaque potager, éviter de prélever des végétaux souillés ou endommagés, ne pas nettoyer les végétaux prélevés, mais procéder à leur émottage (légumes racines et tubercules) et au retrait des feuilles extérieures souvent souillées et abimés (légumes feuilles) ; échantillonner l'intégralité de l'individu pour les végétaux de petite taille, utiliser un couteau en céramique pour prélever les parties aériennes.
- Disposer d'une balance sur le terrain, afin de contrôler les quantités massiques prélevées et nécessaires à l'analyse et également aider à détecter une potentielle déshydratation entre le moment du prélèvement et l'analyse au laboratoire.
- Conditionner les échantillons dans des contenants adaptés à leur fragilité et aux substances analysées (e.g. sachets ou boîtes en plastique, flaconnage en verre). Les échantillons seront toujours accompagnés des références et informations complémentaires (identification, localisation, date de prélèvement, masse) lors de l'envoi au laboratoire d'analyses.
- S'assurer, pour les échantillonnages de sol, que le prélèvement est homogène selon la profondeur en utilisant une tarière ou une gouge, éventuellement une bêche suivant les précautions mentionnées précédemment. La constitution des échantillons composites doit amener à s'assurer de l'homogénéité des prélèvements unitaires entre eux. Pour les substances volatiles, il convient de recourir à la technique du carottage et de proscrire tout composite.
- Echantillonner les eaux et les poussières déposées en tenant compte des éventuelles variations saisonnières au cours de la période de croissance des végétaux prélevés.



### 3 Interface avec le laboratoire d'analyses des végétaux

L'interface avec le laboratoire d'analyses est essentielle pour mener efficacement la mesure recherchée. Il est en particulier important de prendre contact avec le laboratoire le plus tôt possible. L'opérateur doit transmettre au laboratoire des exigences ou précisions qui permettront de garantir au mieux la prise en charge et l'analyse des échantillons dans des conditions optimales. A l'inverse, il convient aussi au laboratoire de fournir des éléments essentiels à la qualité des résultats. A noter à ce titre que la sélection du laboratoire d'analyses doit avant tout reposer sur des éléments d'appréciation techniques dont certains sont précisés à l'Annexe 9 et non uniquement sur le critère financier.

Il est attendu du laboratoire d'analyse qu'il fournisse les informations suivantes :

- masse nécessaire à l'analyse, en fonction des substances recherchées et de la limite de quantification analytique souhaitée ;
- conditionnement (le laboratoire peut avoir des exigences particulières en plus de celles mentionnées dans ce guide ; il peut par ailleurs fournir les conditionnements) ;
- délai d'expédition optimal : le délai entre la fin de l'échantillonnage et le début des analyses par le laboratoire devant être réduit au mieux ;
- température maximale de l'air à l'intérieur de la glacière où les échantillons sont conservés ;
- mode de transport des échantillons ;
- état des échantillons à l'arrivée (notamment en cas de dégradation) ;
- protocole de préparation des végétaux (e.g. lavage, épluchage, grattage) ;
- protocole de préparation et d'analyse de l'échantillon (e.g. séchage, minéralisation) et les matériels utilisés ;
- seuils de quantification et de détection en amont de la commande ;
- incertitudes relatives à chacun des résultats d'analyse produits.

Ces points sont essentiels pour mener à bien l'analyse ultérieure de l'échantillon du fait notamment, de la fragilité des matrices végétales, mais aussi de la stabilité des polluants recherchés. L'opérateur a également la charge de spécifier précisément les besoins au laboratoire d'analyses. 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 précisé au laboratoire :

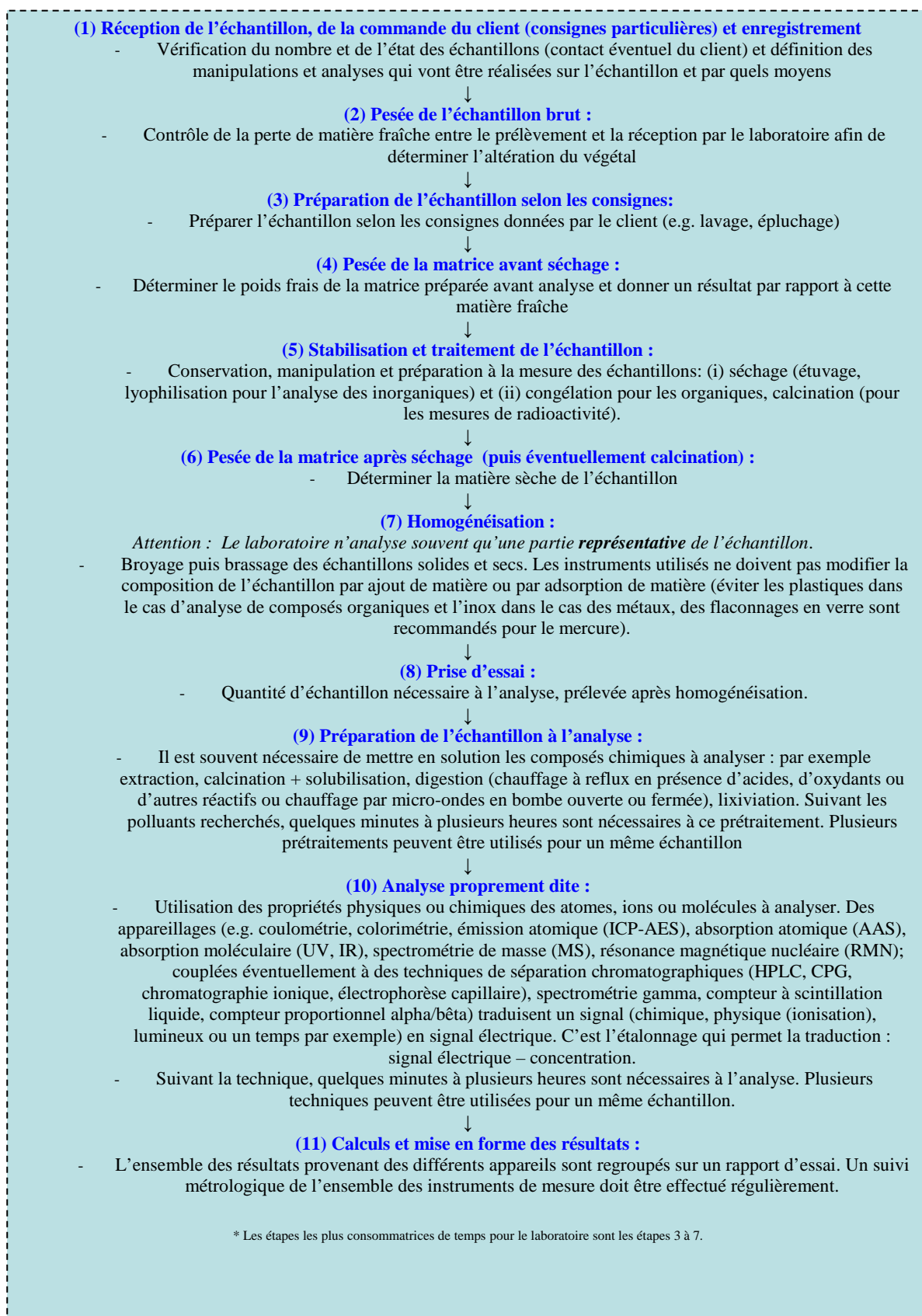
- les organes et les substances à analyser et les limites de quantification à atteindre (au regard des valeurs réglementaires disponibles ou, en leur absence, estimées à partir d'un calcul de risque préliminaire) ;
- le mode de préparation des échantillons selon les objectifs visés. Les parties abimées (qui ne sont pas consommées) devront être retirées de l'analyse ;
- l'éventuel nettoyage (et la qualité de l'eau utilisée le cas échéant) et épluchage des échantillons prélevés. Ces derniers points sont fonction des scénarii 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) ;
- la détermination de la matière sèche ou teneur en eau de chaque échantillon analysé ;
- 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 des plantes prélevées (e.g. industriel, urbain, rurale) et la proximité d'une installation potentiellement polluante doivent être signalés au laboratoire.

De façon générique, les onze étapes, représentées par le logigramme de la Figure 3, peuvent être suivies par le laboratoire pour mener à bien l'analyse.

**► A retenir :**

- Prendre contact le plus tôt possible avec le laboratoire d'analyses pour avoir des informations techniques qui permettront de garantir au mieux l'analyse des échantillons dans des conditions optimales.
- Spécifier au laboratoire d'analyses les objectifs scientifiques visés par l'étude et le contexte de l'étude (environnement des plantes potagères cultivées et proximité d'une installation potentiellement polluante).
- Préciser au laboratoire les consignes de préparation de l'échantillon : e.g. lavage, épluchage
- Demander au laboratoire d'analyses de fournir les protocoles, les seuils de détection et de quantification et les incertitudes associées à chaque résultat d'analyse.

