

RAPPORT D'ÉTUDE
N° INERIS DRC-06-75999-DESP/R10

21/12/2006

Exercice d'évaluation (2004) d'un site non impacté par une activité industrielle particulière. Conséquence en terme de fixation de critères générique de qualité des sols

INERIS

maîtriser le risque |
pour un développement durable |

Retour d'expérience sur la gestion des sites pollués en France

Exercice d'évaluation (2004) d'un site non impacté par une activité industrielle particulière. Conséquence en terme de fixation de critères génériques de qualité des sols

Client: **Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable**

PREAMBULE

Le présent rapport a été établi sur la base des informations fournies à l'INERIS, des données (scientifiques ou techniques) disponibles et objectives et de la réglementation en vigueur.

La responsabilité de l'INERIS ne pourra être engagée si les informations qui lui ont été communiquées sont incomplètes ou erronées.

Les avis, recommandations, préconisations ou équivalents qui seraient portés par l'INERIS dans le cadre des prestations qui lui sont confiées, peuvent aider à la prise de décision. Etant donné la mission qui incombe à l'INERIS de par son décret de création, l'INERIS n'intervient pas dans la prise de décision proprement dite. La responsabilité de l'INERIS ne peut donc se substituer à celle du décideur.

Le destinataire utilisera les résultats inclus dans le présent rapport intégralement ou sinon de manière objective. Son utilisation sous forme d'extraits ou de notes de synthèse sera faite sous la seule et entière responsabilité du destinataire. Il en est de même pour toute modification qui y serait apportée.

L'INERIS dégage toute responsabilité pour chaque utilisation du rapport en dehors de la destination de la prestation.

	Rédaction	Vérification	Approbation
NOM	Benoît HAZEBROUCK	Corinne HULOT	Jacques BUREAU
Qualité	Délégué aux prestations Direction des Risques Chroniques	Ingénieur à l'unité "Déchets et Sites Pollués" Direction des Risques Chroniques	Responsable de l'unité "Déchets et Sites Pollués" Direction des Risques Chroniques
Visa			

TABLE DES MATIERES

1. GLOSSAIRE	4
2. OBJET ET CONTEXTE	5
3. ORGANISATION DU RAPPORT ET DE SES ANNEXES	5
4. SUBSTANCES CONSIDÉRÉES	6
5. SCHÉMA CONCEPTUEL	7
5.1 SITE NON IMPACTÉ.....	7
5.2 CRITÈRES GÉNÉRIQUES DE QUALITÉ DES SOLS	8
6. CARACTÉRISATION DES MILIEUX SOURCES, ÉVALUATION DE L'EXPOSITION ET DE LA TOXICITÉ	10
7. CARACTÉRISATION DES RISQUES	10
7.1 INDICES DE RISQUE IR OU QUOTIENTS DE DANGER QD POUR LES EFFETS À SEUIL	10
7.2 EXCÈS DE RISQUE INDIVIDUEL ERI POUR LES EFFETS SANS SEUIL	10
7.3 CUMUL DES EFFETS ENTRE VOIES ET SUBSTANCES.....	10
7.4 RÉSULTATS BRUTS POUR LE SITE NON IMPACTÉ	12
7.5 DISCUSSION DES RÉSULTATS POUR LE SITE NON IMPACTÉ.....	16
7.6 DÉDUCTION DE CRITÈRES DE QUALITÉ GÉNÉRIQUES POUR LES SOLS	17
7.7 SYNTHÈSE DES INCERTITUDES SUR LES CRITÈRES DE QUALITÉ DES SOLS	19
8. CONCLUSION	20
9. RÉFÉRENCES	21
10. LISTE DES ANNEXES	25

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1: Schéma conceptuel pour le site non impacté	7
Tableau 2 : Voies d'exposition considérées pour les critères de qualité génériques	8
Tableau 3 : Scénarios de site considérés pour les critères de qualité génériques.....	9
Tableau 4: Niveaux de risque calculés pour le scénario <u>Ferme</u>	12
Tableau 5: Niveaux de risque calculés pour le scénario <u>Résidentiel avec potager</u>	13
Tableau 6: Niveaux de risque calculés pour le scénario <u>Résidentiel avec jardin sans potager</u>	14
Tableau 7 : Synthèse des indices de risque supérieurs à 1 calculés pour le site non impacté.....	15
Tableau 8 : Synthèse des excès de risque individuel (ERI) supérieurs à 10^{-5} calculés pour le site non impacté.....	15
Tableau 9 : Risques calculés les plus fiables (hors toxicologie) pour le site non impacté.....	17
Tableau 10: Critères de qualité des sols obtenus pour les différents scénarios, avant et après application du critère de bruit de fond, et avec et sans prise en compte de l'autoconsommation	19

LISTE DES FIGURES

Figure 1: Schéma conceptuel général pour les critères de qualité génériques	9
Figure 2: Principe d'élaboration des critères de qualité génériques des sols	18

1. GLOSSAIRE

ATSDR	<i>Agency for Toxic Substances and Disease Registry</i>
BCF	Facteur de bioconcentration vers les plantes
Bol alimentaire	Exposition à travers les produits alimentaires du commerce
CI	Concentration inhalée
CPQSS	Critère Préliminaire de Qualité de la Source Sol, fondé sur le risque
CT	Concentration tolérable
DJE	Dose Journalière d'exposition
DJT	Dose Journalière Tolérable
EDR	Evaluation Détaillée des Risques
ERI	Excès de Risque individuel (effets sans seuil)
ERS	Evaluation des Risques Sanitaires
ERU	Excès de Risque Unitaire
HAP	Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques
IC ou ICPE	Installation Classée Pour l'Environnement
IR	Indice de risque (effets à seuil)
IRIS	<i>Integrated Risk Information System</i> : base de données toxicologiques de l'US EPA
MATE	Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement
MEDD	Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable
MRL	<i>Minimum Risk Level</i> de l'ATSDR
OEHHA	<i>Office of Environmental Health Hazard Assessment</i> (Californie)
OMS / WHO	Organisation Mondiale de la Santé / <i>World Health Organisation</i>
RfC	<i>Reference Concentration</i> d'IRIS
RfD	<i>Reference Dose</i> d'IRIS
RIVM	<i>Rijkinstituut Voor Volksgezondheid en Milieu</i> (Hollande)
TCA	<i>Tolerable Concentration in Air</i> de Santé Canada
TDI	<i>Tolerable Daily Intake</i>
US-EPA	<i>US Environmental Protection Agency</i>
VG	Valeur Guide de l'OMS
VTR	Valeur Toxicologique de Référence

2. OBJET ET CONTEXTE

Ce document présente et discute un exercice d'évaluation générique d'évaluation des risques sanitaires sur un site non impacté par une activité industrielle particulière, pour diverses substances et suivant trois scénarios d'usage du site: ferme, résidentiel avec potager, résidentiel avec jardin sans potager.

L'exercice a été poursuivi en mode inverse¹, avec la traduction des résultats en critères génériques de qualité des sols fondés sur les risques, pour huit métaux et métalloïdes, et quatre scénarios d'usage des sols.