### 3. Interface avec le laboratoire d'analyses des végétaux



**Figure-3**

*Etapas au laboratoire : prise en charge, préparation et analyse d'échantillon de végétaux.*

## **4 Recommandations pour l'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. 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 (Annexes 3 et 4) ainsi que sur les résultats d'analyse transmis par le laboratoire dont les incertitudes analytiques (Annexe 10). Dans le cas où les données obtenues par le laboratoire d'analyses semblent incohérentes au regard des connaissances du dossier (pratique culturale, installation 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 afin de réduire les variations induites par des changements d'appareils de mesure ou d'opérateur. 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 ou une analyse complémentaire (par exemple isotopie, bioaccessibilité) serait souhaitée.

### **4.2 Éléments d'évaluation de la contamination des végétaux**

L'interprétation des résultats au regard de l'alimentarité des végétaux (c'est-à-dire leur possible consommation humaine) ne repose pas sur une seule démarche systématique et universelle mais sur plusieurs. Parmi celles-ci, celle consistant à comparer les teneurs mesurées aux seuils réglementaires relatifs aux denrées destinées à l'alimentation humaine est essentielle, lorsqu'elles existent. A titre d'exemple, pour les légumes, les seuils réglementaires sont fixés, par le règlement européen n°1881/2006 du 19 décembre 2006 et modifications, et fixent les teneurs maximales pour certains contaminants dans les denrées alimentaires. Quatre éléments inorganiques sont réglementés, mais seulement deux concernent les plantes destinées à l'alimentation humaine : le plomb et le cadmium (Annexe 6). 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 Élément d'évaluation de la contribution du site étudié sur la contamination éventuelle des végétaux prélevés**

Les résultats relatifs aux potagers témoins non impactés par l'installation potentiellement polluante étudiée doivent être utilisés à titre comparatif avec ceux obtenus sur le périmètre

impacté afin de discuter de l'influence de l'installation sur la contamination éventuelle des plantes. Cette approche permet de relativiser l'impact de l'installation étudiée par rapport à un contexte initial (avant son implantation) ou par rapport à d'autres sources de contamination le cas échéant. De même, la base de données BAPPET (cf Annexe 7) peut être consultée pour comparer les résultats acquis au travers de l'étude et apprécier la singularité ou non du site étudié. 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 sur la compréhension des phénomènes de contamination des plantes potagères, plusieurs modalités de gestion sont possibles comme 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.

**► A retenir :**

- Faire l'ensemble des analyses dans le même laboratoire et demander la conservation des échantillons dans le cas où une contre analyse serait souhaitable ultérieurement.
- Réaliser une analyse critique des résultats à la lumière des informations obtenues précédemment et notamment relatives aux pratiques des jardiniers (intrants : nature et quantités).
- Remettre en perspective les résultats obtenus sur les plantes potagères avec ceux obtenus sur les autres milieux d'exposition des plantes, le cas échéant de façon à gérer le site dans sa globalité et non au travers de ce seul milieu.





**Guide d'échantillonnage  
des plantes potagères  
dans le cadre des  
diagnostics environnementaux**

-----

**Annexes**

**Seconde édition**

**( 2014 )**

## Annexe 1

### Références bibliographiques

Les références bibliographiques sont nombreuses sur le sujet traité par ce guide. Une sélection est proposée ci-après sur la base de celles qui nous sont apparues les plus pertinentes. Les documents officiels sont suivis des guides et supports techniques qui sont classés par domaine selon la nature des informations apportées.

#### CIRCULAIRES :

- Circulaire du DPPR-MEDD du 25 octobre 2004 relative à l'inspection des Installations Classées – Plan National Santé Environnement (PNSE)
- Circulaire BPSPR/2008-1/DG du 11 janvier 2008 relative aux Installations classées - Prévention de la pollution des sols - Gestion des sols pollués - Dispositif d'accompagnement des textes du 8 février 2007 (mise à jour en septembre 2012)  
⇒ [http://www.developpement-durable.gouv.fr/spip.php?page=doc&id\\_article=19889](http://www.developpement-durable.gouv.fr/spip.php?page=doc&id_article=19889)
- Circulaire du 8 février 2007 - Installations Classées - Prévention de la pollution des sols - Gestion des sols pollués (mise à jour en septembre 2012)  
⇒ [http://www.developpement-durable.gouv.fr/spip.php?page=doc&id\\_article=19383](http://www.developpement-durable.gouv.fr/spip.php?page=doc&id_article=19383)

#### OUTILS NATIONAUX DE GESTION DES SITES POLLUES

- Note du 8 février 2007 qui présente la politique nationale en matière de gestion de sites (potentiellement) pollués et présente l'ensemble des textes, outils et documents de mise en œuvre de cette politique. Cette note est accompagnée de trois annexes dont la seconde est la plus appropriée au présent guide  
⇒ [http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/note\\_08-02-2007.pdf](http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/note_08-02-2007.pdf)
- Annexe 2 : Modalités de gestion et de réaménagement des sites pollués. Comment identifier un site (potentiellement) pollué. Comment gérer un problème de site pollué  
⇒ [http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/Note\\_aux\\_prefets\\_sols\\_pollues\\_08\\_02\\_07\\_annexe2-2.pdf](http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/Note_aux_prefets_sols_pollues_08_02_07_annexe2-2.pdf)
- Annexe 3 : Les outils en appui aux démarches de gestion. Les documents utiles pour la gestion des sites pollués  
⇒ [http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/Note\\_prefets\\_sols\\_pollues\\_08\\_02\\_07\\_Annexe3\\_v260713.pdf](http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/Note_prefets_sols_pollues_08_02_07_Annexe3_v260713.pdf)

#### VALEURS REGLEMENTAIRES, VALEURS GUIDES, VALEURS REPERES :

- 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. Règlement (CE) N° 1881/2006 modifié par les règlements (CE) 1126/2007 – 565/2008 et 629/2008 et les règlements (UE) 105/2010 – 165/2010 – 420/2011 – 835/2011 – 1258/2011 – 1259/2011 et 594/2012.
- 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).
- Synthèse des valeurs réglementaires pour les substances chimiques en vigueur dans l'eau, les denrées alimentaires et dans l'air en France au 1<sup>er</sup> décembre 2013, INERIS DRC-14-142522-01489, décembre 2013  
⇒ <http://www.ineris.fr>
- Inventaire des données de bruit de fond dans l'air ambiant, l'air intérieur, les eaux de surface et les produits destinés à l'alimentation humaine en France, INERIS DRC-08-94882-15772A (2009)  
⇒ [http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/Bruit-fond-Air-Eaux-Alimentation\\_Final-2.pdf](http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/Bruit-fond-Air-Eaux-Alimentation_Final-2.pdf)

## CONNAISSANCE DES 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 et Collectifs (FNJF) qui dispose d'un centre de documentation (Paris) ouvert au public

⇒ <http://www.jardins-familiaux.asso.fr/reseau.html>

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+BDES+INTBDES+00014540](http://www.inra.fr/cgi-bin/Internet/Produits/webtexto/cmdlist?/usr/local/www/apache/conf/webtexto/ESR/txtoweb_inter.conf+BDES+INTBDES+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.
- Le jardin familial : loisir ou travail ; le cas du jardin familial de la Vendée à Cholet ; Nathalie Coatglas, 1998.
- Ouvrage « Jardins potagers : terres inconnues ? » ADEME, Edp Sciences ; ouvrage qui présente un ensemble de connaissances pluridisciplinaires récentes sur les jardins ; travail coordonné par C. Schwartz et al. 172p. avril 2013

## PARAMETRES D'EXPOSITION

(Taux de consommation de végétaux auto-produits)

- CIBLEX (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, 3, 299-322.
- 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
- Galan P. et Deheeger M. (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.
- Etude sur l'autoconsommation des usagers des jardins familiaux du Fort d'Aubervilliers (93)., InVS 2012  
⇒ <http://www.invs.sante.fr/Dossiers-thematiques/Environnement-et-sante/Sols-pollues-et-sante/Etudes-locales-sur-des-sols-pollues/Etude-sur-l-autoconsommation-des-usagers-des-jardins-familiaux-du-Fort-d-Aubervilliers-93>
- Enquêtes alimentaires pour l'évaluation des impacts chimiques et dosimétriques à proximité de sites nucléaires – Environnement, Risques & Santé, Volume 10, Numéro 2, 105-19, Mars-Avril 2011  
⇒ <http://www.jle.com/e-docs/00/04/66/05/article.phtml>
- Aligon D. (2010) Développement et calage d'une méthode empirique d'appréciation du taux de couverture des besoins en légumes en vue d'une application en gestion des risques sanitaires (cas des sites et sols pollués), rapport de fin d'étude d'Ingénieur du Génie Sanitaire, EHESP  
⇒ <http://fulltext.bdsp.ehesp.fr/Ehesp/memoires/igs/2010/aligon.pdf>