Cet exercice a été effectué en 2004 comme élément de réflexion du groupe de travail "bruit de fond" du Ministère en charge de l'Environnement entre 2003 et 2005: il correspond en fait à une évaluation de l'exposition du bruit de fond. Dans le contexte actuel de refonte des outils méthodologiques, il vient nourrir les réflexions sur les teneurs seuils génériques dans les sols fondées sur les risques.

Une évaluation complète pour une substance correspond à un travail considérable d'acquisition, de sélection et de traitement de données, comme le montre l'étude de l'INERIS (2002a) sur le cadmium. L'exercice présenté ici n'a pas été mené jusqu'au bout pour toutes les substances étudiées: il a été plus ou moins approfondi selon les substances et les données immédiatement disponibles. Par exemple, pour l'argent l'exposition par les aliments n'a pas été prise en compte faute de données sur l'exposition à travers les produits alimentaires du commerce ou de facteurs de transferts entre le sol et les aliments, tandis que des données correspondantes ont été intégrées pour le cadmium.

En outre, l'évaluation des risques, réalisée en 2004, n'a pas été actualisée. Elle ne correspond plus aux pratiques actuelles sur plusieurs points: valeurs toxicologiques de référence, évaluation de l'exposition cutanée,...

Ainsi, **les résultats numériques de cet exercice sont purement indicatifs**. Les limitations et incertitudes correspondantes dans la présente étude (hors actualisation 2004-2006) seront discutées et intégrées aux conclusions.

3. ORGANISATION DU RAPPORT ET DE SES ANNEXES

Le présent rapport est construit suivant les étapes classiques de l'évaluation quantitative des risques sanitaires (EQRS):

- Schéma conceptuel;
- Caractérisation des sources;
- Evaluation de l'exposition;
- Evaluation de la toxicité: dangers, rapport dose - réponse;
- Caractérisation des risques, dont discussion des incertitudes sur les résultats.

¹ Et sans prise en compte de l'exposition de bruit de fond, sinon en partie à travers les concentrations de bruit de fond dans les sols intégrées dans les teneurs totales dans les sols prises en compte. Les incertitudes de calcul s'en trouvent réduites, mais la signification en termes de risque des critères de qualité des sols ainsi obtenue s'en trouve réduite. Cela correspond à la pratique actuelle la plus courante d'élaboration d'objectifs de qualité des sols pour un site pollué.

Pour alléger le document, la caractérisation des sources, l'évaluation de la toxicité et de l'exposition sont reportés en Annexe 1. Les points clés de ces parties sont succinctement rappelées dans la discussion des incertitudes sur les résultats.

Face à la relative complexité et aux incertitudes de l'évaluation, une transparence maximale de la présentation est recherchée. Les dispositions suivantes ont été prises pour augmenter cette transparence:

- des explications et de nombreux commentaires sont proposés (en italique);
- une sélection de fiches de calcul permettant un suivi complet des calculs et des résultats est reproduite en annexe.

Sur quelques points toutefois (toxicologie, facteurs de bioconcentration;...), la documentation de l'évaluation des risques sera limitée: dans le cadre restreint de cet exercice, le degré de documentation ne correspond pas aux bonnes pratiques en matière d'évaluation d'un site pollué.

Dans les fiches de calcul, l'exposition, le risque et le cas échéant le critère de qualité des sols fondé sur le risque sont traités sur une feuille pour chaque scénario. L'ensemble de la feuille du scénario "ferme", et les pages de résultats des feuilles des autres scénarios, sont reproduites en Annexe 4 et en Annexe 5 respectivement. Au préalable, deux feuilles reprennent les données d'entrée sur les substances (caractéristiques physico-chimiques et teneurs documentaires dans les milieux; Annexe 2) et une feuille les données d'entrée descriptives des scénarios (Annexe 3: paramètres d'exposition des personnes, choix de prise en compte du bruit de fond ou non,...).

4. SUBSTANCES CONSIDÉRÉES

Les substances considérées pour l'étude générique du site non impacté correspondent à quelques substances et familles de substances typiquement rencontrées en "exposition de bruit de fond" pour les sols pollués et/ou les ICPE (INERIS, 2003c):

- Métaux et métalloïdes: Ag, As, Cd, Cr, Co, Cu, Sn, Mn, Hg inorganique (Hg^{2+}), Ni, Pb, Sb, Se, V, Zn;
- Dioxines/furannes, naphtalène, BaP.

L'exercice en mode inverse a porté sur les huit métaux et métalloïdes suivants: argent, arsenic, cadmium, cuivre, mercure, nickel, plomb, zinc.

5. SCHÉMA CONCEPTUEL

Le schéma conceptuel décrit les déterminants du risque: sources, transferts, cibles.

5.1 SITE NON IMPACTÉ

Trois scénarios ont été pris en compte:

- Ferme;
- "Banlieue": Résidentiel avec jardin dont potager;
- "Ville": Résidentiel avec jardin, sans potager.

Les scénarios influent sur les paramètres d'exposition des personnes, mais sont également pris en compte au niveau des teneurs dans le milieu source air².

Les sources et voies d'exposition retenues sont reportées dans le Tableau 1:

	Intégrés	Non intégrés
Sources	Sols Eau potable Air ambiant, extérieur et intérieur Aliments du commerce	Eaux superficielles Produits de consommation ³
Voies	Contact cutané avec le sol ⁴ : Cu, Pb, Zn, Cd, Ag, As, Hg ²⁺ , Ni Aliments autoproduits (hors "ville"): <ul style="list-style-type: none">• dépôt de particules sur végétaux• absorption gazeuse par végétaux• absorption racinaire par végétaux• ingestion de sol par animaux Bol alimentaire hors zone Ingestion d'eau Ingestion de sol par l'homme Inhalation vapeurs et de poussières	Contact cutané avec le sol, autres substances Autres contacts avec l' eau Aliments autoproduits: <ul style="list-style-type: none">• Lapins-volailles• Poissons

Tableau 1: Schéma conceptuel pour le site non impacté

² Cela influencerait également sur les teneurs dans la source sol, mais les données disponibles n'ont pas conduit à retenir de différenciation à ce niveau.

³ Vêtements, produits de toilette, jouets pour enfants,... On ne dispose pas de teneurs et/ou de modèles de calcul pour l'exposition à ces produits.

⁴ Faible devant l'ingestion de sol en termes de risque pour ces substances;

5.2 CRITÈRES GÉNÉRIQUES DE QUALITÉ DES SOLS

La source-sol est ici considérée se trouver sur le lieu de l'usage uniquement, la teneur en polluant étant le critère de qualité des sols calculé.

Le calcul des critères génériques de qualité des sols développés dans le présent exercice n'incorpore pas l'exposition de bruit de fond⁵, telle que celle liée aux aliments achetés ou l'exposition aux sols hors site. De ce fait, ces critères ne permettent pas de se prononcer sur le risque total subi, et en particulier, pour les effets à seuil, sur la possibilité ou non d'apparition d'un effet. Cela nuit à la signification sanitaire des critères développés, mais correspond à la pratique usuelle en évaluation des sites et sols pollués⁶.

Voies d'exposition :

Les voies d'exposition prises en compte sont indiquées dans le Tableau 2 ci-dessous.