## SOLS

- Guide méthodologique pour les diagnostics de sites – Ministère en charge de l'écologie (2007)  
⇒ [http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/Diagnostics\\_du\\_site.pdf](http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/Diagnostics_du_site.pdf)
- Pollution des sols en contexte minier : démarche et choix des techniques d'évaluation du risque - BRGM/RP-54713-FR (2006)  
⇒ [http://www.developpement-durable.gouv.fr/spip.php?page=doc&id\\_article=20622](http://www.developpement-durable.gouv.fr/spip.php?page=doc&id_article=20622)
- Protocole d'échantillonnage des sols urbains pollués par du plomb - BRGM/RP-52928-FR (2004)  
⇒ [http://www.developpement-durable.gouv.fr/spip.php?page=doc&id\\_article=20267](http://www.developpement-durable.gouv.fr/spip.php?page=doc&id_article=20267)
- Guide méthodologique du plomb appliqué à la gestion des sites et des sols pollués - BRGM/RP-52881-FR (2004)  
⇒ [http://www.developpement-durable.gouv.fr/spip.php?page=doc&id\\_article=20278](http://www.developpement-durable.gouv.fr/spip.php?page=doc&id_article=20278)
- Guide méthodologique de l'arsenic appliqué à la gestion des sites et des sols pollués - BRGM/RP-52066-FR (2003)  
⇒ [http://www.developpement-durable.gouv.fr/spip.php?page=doc&id\\_article=20223](http://www.developpement-durable.gouv.fr/spip.php?page=doc&id_article=20223)
- Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques - Guide méthodologique - INERIS 66244-DESP-R01(2005)  
⇒ [http://www.developpement-durable.gouv.fr/spip.php?page=doc&id\\_article=20549](http://www.developpement-durable.gouv.fr/spip.php?page=doc&id_article=20549)
- Caractérisation des pollutions potentielles relatives aux sites miniers du territoire français métropolitain - BRGM/RP-52816-FR (2004)  
⇒ [http://www.developpement-durable.gouv.fr/spip.php?page=doc&id\\_article=20477](http://www.developpement-durable.gouv.fr/spip.php?page=doc&id_article=20477)

- Devenir des dioxines dans les sols - Analyse critique de données bibliographiques - BRGM/RP-53070-FR (2004)  
⇒ [http://www.developpement-durable.gouv.fr/spip.php?page=doc&id\\_article=20506](http://www.developpement-durable.gouv.fr/spip.php?page=doc&id_article=20506)
- Dioxines dans les sols français : un premier état des lieux - BRGM/RP-54202-FR (2005)  
⇒ [http://www.developpement-durable.gouv.fr/spip.php?page=doc&id\\_article=20507](http://www.developpement-durable.gouv.fr/spip.php?page=doc&id_article=20507)
- Dioxines/furannes dans les sols français : second état des lieux, analyses 1998-2007 - BRGM/RP-56132-FR (2008)  
⇒ [http://www.developpement-durable.gouv.fr/spip.php?page=doc&id\\_article=20508](http://www.developpement-durable.gouv.fr/spip.php?page=doc&id_article=20508)
- NF ISO 18589-1 (décembre 2005)  
Titre : Energie nucléaire – Mesure de la radioactivité dans l'environnement – Sol – Partie 1: lignes directrices générales et définition.
- PR NF ISO 18589-2 (janvier 2006)  
Titre : Energie 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.

## TRANSFERTS SOL-PLANTES

- BAPPET – Base de données sur les teneurs en éléments traces métalliques de plantes potagères ; décembre 2007 – mise à jour en 2012-2013 ; ADEME, INERIS, CNAM, UL, ENSAT, ISA  
⇒ <http://www.developpement-durable.gouv.fr/BAPPET-BAse-de-donnees-sur-les.html>
- Tremel-Schaub A. et Feix I., 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 ; Eembijdrage aan de technische evaluatie van de interventiewaarden en de locatiespecifieke risicobeoordeling van verontreinigde bodem ; C.W. Versluis et P.F. Otte ; 149 p.
- 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  
⇒ [http://www.developpement-durable.gouv.fr/spip.php?page=doc&id\\_article=20614](http://www.developpement-durable.gouv.fr/spip.php?page=doc&id_article=20614)

## AIR – POUSSIERES

- Guide sur la surveillance dans l'air autour des installations classées – Rapport INERIS-DRC-14-136338-00126A ; site Internet [www.ineris.fr](http://www.ineris.fr)

### Références des normes utilisées pour les poussières dans l'air et les retombées atmosphériques :

- NFX 43-014 : Qualité de l'air : détermination des retombées atmosphériques totales, novembre 2003.

- NFX 43-007 : Qualité de l'air : Détermination de la masse de retombées atmosphériques sèches – Prélèvement sur plaquettes de dépôts – Préparation et traitement, décembre 2008.
- NF EN 15841: Qualité de l'air ambiant - Méthode normalisée pour la détermination des dépôts d'arsenic, de cadmium, de nickel et de plomb, janvier 2010.
- NF EN 15853 : Ambient air quality - Standard method for the determination of mercury deposition, juillet 2010.
- NF EN 15980 : Qualité de l'air - Détermination du benzo(a)anthracène, benzo(b)fluoranthène, benzo(j)fluoranthène, benzo(k)fluoranthène, benzo(a)pyrène, dibenz(a,h)anthracène et indeno(1,2,3-cd)pyrène dans les dépôts atmosphériques, juillet 2011.
- NFX 43-901 : Biosurveillance de la qualité de l'air à l'aide de ray-grass : des cultures à la préparation des échantillons, mai 2008.
- NFX 43-902 : Biosurveillance de la qualité de l'air à l'aide de mousses autochtones : de la récolte à la préparation des échantillons, mai 2008.
- VDI 3957 Blatt 3 - Verfahren der standardisierten Exposition von Grünkohl, Dez 2000 ; norme allemande concernant l'exposition de choux frisés.
- VDI 2119 : VDI-Standard: VDI 2119 Ambient air measurements - Sampling of atmospheric particles <größer> 2,5 µm on an acceptor surface using the Sigma-2 passive sampler - Characterisation by optical microscopy and calculation of number settling rate and mass concentration, 1996 [notamment pour PCDD/F]

#### **TRANSFERTS ATMOSPHERE-PLANTES**

- Projet Dimension « Interactions entre les particules fines atmosphériques riches en métaux et les écosystèmes terrestres et l'homme. Étude réalisée pour le compte de l'ADEME par Camille Dumat, INP-ENSAT. Contrat Ademe ADEME 1072C0008.
- Schreck E., Dappe V., Sarret G., Sobanska S., Nowak D., Nowak J., Stefaniak E.A., Magnin V., Ranieri V., Dumat C. 2014. Foliar or root exposures to smelter particles: consequences on lead compartmentalization and speciation in plant leaves. STOTEN-D-13-02446R2, In press.
- Xiong T., Leveque T., Shahid M., Foucault Y., Dumat C. Lead and cadmium phytoavailability and human bioaccessibility for vegetables exposed to soil or atmosphere pollution by process ultrafine particles. *Journal of Environmental Quality*, in press.
- Xiong T., Leveque T., A. Austruy, S. Goix, E. Schreck, V. Dappe, S. Sobanska, Y. Foucault and C. Dumat. Foliar uptake and bioaccessibility of metal(loid)s in vegetables exposed to particulate matters. *Environmental Geochemistry & Health*, in press.
- Schreck E, Laplanche C, Le Guédard M, Bessoule JJ, Austruy A, Xiong T, Foucault Y, Dumat C. 2013. Influence of fine process particles enriched with metals and metalloids on *Lactuca sativa* L. leaf fatty acid composition following air and/or soil-plant field exposure. *Environmental Pollution* 179, 242-249.
- Schreck E, Foucault Y, Sarret G, Sobanska S, Cécillon L, Castrec-Rouelle M, Uzu G, Dumat C, 2012. Foliar uptake of metals and metalloids by various plants in the context of sanitary risk assessment under urban atmospheric pollution. *Sc. Total Environment*, 427-428, 253-262.

- Schreck E, Bonnard R, Laplanche C, Leveque T, Foucault Y, Dumat C. 2012. DECA: a new model for assessing the foliar uptake of atmospheric lead by vegetation, using *Lactuca sativa* as an example. *Journal of Environmental Management*, 112, 233-239.
- G. Uzu, S. Sobanska, G. Sarret, M. Munoz & C. Dumat. 2010. Foliar lead uptake by lettuce exposed to atmospheric fallouts. *Environmental Science & Technology*, 44, 1036-1042.