Voie d'exposition	Abréviation
Ingestion de sol ou de poussières	Ing sol
Ingestion de produits végétaux cultivés sur sols contaminés	Ing Veg
Ingestion de produits d'origine animale, issus d'animaux ayant consommé des produits végétaux croissant sur sol contaminé, voire du sol lui-même	Ing Ani
Inhalation de poussières, ou de vapeurs pour certaines substances (hydrocarbures, etc.)	Inh Pouss
Contact cutané avec des sols contaminés ou des poussières	Cut

Tableau 2 : Voies d'exposition considérées pour les critères de qualité génériques

⁵ Sinon en partie à travers les concentrations de bruit de fond dans les sols intégrées dans les teneurs totales dans les sols prises en compte.

⁶ En outre, l'incorporation de l'exposition de bruit de fond (sources autres que le sol du site considéré) serait particulièrement malaisée dans le cadre de l'élaboration de critères génériques d'évaluation de la pollution des sols, compte-tenu des éléments suivants:

- existence d'une exposition de bruit de fond évaluée comme importante en terme de risque pour certaines substances telles que le cadmium.
- règles de cumul des substances: faut-il intégrer toutes les substances présentes dans l'environnement?

A noter toutefois que pour les effets à seuil, la circulaire du Ministère chargé de l'Environnement du 10 décembre 1999 précise que le critère d'appréciation des doses est que celles-ci, en tenant compte des apports de l'environnement, doivent être inférieures à la dose admissible.

Scénarios, récepteurs:

Les quatre scénarios de site pris en compte sont répertoriés et décrits dans le Tableau 3 ci-dessous. Sans être exhaustifs, ils offrent une gamme relativement large de types et de niveaux d'exposition. Dans ces quatre scénarios, la source-sol est découverte. Compte tenu des substances considérées (non volatiles), pour une source sol couverte, il n'y aurait pas de valeurs limites.

Scénarios	Personne exposée	Comportement	Ing sol	Ing Veg	Ing Ani	Inh Pouss	Cut
Ferme	Enfant + Adulte, 100% sur place.	Activités en intérieur et extérieur (agricole pour adulte) Autarcie alimentaire.	X	X	X	X	X
Résidentiel avec potager		Activités en intérieur et extérieur (potager pour adulte) Autoconsommation partielle (~ 25%)	X	X	X	X	X
Résidentiel, avec jardin, sans potager		Activités en intérieur et extérieur	X			X	X
Industriel, sol non couvert	Adulte 8h/j	Activités 4h/j intérieur et 4h/j extérieur	X			X	X

Tableau 3 : Scénarios de site considérés pour les critères de qualité génériques

Dans les scénarios résidentiels et le scénario ferme, la cible prise en compte est supposée passer la totalité de son temps sur place. Cela correspond à une hypothèse légèrement conservatoire par rapport au cas d'un parent et d'un enfant restant à la maison.

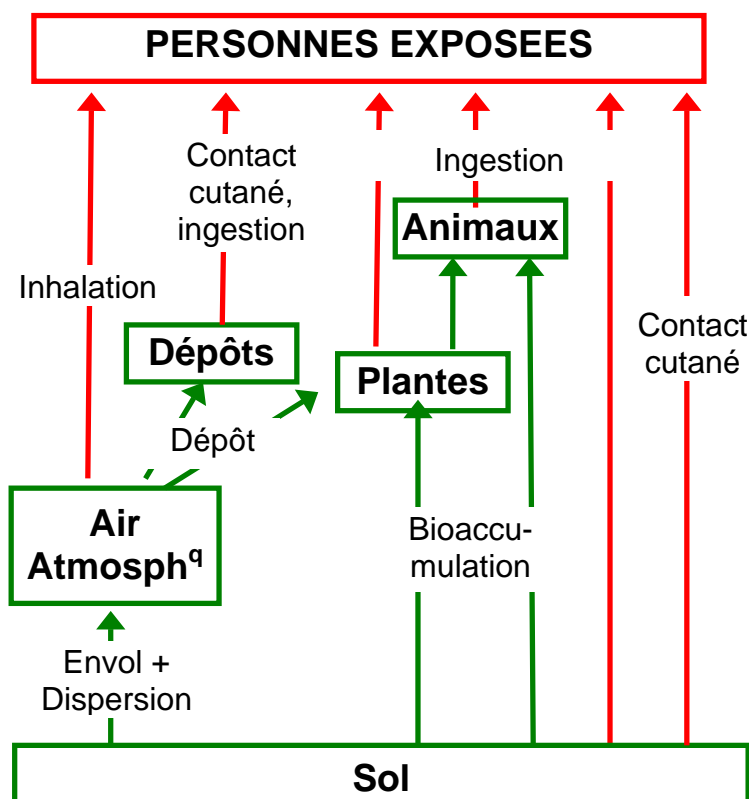


Figure 1: Schéma conceptuel général pour les critères de qualité génériques

6. CARACTÉRISATION DES MILIEUX SOURCES, ÉVALUATION DE L'EXPOSITION ET DE LA TOXICITÉ

La caractérisation des sources, l'évaluation de l'exposition et de la toxicité sont reportés en Annexe 1. Les points clés de ces parties sont succinctement rappelés dans la discussion des incertitudes sur les résultats (§ 7.5, 7.7).

7. CARACTÉRISATION DES RISQUES

7.1 INDICES DE RISQUE IR OU QUOTIENTS DE DANGER QD POUR LES EFFETS À SEUIL

Pour chaque substance et voie d'exposition, l'exposition est quantifiée sous la forme d'indices de risque (IR) ou de quotients de danger (QD) pour les effets à seuil, selon l'expression :

$$IR = QD = \frac{\text{exposition reçue}}{\text{valeur toxicologique de référence}}$$

Lorsque l'indice de risque ou le quotient de danger est inférieur à 1, la survenue d'un effet toxique est considérée comme exclue, même pour les populations sensibles, au regard des connaissances scientifiques disponibles. Au-delà du niveau de référence de 1, la possibilité d'apparition d'un effet toxique ne peut plus être exclue. Cette possibilité apparaît d'une manière générale d'autant plus forte que l'indice de risque ou le quotient de danger augmente. Mais ce degré de vraisemblance n'est pas linéaire par rapport à l'indice de risque ou au quotient de danger.

7.2 EXCÈS DE RISQUE INDIVIDUEL ERI POUR LES EFFETS SANS SEUIL

Pour chaque substance et voie d'exposition, l'exposition est quantifiée sous la forme d'excès de risque individuel (ERI) pour les effets sans seuil, selon l'expression :

$$ERI = (\text{exposition reçue}) \times (\text{valeur toxicologique de référence})$$

Selon la circulaire du 10 décembre 1999 (MATE, 1999), la fixation des objectifs de décontamination sera généralement basée sur un ERI lié à la pollution du site de 10^{-5} .

7.3 CUMUL DES EFFETS ENTRE VOIES ET SUBSTANCES

Le cumul des effets entre voies et substances est traduit par l'addition des indices de risque ou des excès de risque individuel :

- pour les effets à seuil, l'additivité des indices de risque ou des quotients de danger entre voies et substances des effets toxiques est retenue comme hypothèse pour des substances produisant le même effet toxique sur le même organe par le même mécanisme d'action ;
- pour les effets sans seuil (cancérogènes), l'additivité des ERI correspond à l'hypothèse d'une indépendance des effets cancérogènes des différentes substances.