## EAUX

- NF EN ISO 5667-1 (mars 2007)  
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 ISO 5667-3 (juin 2004)  
Titre : Qualité de l'eau - Échantillonnage - Partie 3 : lignes directrices pour la conservation et la manipulation des échantillons.
- Eaux souterraines, surveiller pour mieux protéger – MEDD - V0.1. 2005  
⇒ [http://www.developpement-durable.gouv.fr/spip.php?page=doc&id\\_article=20371](http://www.developpement-durable.gouv.fr/spip.php?page=doc&id_article=20371)
- Surveillance des eaux souterraines dans le contexte des sites pollués – Record 06-1015/1A (2008)  
⇒ [http://www.developpement-durable.gouv.fr/spip.php?page=doc&id\\_article=20671](http://www.developpement-durable.gouv.fr/spip.php?page=doc&id_article=20671)

## 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

## ECHANTILLONNAGE ET ANALYSE DES VÉGÉTAUX ET DENREES ALIMENTAIRES

### 1 - Protocoles d'échantillonnage :

- 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](http://www.bordeaux.inra.fr/web_usrave/table.htm) - 2003

- 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

## 2 - Protocoles analytiques :

- NF V03-009-2 (juillet 2002) : 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 GEOCHIMIQUE ET RADIOLOGIQUE**

1 - Données sur les concentrations de métaux lourds dans les sols : Parmi les documents et bases de données existantes sur ce sujet, il existe :

- Fond géochimique naturel – état des connaissances à l'échelle nationale – mise à jour janvier 2012, BRGM/RP-50158-FR  
⇒ <http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/RP-50158-FR-2.pdf>
- 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/rmq/rmq.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>

## 2 - 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](http://www.irsn.org))
- Réseau national de mesures de la radioactivité dans l'environnement ([www.mesure-radioactivite.fr](http://www.mesure-radioactivite.fr)).

## Annexe 2 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
<b>LEGUMES</b>													
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
<b>LEGUMES</b>													
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)
<b>FRUITS</b>													
Abricotier ( <i>Prunus armeriaca</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)
Groseillier ( <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)
Pécher ( <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<sup>ème</sup> 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:**  

 Zones septentrionales  
 Zones méridionales

**Productivité:**  

 Forte productivité  
 Faible productivité

**Annexe 3****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 (m<sup>2</sup> 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) :

Potentiel 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 (e.g. haie, mur) (en lien avec la problématique des 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 (e.g. hétérogène, homogène) :
- texture / cohésion (graveleux, sableux, limoneux, argileux) :
- couleur : ; compacité : ; pH : ;
- humidité : ; odeur : ; C. org : ;
- 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 (e.g. 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 4****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)

Pour chaque prélèvement faire une fiche d'identification

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 végétal prélevé :**

légume feuille

légume racine

légume tubercule

légume fruit

fruit

autre :

Espèce :

Espèce arrosée : 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 (e.g. flaconnage, boîte) :

Matière (e.g. plastique, téflon) :

Transport :

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

Transporteur :

Consignes liées à la préparation et à l'analyse :

Lavage à l'eau - Epluchage

Partie du végétal soumise à analyse

## Annexe 5

### 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 les villes ou des entreprises se distinguent des précédents principalement par leur regroupement dans un même secteur et leur détachement des lieux d'habitation.

Du fait de la rareté des études et de leur espacement dans le temps, il reste bien hasardeux de préciser le nombre de jardins existant en France, et ce d'autant plus si l'on souhaite distinguer les jardins potagers des jardins d'agrément. 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 existait en France :

- 7,7 millions de jardins potagers couvrant une superficie de 225 000 hectares,
- 20 000 jardins cheminots de 250 m<sup>2</sup> chacun et représentant 500 hectares,
- 2 000 hectares de jardins familiaux.

Selon l'ouvrage « Jardins potagers : terres inconnues ? » de 2013 qui présente un ensemble de connaissances pluridisciplinaires récentes sur les jardins, on comptait en 2011 plus de 12 millions de ménages qui entretenaient 13.5 millions de jardins.

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 m<sup>2</sup>,
- les jardins moyens < 800 m<sup>2</sup>,
- les grands jardins > 800 m<sup>2</sup>.

La répartition de ce découpage a sans doute changé depuis ces quarante dernières années. Les publications plus récentes sur le sujet montrent en effet qu'une grande majorité des jardins sont de surface comprises entre 100 et 300 m<sup>2</sup>. 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 m<sup>2</sup>. 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 m<sup>2</sup>. Dans les jardins individuels (rattachés aux pavillons), la part du potager moyen représente un sixième de la surface du terrain, soit une moyenne de 100 m<sup>2</sup> cultivés seulement. A noter que dans cette 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 telles que les allées.

#### La classification des espèces potagères :

Il existe plusieurs classifications des espèces potagères qui s'appuient sur des critères particuliers. Trois principales approches ayant des finalités très différentes peuvent être distinguées.

##### 1 – La classification liée aux pratiques de jardinage

Les manuels de jardinage proposent une classification des espèces basée 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, choux)
- 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 et, 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 Wikipédia<sup>11</sup> :

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

<sup>11</sup> [http://fr.wikipedia.org/wiki/Liste\\_des\\_plantes\\_potag%C3%A8res\\_par\\_familles\\_botaniques](http://fr.wikipedia.org/wiki/Liste_des_plantes_potag%C3%A8res_par_familles_botaniques)

**Espèce :**

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

**Variété :**

Catégorie de la taxinomie inférieure à l'espèce. La variété regroupe des individus d'une même espèce qui possèdent un caractère distinctif commun. Par exemple, 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 risques sanitaires

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

A noter que dans le cadre des études de gestion des sites et sols pollués ou Installations classées, les quatre ou cinq premiers types de légumes sont les plus couramment échantillonnés sur le terrain et des regroupements sont parfois pratiqués (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 des études de gestion des sites et sols pollués ou Installations classées 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.

Il faut 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 6). 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 6****Seuils réglementaires en plomb et cadmium pour les plantes potagères.**

*Extraits (en date de décembre 2013) des publications JOUE du règlement européen (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 16/03/200 ; Règlement (CE) n°1881/2006 modifié par les règlements (CE) 1126/2007 – 565/2008 et 629/2008 et les règlements (UE) 105/2010 – 165/2010 – 420/2011 – 835/2011 – 1258/2011 – 1259/2011 et 594/2012).*

Produit	Teneurs maximales admissibles (mg/kg de poids du produit à l'état frais)
<b>3.1. PLOMB (Pb)</b>	
3.1.9 Légumineuses potagères <sup>(27)</sup> , céréales et légumineuses	0,2
3.1.10 Légumes, à l'exclusion des brassicées, des légumes-feuilles, des fines herbes et des champignons <sup>(27)</sup> . Dans le cas des pommes de terre, la teneur maximale s'applique aux produits pelés.	0,1
3.1.11 Brassicées, légumes-feuilles <sup>(43)</sup> et champignons suivants <sup>(27)</sup> : <i>Agaricus bisporus</i> (champignons de Paris), <i>Pleurotus ostreatus</i> (pleurotes en forme d'huitre), <i>Lentinula edodes</i> (shiithe)	0,3
3.1.12 Fruits, à l'exclusion des baies et des petits fruits <sup>(27)</sup>	0,1
3.1.13 Baies et petits fruits <sup>(27)</sup>	0,2
<b>3.2. CADMIUM (Cd)</b>	
3.2.12 Céréales, à l'exclusion du son, du germe, du blé et du riz	0,1
3.2.13 Son, germe, blé et riz	0,2
3.2.14 Graines de soja	0,2
3.2.15 Légumes et fruits, à l'exclusion des légumes-feuilles, des fines herbes, des choux feuilles, des champignons, des légumes-tiges, des légumes-racines et légumes tubercules, et des algues marines <sup>(27)</sup>	0,05
3.2.16 Légumes-tiges, légumes-racines et légumes tubercules, à l'exclusion du céleri-rave <sup>(27)</sup> . Dans le cas des pommes de terre, la teneur maximale s'applique aux produits pelés.	0,1
3.2.17 Légumes-feuilles, fines herbes, choux feuilles, céleri-rave et champignons suivants <sup>(27)</sup> : <i>Agaricus bisporus</i> (champignons de Paris), <i>Pleurotus ostreatus</i> (pleurotes en forme d'huitre), <i>Lentinula edodes</i> (shiithe)	0,2
3.2.18 Champignons, à l'exclusion de ceux énumérés au point 3.2.17 <sup>(27)</sup>	1,0

<sup>27</sup> La teneur maximale s'applique une fois les fruits ou les légumes lavés et la partie comestible séparée.

<sup>43</sup> La teneur maximale pour les légumes-feuilles ne s'applique pas aux fines herbes [relevant du numéro de code 0256000 à l'annexe I du règlement (CE) n° 396/2005].

A noter qu'il existe d'autres seuils réglementaires pour d'autres substances dans les aliments qui sont présentés de façon synthétique sur le site de la DGCCRF

⇒ [http://www.minefi.gouv.fr/DGCCRF/03\\_publications/bid/substdangereuses.htm](http://www.minefi.gouv.fr/DGCCRF/03_publications/bid/substdangereuses.htm).

**Annexe 7**  
**Présentation de la base de données BAPPET**  
**Transfert d'éléments traces métalliques dans les plantes potagères**

Objectif de l'outil :

L'appréciation de l'impact d'une installation potentiellement polluante (activités industrielles, minières ou de service) en fonctionnement ou à l'arrêt implique la connaissance de la qualité de son environnement. Cela nécessite la caractérisation de la contamination potentielle des différentes voies d'exposition des populations aux contaminants des sols (sol, eau, air, végétaux). Cette démarche est un préalable essentiel préconisé par les méthodologies relatives à la gestion des sites et sols pollués. Elle s'inscrit plus particulièrement dans la phase de diagnostic du site considéré.

La présence de potagers à proximité d'installations potentiellement polluantes amène souvent à examiner lors des diagnostics environnementaux la qualité sanitaire des végétaux issues de ces potagers et consommées par la population. Trois méthodes sont alors couramment utilisées pour déterminer les teneurs en polluants des organes comestibles : (i) la sélection dans la littérature scientifique de valeurs de concentrations dans les plantes des éléments chimiques considérés, (ii) l'utilisation de modèles de transfert vers la plante ou (iii) la mesure directe dans la plante. Chacune de ces méthodes présente des avantages et limites qu'il convient de connaître pour procéder dans un contexte donné au choix le plus approprié. Ce choix ainsi que les modalités de sa mise en œuvre doivent faire l'objet d'une réflexion rigoureuse. Pour ce faire, l'ADEME et l'INERIS, en collaboration avec des organismes d'études et de recherches (UL-INRA, INP-ENSAT et ISA) ont engagé des actions complémentaires qui visent à améliorer les pratiques actuelles ainsi qu'à optimiser le retour d'expérience acquis sur les dossiers traités.

La base de données BAPPET a pour objectif de centraliser les données environnementales de l'essentiel des études récentes disponibles dans la littérature et portant sur la contamination de plantes potagères par des éléments traces métalliques (ETM). Le contexte environnemental (industriel, urbain ou agricole), l'origine de la contamination et sa nature, les vecteurs de contamination des plantes (sol, eau, air) et les espèces sont notamment renseignés. Ces paramètres constituent les critères d'interrogation de la base de données, et permettent d'extraire les résultats des études les plus pertinentes au regard des données spécifiques à un contexte étudié. La base de données est consultée soit pour comparer les résultats acquis au travers d'une étude spécifique et apprécier la singularité ou non du site étudié, soit préalablement à des mesures, pour juger de l'opportunité d'engager des moyens d'investigation sur le milieu « plante potagère » dans un contexte donné et le cas échéant aider au dimensionnement des moyens à engager.

A noter que la base de données a été élaborée à partir de deux sources d'information qui restent affichées lors de la restitution : les données issues de publications scientifiques d'une part, les données issues de diagnostics environnementaux d'autre part. Cette seconde source d'information vise à rendre plus opérationnelle l'exploitation des retours d'expérience acquis au fil des études par les différents acteurs susceptibles de réaliser des mesures de concentrations en ETM dans les plantes. Elle implique naturellement un vrai partenariat avec les bureaux d'études et les maîtres d'ouvrage qui se trouvent au cœur du système de l'acquisition des données.

Cible/utilisateurs :

Les évaluateurs de risque, bureaux d'étude, gestionnaires de sites pollués, gestionnaires de parcelles potagères de type jardins ouvriers...

Modalité d'accès :

<http://www.developpement-durable.gouv.fr/BAPPET-BAse-de-donnees-sur-les.html>

Année de création : 2007

Réactualisation : 2013

Perspectives :

Le projet PlantEval2 (co-initié et co-dirigé par l'ADEME et l'INERIS et conduit en partenariat avec l'UL-INRA, l'ISA et le Certop) est actuellement en cours pour développer une base de données équivalente pour les polluants organiques – BAPPOP, dont la sortie est prévue en 2015.

**Annexe 8**  
**Capacité des espèces potagères à l'accumulation d'éléments traces par transfert racinaire**

Espèce	Organe	Accumulateur	Moyennement accumulateur	Faiblement accumulateur	Très faiblement accumulateur
Betterave	racine		Cu, Ni, Zn		Cd, Cr, Se, Pb
Chou	pomme	Tl, Cd	Se, As, Hg, Ni	Cr, Cu	Pb
Pomme de terre	tubercule		Cr	Cu, Ni	Cd, Se, Pb, Zn
Chou-fleur	pomme				Cr, Se
Endive	feuille		Cd		Cr, Se
Epinard	feuille	Cd, Zn	Cr, Hg	Cu	Se, Pb
Laitue	pomme	Cd, Zn	Cu		Se, Cr, Pb
Concombre	fruit				Cd, Hg, Pb, Tl, Cr, Se
Courgette	fruit				Cd, Hg, Pb, Tl, Cr, Se
Melon	fruit				Cd, Hg, Pb, Tl, Cr, Se
Tomate	fruit				Cd, Hg, Pb, Tl, Cr, Se
Carotte	racine		Cd, Cu, Zn		Hg, Pb, Tl, Cr, Se
Oignon	bulbe		As, Zn		Cd, Hg, Pb, Tl, Cr, Se
Haricot	grain		Ni		Cd, Hg, Pb, Tl, Cr, Se
Petit pois	grain		Ni		Cd, Hg, Pb, Tl, Cr, Se
Poireau	tige et feuille		Cr	Ni, Zn	Cd, Hg, Pb, Tl, Se
Abricot	fruit				Cd, Hg, Pb, Tl, Cr, Se
Pêche	fruit				Cd, Hg, Pb, Tl, Cr, Se
Nectarine et brugnion	fruit				Cd, Hg, Pb, Tl, Cr, Se
Prune	fruit				Cd, Hg, Pb, Tl, Cr, Se
Pomme	fruit		Co		Cd, Hg, Pb, Tl, Cr, Se
Poire	fruit		Co		Cd, Hg, Pb, Tl, Cr, Se
Raisin	baie				Cd, Hg, Pb, Tl, Cr, Se

**Importance de l'accumulation d'éléments traces chez les plantes potagères les plus cultivés en France**

*extrait de l'ouvrage « Contamination des sols – transferts des sols vers les plantes »  
Anne Tremel Schaub et Isabelle Feix (juillet 2005) -*

Capacité à l'accumulation	As	Cd	Cu	Hg	Ni	Pb	Zn
<b>Elevée</b>	Epinards	Carottes Epinards Tomates	Tomates	Epinards Haricots	Haricots	Carottes Radis Choux frisés Epinards	Tomates Laitues Haricots
<b>Moyenne</b>	Carottes	Radis Choux Laitues Endives Haricots	Pommes de terre Carottes Laitues Haricots		Carottes Tomates Laitues	Laitues Endives Tomates	
<b>Faible</b>	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

**Classification des espèces potagères en fonction de leur capacité à l'accumulation d'éléments minéraux**

*d'après Lübben et Sauerbeck (1991), repris par Versluijs et Otte (RIVM, 2001)*

## Annexe 9

### Eléments de sélection du laboratoire d'analyses

Il est rappelé qu'un véritable dialogue doit s'instaurer entre le laboratoire d'analyses 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 (e.g. paiement, facturation, références particulières).

Il est conseillé de choisir, si possible, un laboratoire d'analyses 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 au laboratoire en particulier, 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>) la liste des laboratoires accrédités ainsi que les portées d'accréditation (cf. 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'analyses, 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 concentrations habituellement rencontrées 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 utilisées. 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 (grandeur particulière soumise à mesurage). 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 donc par conséquent quelle est adaptée à l'objectif fixé pour l'analyse. 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'analyses :

- nombre de substances et matrices analysées,
- volume d'échantillons végétaux traités chaque année,
- volume d'analyses de mêmes types que celles souhaitées réalisé par l'opérateur traité chaque année,
- passage systématique, avec les échantillons à analyser, 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 exemple 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'analyses pourra renseigner l'opérateur sur la durée à prévoir pour réaliser l'analyse de l'échantillon.

## Annexe 10

### 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 donne l'intervalle, autour de la valeur moyenne, dans lequel la valeur vraie de l'échantillon se trouve avec une probabilité définie. Y évalue l'erreur qui a pu être faite lors de la production de la valeur X et la dispersion des résultats autour de X. L'incertitude est liée à une méthode d'analyse. 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 le jour de la réalisation 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 ne la 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 polluant 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. Cette température de séchage est choisie par le laboratoire en fonction de la substance analysée la plus volatile (entre  $40$  et  $50^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$  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 :  $X \pm Y \text{ mg/kg}_{\text{MS}}$ .

Comme d'une part les valeurs réglementaires sont exprimées sur la base d'une masse fraîche de végétaux et que d'autre part, les calculs d'exposition se font sur la base de régimes alimentaires également exprimés de cette façon, il est indispensable que le laboratoire fournisse aussi la teneur en eau mesurée correspondant à chaque échantillon analysé.