Suivant une approche prudente, l'INERIS (2003) propose généralement en première approche une sommation systématique des indices de risque d'une part, et des excès de risque individuel d'autre part sur les différentes substances présentes. Tout dépassement du seuil de référence de 1 par la somme des indices de risque ou des quotients de danger, qui serait imputable à la sommation elle-même, conduirait à un approfondissement de l'étape de quantification sur la base des règles de cumul énoncées ci-dessus.

Cette démarche a été appliquée ici pour l'évaluation du site non impacté.

Dans le cas présent, les indices de risque (IR) et les excès de risque individuel (ERI) modélisés s'avèrent, pour les trois scénarios, supérieures aux références respectives usuelles de 1 et de 10^{-5} , à chaque fois pour au moins une substance prise isolément. En outre, ces IR ou ERI sont systématiquement dominés par une ou deux, au maximum trois substances, les autres substances ne contribuant pas significativement à la somme. Ainsi, la somme s'avère peu différente (en ordre de grandeur) de la valeur la plus élevée sur une substance et une voie. Par exemple, la somme multivoies et multisubstances des indices de risque pour l'enfant sera due (cf. Tableaux en 7.4):

- pour le scénario ferme: à 96% à l'ingestion d'aliments autoproduits, via l'absorption racinaire depuis le sol, dont 90% sur deux substances (69% pour l'arsenic, IR de 370 sur 540 au total, et 22 % pour le plomb);
- pour le scénario jardin avec potager: à 81% à l'ingestion d'aliments autoproduits, via l'absorption racinaire depuis le sol, dont 70% pour le seul arsenic (IR de 70 sur 100 au total);
- pour le scénario résidentiel avec jardin sans potager: à 71% à l'ingestion de sol, dont 52% sur deux substances (37% pour l'antimoine, IR de 9,2 sur 25 au total, et 15 % pour le cadmium).

Ainsi, **la sommation systématique des indices de risque et des excès de risque individuels** effectuée ici en première approche **sera sans impact notable sur l'appréciation finale du risque**. Il n'apparaîtra donc pas utile d'approfondir ce point pour les effets à seuil (sommation des IR par effet).

Le cumul entre substances n'est guère praticable pour l'obtention de critères de qualité des sols par substance fondés sur le risque: il pourrait être traité plutôt en aval au niveau de l'usage des critères, à l'aide d'une formule reliant les critères de qualité des sols et les teneurs mesurées sur les substances susceptibles de cumuler leurs effets. De ce fait, le cumul entre substances n'est pas pris en compte dans les critères de qualité des sols développés ici: pour une contamination par plusieurs substances produisant un effet toxique commun sur un organe commun par un mécanisme d'action commun, ces critères ne seraient pas protecteurs.

En revanche, l'additivité des indices de risque ou des quotients de danger entre voies d'entrée dans l'organisme est appliquée, ce qui est conservatoire. Un éventuel sur-conservatisme du fait de cette addition des voies resterait toutefois limité, du fait de la forte différence observée entre les voies d'entrée dans l'organisme: le plus souvent, une voie domine et l'addition des autres voies n'influence pas notablement le résultat.

Voie	Substances avec IR >1	Récepteur avec IR >1	Scénario pénalisant	Σmax des IR
1. Ingestion d'aliments autoproduits, via absorption racinaire depuis le sol	As, puis Pb, Cd, Dioxines, Ni	Enfant, puis adulte	ferme	520
2. Ingestion d'aliments hors site (bol alimentaire)	Sb, puis Cd, Zn, Se	Enfant, puis adulte	ville	19
3. Ingestion d'aliments autoproduits, via l'ingestion de sol par les animaux	As, Pb	Enfant, puis adulte	ferme	5,4
4. Ingestion d'aliments autoproduits, via absorption gazeuse depuis l'air	Dioxines	Enfant, puis adulte	ferme	4,9
5. Inhalation (intérieur + extérieur)	Cd, puis naphthalène en air intérieur	Enfant, adulte	ville et jardin	4,3
6. Ingestion de sol par l'homme	As	Enfant	tous	1,8

Tableau 7 : Synthèse des indices de risque supérieurs à 1 calculés pour le site non impacté

Voie ⁷	Substances avec ERI >10 ⁻⁵	Période avec ERI >10 ⁻⁵	Scénario pénalisant	Σmax des ERI
1. Ingestion d'aliments autoproduits, via absorption racinaire depuis le sol	As, puis Dioxines ⁸	Adulte, puis Enfant	ferme	7,1.10 ⁻²
2. Ingestion d'aliments autoproduits, via absorption gazeuse depuis l'air	Dioxines	Adulte, puis Enfant	ferme	1,6.10 ⁻³
3. Ingestion d'aliments autoproduits, via l'ingestion de sol par les animaux	As, puis Dioxines ⁸	Adulte, puis Enfant	ferme	4,5.10 ⁻⁴
4. Ingestion d'aliments autoproduits, via dépôt de particules de l'air	Dioxines	Adulte, puis Enfant	ferme	7,5.10 ⁻⁵
5. Ingestion de sol par l'homme	As	Enfant, puis adulte	tous	7,2.10 ⁻⁵
6. Inhalation (intérieur + extérieur)	Cd	Adulte, puis Enfant	ville et banlieue	2,9.10 ⁻⁵

Tableau 8 : Synthèse des excès de risque individuel (ERI) supérieurs à 10⁻⁵ calculés pour le site non impacté

Ces dépassements concernent *in fine*, aussi bien pour les effets à seuil que pour les effets sans seuil, toutes les voies d'exposition effectivement modélisées, et en outre pour les effets sans seuil, tous les phénomènes de transfert dans les plantes effectivement modélisés.

L'exposition par ingestion d'aliments autoproduits, notamment via l'absorption racinaire depuis le sol, domine nettement les risques calculés ici.

⁷ L'ingestion d'aliments hors site (bol alimentaire) n'a pas été évaluée pour des substances cancérigènes.

⁸ Seules substances cancérigènes pour lesquelles cette voie a été calculée.

7.5 DISCUSSION DES RÉSULTATS POUR LE SITE NON IMPACTÉ

Les incertitudes et leurs impacts ont été présentés, dans la limite du possible, tout au long de l'étude avec les choix réalisés. Les points clés sont repris au regard des résultats obtenus:

- Le risque calculé est déterminé par les voies dont la modélisation est la moins maîtrisée: le transfert depuis le sol (et dans une moindre mesure l'air) par la voie alimentaire, avec des incertitudes typiques de deux ordres de grandeur, liées en réalité à la variabilité des paramètres concernés.
- Les teneurs dans les sols considérées ne correspondent pas à des teneurs moyennes typiquement rencontrées sur un site, mais à des "teneurs hautes normales". Ce point n'affecte toutefois pas en soi fondamentalement la perception finale du risque, car des "teneurs moyennes normales" seraient proches en ordre de grandeur (inférieures d'un facteur 2 ou 3, environ). Des teneurs dans les sols spécifiques pour le milieu urbain n'ont pas été recherchées. Elles seraient généralement supérieures aux valeurs présentées (qui correspondent à un milieu relativement naturel), tout en restant ici aussi dans les mêmes ordres de grandeur.
- Les teneurs en cadmium dans l'air extérieur retenues, issues de INERIS, 2002a, sont un ordre de grandeur supérieures aux mesures reportées dans des études (Tableau 3 de l'Annexe 1). Cela souligne l'hétérogénéité des données utilisées dans le cadre restreint du présent exercice.
- Aucune correction n'a été effectuée, pour la bioaccessibilité relative pour l'homme des polluants depuis les matrices considérées (sols, végétaux), vis-à-vis des formes pour lesquelles les VTR ont été établies (dissoute dans de l'eau, incorporé à du pain,...). Il en résulte une surestimation des risques calculés par ingestion, en particulier pour l'ingestion de sol et de végétaux chargés en dépôts de poussières. L'incertitude associée n'est pas connue. Pour le plomb par exemple, elle peut être d'un facteur 10 environ, mais également nettement moindre suivant les sites. Le dépassement des niveaux de risque de référence pour l'arsenic et l'ingestion de sol est ainsi à relativiser, alors que les VTR ont été établies à partir d'arsenic dissous dans de l'eau.
- En revanche, la sommation systématique des indices de risque et des excès de risque individuels effectuée ici en première approche est sans impact notable sur l'appréciation finale du risque.

Dès lors, les comparaisons ci-dessus (§ 7.4) des risques calculés ici aux niveaux de référence apparaissent peu fiables. Ces résultats bruts paraissent peu adaptés pour fonder des actions de gestion de sites.

En premier lieu, un affichage plus adapté du risque serait souhaitable, par exemple en terme d'intervalles. Encore les bornes de ces intervalles ne sont-elles pas certaines, puisque les incertitudes elles-mêmes ne sont pas connues précisément. En appliquant les facteurs d'incertitude énoncés ci-dessus pour obtenir une borne basse des intervalles de résultats, les niveaux de risque liés à l'ingestion de végétaux (diminués de deux ordres de grandeur) restent supérieurs aux références de risque, mais ce résultat reste sujet à caution.

Les risques calculés les plus fiables (hors interrogations sur les VTR; Tableau 9) correspondent au bol alimentaire hors zone (ingestion) et aux teneurs mesurées dans l'air (inhalation). On y retrouve les dépassements des références signalées dans les études précédentes (cadmium, naphtalène), ainsi que quelques autres (antimoine,...).

Voie	IR >1	ERI >10 ⁻⁵
Bol alimentaire (hors zone) (Ville)	19 Sb, puis Cd, Zn, Se Enfant, puis adulte	ND
Inhalation (ville et banlieue)	4,3 Naphtalène Enfant, adulte	2,9.10⁻⁵ Cd Adulte, puis Enfant

Tableau 9 : Risques calculés les plus fiables (hors toxicologie) pour le site non impacté

En outre, les interrogations sur le choix des VTR sont susceptibles de déterminer l'appréciation du risque dans de nombreux cas, avec des écarts d'un ordre de grandeur (voire plus) entre bases de données "reconnues" (OMS, ATSDR, IRIS de l'US EPA, voire RIVM, OEHHA, Health Canada) et des VTR parfois associées à des spéciations très spécifiques de substances. Par exemple ici, la VTR ingestion du cadmium (effet à seuil) de l'ATSDR, plus pénalisantes, a été utilisée par prudence. L'autre VTR en débat (US EPA) conduirait à une division par 5 du risque pour l'ingestion, avec un impact déterminant sur la perception du risque pour ces substances (retour sous les niveaux de référence).

7.6 DÉDUCTION DE CRITÈRES DE QUALITÉ GÉNÉRIQUES POUR LES SOLS

Les critères génériques sont développés dans un premier temps sur la seule base de calculs des risques sanitaires.

Le critère fondé (uniquement) sur le risque est établi pour la substance prise isolément, sur la base des niveaux de risque de référence généralement pris en compte d'après la circulaire du Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement portant sur les principes de fixation des objectifs de réhabilitation pour les sites et sols pollués, datée du 10 décembre 1999 (§ 7.1 et 7.2, avec un excès de risque individuel de cancer de 10⁻⁵).

Les incertitudes de la modélisation des risques imposent un certain regard critique par rapport à ces critères. En particulier lorsqu'ils sont inférieurs à des teneurs généralement rencontrées en France hors anomalies régionales. Aussi une deuxième série de critères génériques est-elle développée, par alignement à la hausse des critères fondés sur le risque sur les teneurs usuellement rencontrées en France hors anomalies régionales (Figure 2): les teneurs de bruit de fond interviennent comme "valeurs-planchers".

D'un point de vue scientifique, cette approche par des concentrations de bruit de fond usuelles se heurte toutefois à la question de la forme du polluant (spéciation des métaux, liaisons particulières avec la matrice sol,...): une même concentration totale mesurée aura différentes significations sanitaires suivant la forme présente;

des teneurs ajoutées par une activité peuvent être plus (et aussi moins) dangereuses que les teneurs présentes initialement. La forme du polluant dépend de la forme introduite initialement dans le milieu et des conditions du milieu susceptibles de la faire évoluer (pédologie et géologie en particulier). L'approche par le bruit de fond ne pourrait être pleinement rigoureuse qu'appliquée de façon très détaillée aux différentes formes présentes. Cela sort toutefois des possibilités pratiques actuelles (notamment analytiques). Cette réserve scientifique semble en outre d'implication pratique limitée actuellement, en l'absence (hors quelques exceptions) de VTR distinctes pour les différentes formes présentes. L'application de cette approche se heurte en outre à la question pratique de l'estimation des concentrations de bruit de fond en France hors anomalies locales. Cette question est traitée succinctement au chapitre 1.1 de l'Annexe 1.

Les critères de qualité des sols fondés sur le risque, les critères de bruit de fond et les critères combinés sont reportés dans le Tableau 10 ci-après, parties haute, médiane et basse respectivement.