#### **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  $\mu\text{Bq}$ . L'activité est rapportée à un volume (activité volumique en Bq/l ou  $\text{Bq/m}^3$ ), une masse (activité massique en Bq/kg) ou une surface (activité surfacique en



Bq/m<sup>2</sup>). Dans le cas d'analyse de végétaux, l'activité massique exprimée, en masse sèche (Bq/kg<sub>sec</sub>) ou fraîche (Bq/kg<sub>frais</sub>) 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'analyses 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 11

### Exemples d'application du guide à quelques situations distinctes

- Contrairement aux mesures réalisées dans de nombreux secteurs y compris agroalimentaire, les échantillonnages, prélèvements, préparations et analyses de végétaux réalisées dans le cadre des études environnementales ou sanitaires ne sont pas soumises à une réglementation stricte. Elles requièrent donc une certaine expertise et des échanges entre les donneurs d'ordre (industriels ou représentants), les chargés d'étude (bureaux d'étude et laboratoires d'analyse) et l'administration (DREAL, DEAL, DRIEE<sup>12</sup> et ARS<sup>13</sup>) pour définir les protocoles (non normalisés) et interpréter les résultats. Pour tous ces acteurs, ce type d'étude apparaît donc plus contraignant que l'analyse d'autres milieux environnementaux (sols, eaux ou air).
  
- Pour faciliter la mise en œuvre des préconisations du guide sur des dossiers concrets, des illustrations basées sur trois cas d'étude distincts sont proposées dans cette annexe. Les trois configurations sont:
  - **C1** : pollution par des retombées atmosphériques de poussières diffuses et/ou canalisées, exemple d'une fonderie ;
  - **C2** : pollution par l'eau d'arrosage contaminée, site de traitement de surface ;
  - **C3** : pollution anthropique ancienne, exemple des apports par dépôts de poussières et par dépôts de sédiments pollués provenant d'une exploitation minière en amont.
  
- Les exemples cités ci-après sont fictifs, même s'ils sont inspirés de cas réels. Ils sont donnés pour illustrer la diversité des situations et questions scientifiques liées à la problématique de la pollution des jardins potagers et non comme des exemples à suivre à la lettre.
  
- A noter que la stratégie d'échantillonnage proposée pour ces exemples d'études ne vise qu'à caractériser l'impact du site sur la contamination potentielle des plantes potagères et non à engager une démarche globale pour caractériser la qualité des milieux environnementaux et veiller à l'absence d'incompatibilité d'usage. C'est une des raisons pour lesquelles, la restitution et l'interprétation des résultats ne sont pas abordées. De même, seuls les éléments réellement pertinents par rapport à l'illustration du guide sont mis en avant. Si un opérateur peut s'inspirer de ces exemples, il ne peut les reprendre et les appliquer directement sans engager une réflexion spécifique au site qu'il étudie et qui présentera forcément ses propres particularités.
  
- Enfin, pour chacun des trois exemples proposés, le même plan de présentation est suivi, en reprenant les différentes étapes de la démarche du guide, et afin de faire ressortir les particularités de chaque situation dans les différentes étapes de la conduite d'une étude de caractérisation de la qualité des végétaux.

<sup>12</sup> DREAL : Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement (métropole sauf IdF) ;  
DEAL : Direction de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement (Départements d'Outre-mer) ;  
DRIEE : Direction Régionale et Interdépartementale de l'Environnement et de l'Energie (Ile-de-France)

<sup>13</sup> Agence Régionale de Santé

## ► C1 - Pollution par des retombées atmosphériques de poussières diffuses et/ou canalisées : exemple d'une fonderie.

### 1. Elaboration de la stratégie d'échantillonnage spécifique à la problématique des jardins potagers

#### 1.1. Etude documentaire préalable à l'échantillonnage

- **Etude historique** de l'installation étudiée et de la pollution : il s'agit d'une fonderie de plomb de seconde fusion ayant fonctionné durant une cinquantaine d'années sans filtre à poussières sur la cheminée.
- **Etude environnementale et informations spécifiques** aux jardins potagers présents : la fonderie est installée au fond d'une vallée, à proximité immédiate d'habitations. On distingue des habitations anciennes dispersées et un lotissement comptant une quarantaine de maisons, dont certaines avec jardin potager. Dès lors que l'on a affaire à des pollutions métalliques, il est important de disposer d'une connaissance de l'environnement local et en particulier du fond pédogéochimique local. Ainsi, il faut chercher à savoir s'il existe selon la nature des sols des différences importantes entre le fond de vallée et le plateau. Dans le contexte de ce site, le fond pédogéochimique local ne présente pas d'anomalie. Il n'y a par ailleurs pas d'autres activités dans le secteur susceptibles d'avoir contaminées les sols en métaux.

#### 1.2. Exploitation des informations disponibles

- Choix des substances : s'agissant d'une fonderie de seconde fusion, les analyses de sol et de végétaux porteront sur Pb, Cd, Cr, Hg, As, Sb, Zn et Ni.
- **Schéma conceptuel** : Source de pollution: particules interagissant avec les sols (a : contamination des sols puis des végétaux par transfert racinaire) ou sont interceptés par les végétaux (b : contamination des parties aériennes des végétaux ; le sol peut être faiblement contaminé et une translocation des polluants peut se produire) ou par les toitures (c : contamination par l'eau d'arrosage récupérée des toitures et chargées en poussières contaminées.).

A noter que selon le contexte, d'autres sources de pollution peuvent exister comme par exemple la contamination des eaux souterraines par des hydrocarbures (fuites sur cuves de fuel alimentant les fours de l'ancienne fonderie) en cas de présence de puits privés et de leurs usages pour l'arrosage (cf cas n°2).

- **Définition du périmètre d'étude** : Le périmètre d'étude représente l'ensemble du périmètre d'impact auquel s'ajoute un secteur témoin ; à l'occasion d'un diagnostic des sols anciens, on dispose de courbes d'iso-concentrations en métaux autour du site. Cela permet de disposer d'une première délimitation de l'impact supposé, même s'il conviendra d'élargir le périmètre reconnu impacté à l'époque compte tenu de l'ancienneté des données. A noter l'influence de l'axe de la vallée sur la rose des vents locale et une contamination des sols par les poussières qui s'étirent le long de cet axe en s'étendant peu au-delà des versants latéralement.

▪ **Potagers présents** : on distingue des potagers sur des parcelles pavillonnaires anciennes (plus de 100 ans) et des potagers au droit du lotissement (15 ans) ; les surfaces sont globalement modestes (moins de 100 m<sup>2</sup>), mais les nombreuses espèces et le bon entretien pour nombre de parcelles traduit une pratique réelle du jardinage et de fait une vraie voie d'exposition liée à la consommation des végétaux ; ces potager sont présents en fond de vallée, sur les versants et sur le plateau.

## 2. Mise en œuvre sur le terrain de la stratégie d'échantillonnage

### 2.1. Sélection des potagers et des espèces végétales à échantillonner

▪ **Sélection des jardins potagers exposés** à l'installation étudiée : il est disproportionné d'échantillonner tous les jardins (plus d'une trentaine) ; il convient d'identifier des secteurs d'étude qui vont découper le périmètre d'étude en plusieurs entités et au sein de ces entités, des potagers représentatifs seront sélectionnés pour faire l'objet de prélèvement. Le découpage en secteur va s'appuyer sur :

- l'éloignement à l'usine ; par exemple : moins de 100 m ; moins de 250 m ; au-delà de 250 m – dans le sens de la vallée – ici, cette distance a été retenue sur la base des courbes d'iso-concentration existantes et de la présence effective des parcelles potagères ; en l'absence de données sur la qualité des sols, des reconnaissances de terrain par fluorescence X (si elles sont pratiquées selon les règles de l'art relatives à l'utilisation de ce type d'appareil et que les résultats sont consolidés par quelques analyses de laboratoire en parallèle) peuvent aider à effectuer ce découpage. Selon les secteurs, on pourra densifier le nombre de jardins à proximité du site (quitte parfois à retenir tous ceux qui sont au plus près), et n'en retenir qu'un ou deux dans les secteurs les plus éloignés ;

- le positionnement topographique par rapport à la vallée en distinguant le fond de vallée, les versants et le plateau ; cela permet d'une part de tenir compte d'une géologie et nature des sols différentes (même en l'absence d'anomalie géochimique), qui peuvent influencer les transferts de métaux dans les plantes ; cela peut aider d'autre part à mieux considérer d'autres aspects tels que les accumulations de poussières par retombés localisées, ou ruissellement en pied de versants, même si ces derniers aspects restent plus difficiles à appréhender ;

- l'ancienneté de l'habitat et « donc » des jardins (récent ou ancien) et donc des apports anthropiques extérieurs au site industriel.

Eu égard à la pollution étudiée, il conviendra de s'assurer que d'autres sources majeure d'émission métallique (e.g. autres installations industrielles, bordure d'axe routier ancien) ne viennent pas interférer avec celles liées au site.

En outre, lorsque le nombre de potagers est faible, il ne faut pas hésiter à les retenir tous, de façon à apporter une réponse spécifique à chaque jardinier.

▪ **Sélection du(es) potager(s) témoin(s)** : s'agissant d'une contamination par retombés de poussières, dans un contexte ne présentant pas d'anomalie géochimique locale, ni d'autres activités susceptibles d'avoir impactées l'environnement dans le secteur d'étude (étude

préliminaire), les potagers témoins peuvent être ceux se trouvant au plus loin du site. Il n'est pas nécessairement utile d'aller à l'autre extrémité de la commune. Il convient cependant ici, étant donné la présence à la fois de très vieux jardins adossés à d'anciennes habitations et d'habitations et jardins beaucoup plus récents, de s'assurer que les potagers éloignés représentent ces deux typologies pour éviter les erreurs d'interprétation puis de gestion.

- Sélection et échantillonnage des espèces végétales : pas de spécificité à citer par rapport au guide : prélèvement de différents types de légumes.

### *2.2. Recommandations techniques pour l'échantillonnage du végétal*

Pas de spécificité à citer par rapport au guide.

### *2.3. L'échantillonnage des milieux sources de contamination.*

Prélever un échantillon composite de sol par potager est indispensable. Ce prélèvement pourra être complété par un échantillon au droit de la pelouse pour distinguer les zones qui peuvent potentiellement recevoir plus d'apports anthropiques (cendres de cheminée par exemple, ou amendements). A noter qu'autour des fonderies, des cas d'apports volontaires de scories métalliques dans les jardins ne sont pas rares, compte tenu des bénéfices agronomiques apportés par ces matériaux qui allègent les sols (granulométrie grossière). Le questionnement des personnes, l'observation de terrain, ainsi que l'examen des résultats d'analyse aident à identifier de telles anomalies et à les considérer spécifiquement. Selon l'appréciation de la contribution des poussières (fonderie arrêtée mais site fortement empoussiéré, sols nus au droit du site, voire existence de tas de scories pulvérulentes), la caractérisation des apports en poussière à l'aide de plaquettes de dépôt et de jauges peut aussi être effectué. Cela peut aider à identifier la contribution de ces poussières à l'éventuelle contamination des légumes feuilles notamment et renforcer l'argumentaire visant à recommander des travaux de maîtrise des sources (e.g. dépoussiérage des installations industrielles, enrayer la dispersion des polluants provenant des sols pollués) le cas échéant.

## ► C2 – Pollution par l'eau d'arrosage contaminée : site de traitement de surface.

### 1. Elaboration de la stratégie d'échantillonnage spécifique à la problématique jardin potager

#### 1.1. Etude documentaire préalable à l'échantillonnage

▪ **Etude historique** de l'installation étudiée et de la pollution : il s'agit d'un ancien site de traitement de surface d'environ 2 000 m<sup>2</sup>, en activité pendant trente années (1970-2000). Le diagnostic de la qualité des sols sur le site a révélé une contamination par du chrome (utilisé pour le revêtement des surfaces) et des solvants chlorés (tétrachloroéthylène utilisé pour le dégraissage des pièces avant traitement). Un panache de pollution s'étend dans les eaux souterraines jusqu'à 1 500 m en aval du site (chrome, dont chrome VI et des solvants chlorés : tétrachloroéthylène et produits de dégradation).

▪ **Etude environnementale et informations spécifiques** aux jardins potagers présents : dans les années 90, un lotissement constitué d'une cinquantaine de maisons dont certaines avec jardin potager et puits, a été implanté 300 mètres en aval du site.

Une nappe phréatique est présente au droit du site, dont la zone de battement est très variable, pouvant en hiver remonter à un mètre de la surface du sol de texture grossière (sol graveleux). D'après la carte géologique de la région au (1/50 000)<sup>e</sup>, le site d'étude se situe sur un horizon de sables fossilifères et sables azoïques rouges recouvrant une formation de calcaires de plusieurs mètres. Le profil général des sols relevé lors de la campagne d'investigations sur le site d'étude a montré la présence de remblai sablo-argileux à argilo-sableux, parfois graveleux, jusqu'à 4 à 5m de profondeur, présentant des fractions de schiste rouge ainsi que des traces de matière organique.

Les sols du secteur ne présentent pas d'anomalie géochimique et aucun autre site susceptible d'avoir contaminés l'environnement n'a été identifié dans le secteur d'étude.

#### 1.2. Exploitation des informations disponibles

▪ **Choix des substances** : les substances à rechercher sont les métaux, dont le chrome total et le chrome VI, ainsi que les solvants chlorés qui ont été identifiés au droit du site dans les sols et les eaux souterraines. L'analyse du chrome dans les végétaux ne pose pas de difficulté particulière, en tous cas pour le chrome total. Le chrome VI peut être recherché aussi, mais pas dans le cadre d'analyse de routine. Il n'est donc pas indispensable de l'analyser dans un premier temps. Si des volets de l'étude doivent être approfondis en second temps, cet aspect pourra en faire partie. Il convient dans ce cas de bien noter que les limites de quantification du chrome VI doivent être inférieures à celles du chrome total au regard de la toxicité du chrome VI pour la voie orale. De plus, le laboratoire d'analyse a besoin d'une quantité de matrice plus importante pour effectuer l'analyse du chrome VI. Pour les composés chlorés appartenant à la famille des COHV<sup>14</sup>, l'expérience montre que ces composés sont peu retrouvés dans les végétaux et leur analyse reste délicate : possible perte au moment de la préparation des échantillons. Des analyses seront cependant incontournables.

<sup>14</sup> COHV : Composé Organique Halogéné Volatil

▪ **Schéma conceptuel** : la contamination potentielle des végétaux est exclusivement liée à l'eau d'arrosage provenant des eaux souterraines potentiellement contaminées par le chrome et les composés chlorés. La question de l'arrosage par l'eau des puits contaminés et le transfert sol-plante et eau-plante des polluants doit être envisagée dans le cadre d'une évaluation de l'exposition des populations qui consomment leurs productions potagères. Enfin, la qualité des sols a pu être dégradée par les apports réguliers des arrosages en polluant depuis la création du lotissement, et une restriction d'usage des eaux peut s'avérer insuffisante pour protéger les populations.

▪ **Définition du périmètre d'étude** : le périmètre d'étude représente l'ensemble du périmètre d'impact (au droit du panache de pollution des eaux souterraines) sans qu'il n'y ait besoin d'ajouter dans ce cas un secteur témoin. Compte tenu de l'unique voie d'exposition des végétaux (eaux d'arrosage provenant des puits et forages), les parcelles potagères non arrosées par les eaux souterraines, situées dans le périmètre d'impact peuvent constituer les témoins dans ce cas, si l'on prend soin de vérifier l'absence de contamination des eaux du réseau de distribution d'eau potable (utilisé pour l'arrosage) via d'éventuel phénomène de perméation<sup>15</sup>. L'étendue du périmètre d'étude est directement tirée de l'étude hydrogéologique qui peut s'appuyer sur l'utilisation de modèles. Toutefois, les données de terrains (puits et piézomètres) sont essentielles pour disposer d'une délimitation fiable de l'impact. Les jardins seront donc sélectionnés au sein de ce périmètre. Souvent, les concentrations dans les eaux souterraines évoluent selon la saison. Ainsi, il n'est pas rare que les périodes de hautes eaux soient celles qui remobilisent les polluants au droit du site et contribuent à leur dispersion en aval. Dans le même temps, ce sont plutôt les périodes de basses eaux qui correspondent à des périodes d'arrosage effectif (été). Ces aspects méritent d'être considérés au cas par cas.

▪ **Potagers présents** : on distingue une trentaine de jardins potagers dont la moitié est arrosée avec les eaux souterraines (puits, forages) sur des parcelles pavillonnaires récentes (20 ans environ). La proximité des eaux souterraines explique grandement la présence massive des puits, notamment sur les parcelles les plus importantes.

## 2. Mise en œuvre sur le terrain de la stratégie d'échantillonnage

### 2.1. Sélection des potagers et des espèces végétales à échantillonner

▪ **Sélection des jardins potagers exposés** à l'eau d'arrosage contaminée : compte tenu de leur nombre, il est disproportionné d'échantillonner tous les jardins ; il convient d'identifier des secteurs d'étude qui vont découper le périmètre d'étude en plusieurs entités et au sein de ces entités, des potagers représentatifs seront sélectionnés pour faire l'objet de prélèvements. En l'absence d'hétérogénéité géologique et pédologique, et compte tenu de l'historique commune des parcelles pavillonnaires (lotissement), le découpage en secteur d'étude va s'appuyer principalement sur la qualité des eaux souterraines mesurées/estimées de façon à disposer d'un gradient de concentration permettant d'étudier des configurations de contamination variées. Pour chacun de ces secteurs, au moins un jardin sera choisi pour représenter un réel potentiel de production (et donc d'exposition) en tenant compte de critères tels que la taille et

<sup>15</sup> La perméation est le processus par lequel un produit chimique potentiellement dangereux traverse un matériau à l'échelle moléculaire ; on observe cela avec certains composés organiques (COHV...) qui diffusent au travers des réseaux d'eau potable en polyéthylène haute densité et contaminent l'eau de distribution.



la diversité des espèces présentent. On évitera aussi les parcelles dont les puits ou forages sont récents.