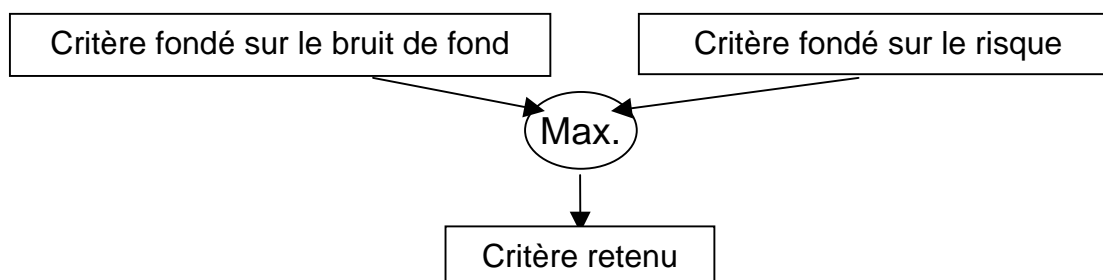


Figure 2: Principe d'élaboration des critères de qualité génériques des sols

Scénario	Cadmium (Cd)	Mercuré Hg2+	Arsenic (As)	Cuivre (Cu)	Nickel (Ni)	Plomb (Pb)	Zinc (Zn)	Argent (Ag)	
I) TENEURS-SEUILS (mg/kg) FONDEES SUR LE RISQUE, i.e. avant critère de bruit de fond									
1) Sans prise en compte de l'autoconsommation									
Ferme	1,5E+1	2,4E+1	2,0E+0	8,9E+3	3,9E+2	3,3E+2	2,8E+4	5,0E+2	
Résidentiel avec potager	1,5E+1	2,4E+1	3,8E+0	8,8E+3	3,9E+2	3,3E+2	2,8E+4	5,0E+2	
Résidentiel avec jardin sans potager	1,5E+1	2,4E+1	5,6E+0	8,8E+3	3,9E+2	3,3E+2	2,8E+4	5,0E+2	
Industriel 1/2 extérieur, sol non couvert	1,7E+2	2,6E+2	2,3E+1	9,2E+4	2,4E+3	5,6E+3	5,0E+5	1,1E+4	
2) Avec prise en compte de l'autoconsommation									
Ferme	3,4E-2	5,7E-2	2,1E-3	4,7E+1	2,1E+1	6,5E-2	1,7E+1	5,0E+2	
Résidentiel avec potager	1,4E-1	2,1E-1	1,4E-2	1,4E+2	1,7E+2	3,4E+0	3,9E+2	5,0E+2	
Résidentiel avec jardin sans potager	1,5E+1	2,4E+1	5,6E+0	8,8E+3	3,9E+2	3,3E+2	2,8E+4	5,0E+2	
Industriel 1/2 extérieur, sol non couvert	1,7E+2	2,6E+2	2,3E+1	9,2E+4	2,4E+3	5,6E+3	5,0E+5	1,1E+4	
II) CRITERE DE BRUIT DE FOND									
Bruit de fond (haut "normal")	mg/kg	8,0E-1	3,0E-1	2,9E+1	3,6E+1	3,5E+1	4,0E+1	1,4E+2	1,0E+1
III) TENEURS-SEUILS (mg/kg) FINALES, i.e. après prise en compte du critère de bruit de fond									
1) Sans prise en compte de l'autoconsommation									
Ferme	1,5E+1	2,4E+1	2,9E+1	8,9E+3	3,9E+2	3,3E+2	2,8E+4	5,0E+2	
Résidentiel avec potager	1,5E+1	2,4E+1	2,9E+1	8,8E+3	3,9E+2	3,3E+2	2,8E+4	5,0E+2	
Résidentiel avec jardin sans potager	1,5E+1	2,4E+1	2,9E+1	8,8E+3	3,9E+2	3,3E+2	2,8E+4	5,0E+2	
Industriel 1/2 extérieur, sol non couvert	1,7E+2	2,6E+2	2,9E+1	9,2E+4	2,4E+3	5,6E+3	5,0E+5	1,1E+4	
2) Avec prise en compte de l'autoconsommation									
Ferme	8,0E-1	3,0E-1	2,9E+1	4,7E+1	3,5E+1	4,0E+1	1,4E+2	1,0E+1	
Résidentiel avec potager	8,0E-1	3,0E-1	2,9E+1	1,4E+2	1,7E+2	4,0E+1	3,9E+2	1,0E+1	
Résidentiel avec jardin sans potager	1,5E+1	2,4E+1	2,9E+1	8,8E+3	3,9E+2	3,3E+2	2,8E+4	5,0E+2	
Industriel 1/2 extérieur, sol non couvert	1,7E+2	2,6E+2	2,9E+1	9,2E+4	2,4E+3	5,6E+3	5,0E+5	1,1E+4	

1/2 ext.: mi-temps travail salissant en extérieur

Tableau 10: Critères de qualité des sols obtenus pour les différents scénarios, avant et après application du critère de bruit de fond, et avec et sans prise en compte de l'autoconsommation

7.7 SYNTHÈSE DES INCERTITUDES SUR LES CRITÈRES DE QUALITÉ DES SOLS

Les principales incertitudes sur les résultats sont déterminées par les incertitudes majeures sur les voies d'exposition qui "tirent" le risque.

Toutes les voies sont concernées par des incertitudes communes sur les VTR, qui portent sur plusieurs ordres de grandeur: facteurs de sécurité appliqués, et (sans doute dans une moindre mesure pour l'ingestion d'aliments) et inadéquation possible de la spéciation des métaux ou du mode d'administration pour la voie considérée.

L'ingestion d'aliments autoproduits intervient de façon déterminante (> 80%) dans les scénarios avec autoconsommation ("ferme" et "résidentiel avec potager"). Les incertitudes portent surtout sur les facteurs de bioconcentration (environ deux ordres de grandeur) et sur les VTR par ingestion. La modélisation prudente de cette voie conduit souvent à des critères de qualité des sols totalement irréalistes car nettement en dessous des teneurs de bruit de fond usuelles même hors anomalies régionales: par exemple, dans le scénario "ferme", 0,034 mg/kg pour le cadmium, 0,065 mg/kg pour le plomb, 0,0021 mg/kg pour l'arsenic. Même après "relèvement" des critères de qualité des sols sur un référentiel de bruit de fond, les incertitudes sur cette voie restent déterminantes pour le cadmium, l'arsenic, le cuivre, le nickel, le plomb, et le zinc.

Les incertitudes sur la modélisation de l'ingestion de sol (VTR; quantité journalière de sol ingérée, bioaccessibilité) influent de façon décisive sur les critères de qualité des sols développés pour les scénarios "résidentiel avec jardin sans potager" et "industriel avec travail en extérieur sur sol découvert". La modélisation retenue est supposée conservatoire, et pourrait l'être excessivement. Dans l'état actuel des pratiques, ces incertitudes ne sont pas liées au caractère générique de l'évaluation réalisé. L'intégration de la bioaccessibilité dans les évaluations de risque devrait toutefois permettre dans le futur de réduire cette incertitude de manière spécifique au site.

Le cumul entre substances et l'exposition de bruit de fond⁹ ne sont pas pris en compte dans les critères de qualité des sols développés ici: ces critères ne permettent pas de se prononcer sur le risque total potentiel pour les effets à seuil, et ne sont pas en soi protecteurs pour une contamination par plusieurs substances produisant un effet toxique commun sur un organe commun par un mécanisme d'action commun.

8. CONCLUSION

Trois scénarios ont été considérés pour l'exercice d'évaluation de l'exposition du bruit de fond sur site non impacté par une activité industrielle: ferme, résidentiel avec jardin, résidentiel avec jardin sans potager. En première approche, en dépit du caractère partiel de l'exercice, cette évaluation indiquerait des niveaux de risque supérieurs aux niveaux de références pour certaines substances pour chacun de ces scénarios, et jusque deux à trois ordres de grandeur pour le scénario le plus pénalisant (ferme).

Toutefois, le risque calculé est déterminé par les voies dont la modélisation est la moins maîtrisée:

- Transfert depuis le sol (et dans une moindre mesure l'air) via les aliments, avec des incertitudes typiques de deux ordres de grandeur, liées à la variabilité des paramètres concernés.
- Dans une moindre mesure, ingestion de sol pour l'arsenic, avec une surestimation très probable, mais d'ampleur inconnue, liée à la teneur relativement élevée de bruit de fond retenue (29 mg/kg) et surtout à la différence de bioaccessibilité pour l'homme entre l'arsenic adsorbé dans le sol et la forme dissoute pour laquelle les VTR ont été établies.