▪ **Sélection des potagers témoins** : En l'absence d'anomalie géochimique locale (étude préliminaire) un seul potager témoin peut s'avérer suffisant. Cela est par ailleurs renforcé par la présence de jardins d'âge identique (une typologie). Il sera choisi au sein du périmètre d'étude, sur une parcelle ne disposant pas de puits et présentant un « beau » jardin (mêmes critères que précédemment).

▪ **Sélection et échantillonnage des espèces végétales** : pas de spécificité à citer par rapport au guide. Prélèvement de différents types de légumes.

## *2.2. Recommandations techniques pour l'échantillonnage du végétal*

Pas de spécificité à citer par rapport au guide, si ce n'est l'absolue nécessité d'acheminer les échantillons en glacière réfrigérée, et de les faire analyser le plus vite possible, compte tenu des polluants organiques analysés. Les échanges avec le laboratoire d'analyse en amont pour déterminer les conditionnements (voire les fournir) et planifier la mission par rapport aux disponibilités d'analyse du laboratoire permettent d'optimiser ces aspects.

## *2.3. L'échantillonnage des milieux sources de contamination.*

Un échantillon composite de sol par potager est nécessaire. L'échantillonnage des eaux souterraines est également indispensable dans ce cas. Cela permet de consolider les informations sur le panache de pollution et de déterminer si un lien peut être établi entre les concentrations dans les différentes matrices étudiées (sol, eaux et végétaux), de même qu'entre les différentes parcelles sélectionnées dans les différents secteurs d'études. Ce sont ces éléments qui permettent ensuite de comprendre les phénomènes en jeu et de dresser les modalités de gestion des résultats, ces derniers venant s'inscrire dans un schéma conceptuel plus général, incluant toutes les voies d'exposition des personnes riveraines.

## ► C3 – Pollution anthropique ancienne : exemple des apports par dépôts de poussières et dépôts de sédiments pollués provenant d'une exploitation minière en amont.

### 1. Elaboration de la stratégie d'échantillonnage spécifique à la problématique jardin potager

#### 1.1. Etude documentaire préalable à l'échantillonnage

▪ **Etude historique** de l'installation étudiée et de la pollution : Il s'agit d'une ancienne mine de plomb, zinc et cadmium qui a fonctionné pendant plusieurs décennies et engendré une contamination des sols environnant par retombés de poussières notamment. De plus les déchets miniers constitués de matrices minérales riches en métaux et de granulométrie fine ont été stockés en bassins en bordure de rivière. Lors d'une crue exceptionnelle, la digue d'un bassin a été emportée et une partie des déchets miniers a été entraînée par la rivière en aval, en direction du village. Des sédiments chargés en déchets contaminés se sont alors déposés dans le lit de la rivière et sur les terrains inondés dont certains sont exploités en potagers.

▪ **Etude environnementale et informations spécifiques** aux jardins potagers présents : Au plus près de la mine, les retombés de poussières contribuent ou ont contribué à l'enrichissement des sols en métaux. Plus en aval le long de la rivière, au niveau du village, compte tenu de l'historique de la contamination, la qualité des sols est directement liée aux zones inondables et non inondables, qui peuvent se trouver au sein d'un même jardin, selon le dénivelé des terrains. Les jardins témoins peuvent donc être judicieusement localisés en zone non inondable.

Des études préalables de l'INRA et du BRGM ont confirmé que le fond pédogéochimique local présente un enrichissement naturel des sols en métaux, comme on pouvait s'y attendre sur ce secteur d'exploitation minière.

Selon les terrains, les teneurs en métaux peuvent donc s'expliquer par les anomalies naturelles, les retombés de poussières et/ou les apports de déchets miniers via les inondations ; les pratiques d'amendement peuvent être considérées mineures ici, alors que l'exploitation des parcelles potagères est récente (une quinzaine d'années). De même, l'arrosage n'est pas retenu, car l'eau provient soit des puits (eaux souterraines non impactées), soit du réseau de distribution d'eau potable.

#### 1.2. Exploitation des informations disponibles

▪ **Choix des substances** : s'agissant d'une exploitation de mine de plomb, zinc et cadmium, sur un gisement constitué de minéraux sulfurés, d'autres métaux et métalloïdes sont généralement présents. L'analyse du « pack métaux » (Pb, Cd, Zn, As, Cu, Sb, Sn, Cr et Hg) apparaît être un minimum.

▪ **Schéma conceptuel** : Sources de pollution: sédiments contaminés déposés sur les sols inondables ; retombées de poussières à proximité du site ; fond géochimique  
 (a) contamination des sols et des végétaux par transfert racinaire ;  
 (b) contamination des parties aériennes des végétaux par retombés de poussières.

▪ **Définition du périmètre d'étude** : le périmètre d'étude représente l'ensemble du périmètre d'impact auquel s'ajoute un secteur témoin ; Dans le cas présent, les différentes sources de contamination des milieux conduisent à identifier un périmètre d'impact englobant les parcelles autour du site de la mine (retombés de poussières) et celles se trouvant sur l'axe de la rivière (dépôts de sédiments contaminés). Une cartographie des teneurs métalliques est indispensable pour déterminer l'étendue de ce périmètre et procéder à un découpage en secteurs. Cette cartographie peut être dressée à partir de reconnaissance de terrain par fluorescence X, pour autant qu'elle soit pratiquée selon les règles de l'art relatives à l'utilisation de ce type d'appareil et que les résultats soient consolidés par quelques analyses de laboratoire en parallèle. A noter que les informations ainsi collectées peuvent révéler des parcelles qui de toute évidence présentent des niveaux de contamination singuliers. L'échantillonnage des plantes potagères pourra alors n'être que secondaire, par rapport à d'autres voies d'exposition aux polluants des occupants, et les modalités de gestion de ces terrains pourront s'imposer sans que des analyses de végétaux ne soient nécessaires.

▪ **Potagers présents** : le long de la rivière, on distingue des habitations récentes avec jardins potagers individuels ainsi qu'une trentaine de jardins partagés (80m<sup>2</sup>) mis en place par la mairie il y a une quinzaine d'années. Quatre jardins sont également présents autour du site de l'ancienne mine.

## 2. Mise en œuvre sur le terrain de la stratégie d'échantillonnage

### 2.1. Sélection des potagers et des espèces végétales à échantillonner

▪ **Sélection des jardins potagers exposés** à l'installation étudiée : Compte tenu de leur faible nombre, les quatre jardins présents autour de la mine sont retenus sans exception. Le long de la rivière, cette approche pourrait apparaître disproportionnée (une quarantaine de parcelles). Une sélection est donc indispensable. Elle va s'appuyer sur l'éloignement au site, mais aussi sur les premières cartographies des sols pour étudier des parcelles présentant des concentrations graduelles. La densité des parcelles retenues va diminuer avec l'éloignement de la mine.

▪ **Sélection des potagers témoins** : les trois principales sources de contamination des sols et des végétaux n'implique pas nécessairement une multiplicité du nombre de témoins. En effet, les zones non inondables et éloignées du site de la mine constituent des espaces privilégiés pour y prélever un ou plusieurs témoins. Dans le cas où ces zones sont néanmoins riches en métaux (fond géochimiques élevé), un témoin pourra être retenu sur un secteur plus éloigné (en dehors peut être même de la commune). Enfin, les données issues de la base de données BAPPET peuvent également venir aider à interpréter les résultats d'analyse pour identifier les éventuelles anomalies pour ce type de polluants dans les plantes potagères (Annexe 7).

▪ **Sélection et échantillonnage des espèces végétales** : pas de spécificité à citer par rapport au guide. Prélèvement de différents types de légumes.

### 2.2. Recommandations techniques pour l'échantillonnage du végétal

Pas de spécificité à citer par rapport au guide.

*2.3. L'échantillonnage des milieux sources de contamination.*

La caractérisation des sédiments, des déchets miniers, des retombés de poussières et des sols est utile pour aider à comprendre la contribution des différentes sources de pollution identifiées et au final proposer des solutions de gestion adaptées. Par exemple, une des recommandations le long de la rivière pourrait très bien déboucher sur l'arrêt des cultures sur les sols inondables, même si ces derniers sont bien connus pour être habituellement les plus fertiles (les particules fines enrichies en éléments nutritifs et polluants sont les plus mobiles).