Un affichage plus adapté du risque serait souhaitable, par exemple en terme d'intervalles. Encore les bornes de ces intervalles ne sont-elles pas certaines, puisque les incertitudes elles-mêmes ne sont pas connues précisément.

Les risques calculés les plus fiables (hors interrogations sur les VTR) correspondent au bol alimentaire hors zone (ingestion) et aux teneurs mesurées dans l'air (inhalation). On y retrouve les dépassements des références signalées dans les études précédentes (cadmium, naphthalène), ainsi que quelques autres (antimoine,...).

⁹ sinon en partie à travers les concentrations de bruit de fond dans les sols intégrées dans les teneurs totales dans les sols prises en compte.

En outre, les interrogations sur le choix des VTR apparaissent susceptibles de déterminer l'appréciation du risque dans de nombreux cas tels que celui du cadmium, avec des écarts de un voire plusieurs ordres de grandeur entre bases de données "reconnues" (OMS, ATSDR, IRIS de l'US EPA, voire RIVM, OEHHA, Health Canada) et des VTR parfois associées à des spéciations très spécifiques de substances.

L'exercice symétrique d'élaboration de critères de qualité génériques des sols aboutit pour les mêmes raisons à des critères fondés sur le risque (avant alignement à la hausse éventuel sur un critère de bruit de fond) totalement irréalistes dès que les transferts du sol vers les aliments interviennent: par exemple, dans le scénario "ferme", 0,034 mg/kg pour le cadmium, 0,065 mg/kg pour le plomb, 0,0021 mg/kg pour l'arsenic.

Pour les scénarios ne faisant pas intervenir les transferts du sol vers les aliments, les incertitudes liées à la bioaccessibilité relative pour l'homme des polluants dans le sol redeviennent déterminantes pour les substances (non volatiles) considérées. Dans l'état actuel des pratiques, ces incertitudes ne sont pas liées au caractère générique de l'évaluation réalisé. L'intégration de la bioaccessibilité dans les évaluations de risque devrait toutefois permettre dans le futur de réduire cette incertitude de manière spécifique au site.

Le rapport "Retour d'expérience sur la gestion des sites pollués en France - VDSS, VCI-sols, outils génériques pour l'évaluation des sites pollués: Evaluation et perspectives" (INERIS, 2006), tire les leçons de cet exercice et d'autres retours d'expérience en France et l'étranger en terme d'outils de gestion des sites pollués.

9. RÉFÉRENCES

AP, 2003. Moyennes annuelles disponibles sur le site Internet de AirParif, mesurés sur la Place Victor Basch (mesure la plus élevée, des mesures ont également eu lieu aux Halles et à Gennevilliers)

ASTEE, 2003. Guide pour l'évaluation du risque sanitaire dans le cadre de l'étude d'impact d'une UIOM, Association Scientifique et Technique de l'Eau et de l'Environnement. <http://www.environnement.gouv.fr/dossiers/risques/sante/media/Guide-Impact-sani-UIOM.pdf>

ASTM, 1995. Guide for Risk-Based Corrective Action (RBCA) at Petroleum Release Sites. E1739-95

ATSDR, 1995. *Toxicological profile for 1,1,1-trichloromethane*. Document disponible sur <http://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp70.html>

Baize, 1997. Teneurs totales en éléments traces métalliques dans les sols (France). INRA Editions. Paris 1997.

CCME, 1994. A protocol for the derivation of ecological effects-based and human health-based soil quality criteria for contaminated sites. CCME Subcommittee on Environmental Quality Criteria for Contaminated Sites. Final draft, July 1994.

CCME, 1995. Recommandations pour la qualité des eaux au Canada.

Documentation pour les ateliers sur les objectifs et les recommandations pour la qualité des eaux au Canada. CCME, mise à jour décembre 1995.

CITEPA, 2001. Inventaire des émissions de particules primaires, Décembre 2001

Decloître, F., 1998. "La part des différents aliments dans l'exposition au plomb, au cadmium et au mercure en France." Cah. Nutr. Diét. **33**: 3.

Dubeaux D., 1994. "Les français ont la main verte." INSEE Première, 338

ECETOC, 1990. Poels, C.L.M., Gruntz U, Isnard P, Riley D., Piteller. M, ten Berge W., Veerkamp W., Bontinck W.J.. ECETOC technical report nr. 40, Hazard Assessment of Chemical Contaminants in Soil.

Feix, 1994. Projet de réglementation Sites et Sols Pollués. Min. Environnement - SEI. Réflexions sur les seuils de référence eaux et sols. document de travail. ADEME Angers. 9/9/1994.

Fiedler, H.J., Rösler, H.J., 1988). Spurenelemente in der Umwelt. Ferdinand Enke Verlag. Stuttgart. 1988.

Friberg L., Skog E. and Wahlberg J., 1961. Resorption of mercuric chloride and methyl mercury dicyandiamide in guinea pigs through normal skin and through skin pre-treated with acetone, alkyaryl-sulphonate and soap, Acta Derm. Venereol., 41, 40-52, 1961.

Fries G. F. and Paustenbach D. J., 1990). Evaluation of potential transmission of 2,3,7,8-tetrachlorodibenzo-p-dioxin-contaminated incinerator emissions to humans via foods. *Journal of Environmental Science and Health*, 29, 1-43.

Hawley J.K., 1985. Assessment of health risk from exposure to contaminated soil. Risk Analysis, 5 (4), 289-302.

HSDB. Hazard Substance DataBank. fiches des produits. <http://toxnet.nlm.nih.gov/cgi-bin/sis/search>.

INCA, 1999. Enquête individuelle et nationale sur les consommations alimentaires, Agence Française de Sécurité Sanitaire des Aliments

INERIS. Fiches de données toxicologiques et environnementales des substances chimiques. www.ineris.fr.

INERIS, 2001. Méthode de calcul des valeurs de constat d'impact dans les sols. Rapport INERIS-DRC-01-25587/DESP-R01. www.ineris.fr

INERIS, 2002a. Exposition au bruit de fond du cadmium et risques sanitaires associés - version projet. INERIS-DRC-02-41200/DESP-R10c

INERIS, 2002b. Evaluation provisoire de l'exposition de bruit de fond *via* l'air inhalé pour le Naphtalène. Document de travail - GT Bruit de fond - Version 1 - 20/12/02 - INERIS-DRC-02-41200/DESP-N111

INERIS, 2003a. Evaluation de l'impact sur la santé des rejets atmosphériques des tranches charbon d'une grande installation de combustion. Rapport final, DRC-03-45956/ERSA-n°92-RBn, 2003.

INERIS, 2003b. Rapport sur un site contaminé par le plomb. Client confidentiel. 2003.

INERIS, 2003c. Prise en compte du bruit de fond pour l'évaluation des risques sanitaires liés aux Installations Classées (1^{er} niveau d'approche). Etude de cas :

Réf. : INERIS DRC-06-75999-DESP/R10

implantation d'un incinérateur. Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable. Décembre 2003. INERIS DRC-03-45955-ERSA/CMA. Version provisoire.

INERIS, 2003d. Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAPs). Évaluation de la relation dose-réponse pour des effets cancérigènes : Approche substance par substance (facteurs d'équivalence toxique - FET) et approche par mélanges. Évaluation de la relation dose-réponse pour des effets non cancérigènes : Valeurs Toxicologiques de Référence (VTR). INERIS-DRC-03-47026-ETSC-BDo-N°03DR177. 18 décembre 2003

INERIS, 2004. Retour d'expérience sur la gestion des sites pollués (et des Installations Classées) en France. Cas de seuils réglementaires conduisant en apparence à des risques "non acceptables". INERIS DRC-04-57278-DESP/R01b. 10 août 2004.

INERIS, 2006. Retour d'expérience sur la gestion des sites pollués en France - VDSS, VCI-sols, outils génériques pour l'évaluation des sites pollués: Evaluation et perspectives. INERIS DRC-06-75999-DESP/R11. 21/12/2006

INSEE, 1999. Recensement 1999, Institut National de la Statistique et des Etudes Economiques. Consultable sur le site Internet : <http://www.insee.fr>

INSERM, 1999. Plomb dans l'environnement, Quels risques pour la santé ?

IPSN, 1999. Description du calcul des activités dans les différents compartiments de l'environnement terrestre, Merle-Szeremeta, Rommens C., Note technique SEGR SAER N° 99-35

IPSN, 2001. Adaptation du modèle de transfert GT3-GTNC dans un écosystème agricole aux polluants inorganiques non radioactifs, Paramètres de transfert, Beaugelin-Seiller K., Rapport IPSN DPRE, SERLAB/01-39

LA, 2000. LigAir, Mesure des métaux lourds dans l'air ambiant en Région Centre, Juin 2000

Leblanc, J. C., L. Malmauret, et al., 2000. "Estimation of the dietary intake of pesticide residues, lead, cadmium, arsenic and radionuclides in France." Food Addit Contam **17**(11): 925-32.

Leoz, 2002. HAP, Laboratoire Central de Surveillance de la Qualité de l'Air. Consultable à l'adresse Internet : <http://www.lcsqa.org>, campagne réalisée par ORAMIP sur une station de fond du 19 au 22 septembre 2002, dans la station régionale et nationale de ORAMIP

Marlière, 2002. Métaux - Mercure, Laboratoire Central de Surveillance de la Qualité de l'Air. Consultable à l'adresse Internet : <http://www.lcsqa.org>, bilan des 4 années de suivi des concentrations de mercure ambiant, résultat fourni correspondant à la moyenne des 5 campagnes de mesures (7, 12, 7, 19 et 4 jours) menées en site de fond/rural des villes de Cusy, Evreux et Carhaix

MATE, 2000a. *Gestion des sites (potentiellement) pollués ; visite préliminaire ; diagnostic initial ; évaluation simplifiée des risques*. Version 2 révisée en septembre 2001 et décembre 2002. BRGM éditions.

MATE, 2000b. *Gestion des sites pollués ; diagnostic approfondi ; évaluations détaillées des risques*. Version 0. BRGM éditions.

MVROM, 1994. Circular on intervention values for soil remediation. Ministry of Housing, Spatial Planning and Environment. Directorate General for environmental

Protection. 9 May 1994.

NRC, 2000. National Research Council, Waste Incineration and public health, Commission on Life Sciences, Board of environmental studies and toxicology, Committee on health effects of waste incineration, National Academy Press Editions

OM, 2002. Mesures réalisées par ORAMIP à la station urbaine de fond Berthelot à Toulouse du 1^{er} octobre 2002 au 1^{er} janvier 2003

OMS, 1977. Critères d'hygiène de l'environnement 1 - Mercury, Genève, 1977.

Preziosi P., 1991. Consommation alimentaire d'un échantillon représentatif de la population du Val de Marne. *Revue d'épidémiologie et de santé publique*(39): 221-231

SEVEDE, 2001. Demande d'Autorisation d'Exploiter du Centre de Valorisation Energétique des Déchets de l'Estuaire, Cabinet Merlin.

Shell Global Solutions 1995. The concepts of HESP. Reference Manual, Human Exposure to Soil Pollutants, version2.10b. Jan 1995.

Sin Y., Lim Y., et Wong M., 1983. Uptake and distribution of mercury in mice from ingesting soluble and insoluble mercury compounds, *Bull. Environ. Contam. Toxicol.*, 31, 605-612, 1983.

Skog E. et Wahlberg J., 1964. A comparative investigation of the percutaneous absorption of metal compounds in the guinea pig by means of the radioactive isotopes : ⁵¹Cr, ⁶⁵Zn, ^{110m}Ag, ^{115m}Cd, ²⁰³Hg, *J Invest Dermatol*, 43, 187-192, 1964.

Travis C. C. and Arms A. D., 1988. Bioconcentration of organics in beef, milk, and vegetation. *Environmental Science & Technology*, 22 (3), 271-274.

US EPA III, 1995. Assessing Dermal Exposure from Soil. United States Environmental Protection Agency. Hazardous Waste Management Division. Region III. Office of Superfund Programs. EPA/903-K-95-003. December 1995.

US EPA IV, 1995. Supplemental Guidance to RAGS: Region 4 Bulletins, Human Health Risk Assessment (Interim Guidance). 1995
www.epa.gov/region4/waste/ots/healthbul.htm
www.epa.gov/region4/waste/ots/otsguid.htm

US EPA, 1988. Superfund exposure assessment manual. Washington,DC. EPA/540/1-88/001.

US EPA, 1991. Risk Assessment Guidance for Superfund: Volume I- Human Health Evaluation Manual (Part B, Development of Risk-based Preliminary Remediation Goals). Provisoire. Office of Emergency and Remedial Response. EPA/540/R/003. Décembre 1991.

US EPA, 1992. Dermal exposure assessment: principles and applications. Interim report. 1992; EPA/600/8-91/011B.

US EPA, 1996. Soil Screening Guidance: Technical Background Document. 9355.4-17A, Washington, DC: Office of Emergency and Remedial Response, 1-168. <http://www.epa.gov/superfund/resources/soil/toc.htm>.

US EPA, 1997a. *Exposure factors handbook*. Volume 1, *General factors*, report n° EPA/600/P-95/002Fa ; Volume 3, *Activity factors*, report n° EPA/600/P-

95/002Fc. <http://www.epa.gov/ncea/pdfs/efh/front.pdf>

US EPA, 1997b. Mercury Study Report to Congress vol V : Health Effects of Mercury and Mercury Compounds, Office of Air Quality Planning and Standards et Office of Research and Development, décembre 1997.

US EPA, 1998. Human health risk assessment for hazardous wastes combustion facilities. Washington DC, US-EPA

US-EPA, 2000. National Center for Environmental Assessment, Draft Exposure and Human Health Reassessment of 2,3,7,8-Tetrachlorodibenzo-p-Dioxin (TCDD) and Related Compounds, EPA/600/P-00/001. <http://cfpub.epa.gov/ncea/cfm/part1and2.cfm?ActType=default>

US EPA, 2004. Risk Assessment Guidance for Superfund: Volume I- Human Health Evaluation Manual (Part E, Supplemental Guidance for Dermal risk Assessment). Final. Office of Superfund Remediation and Technology Innovation. EPA/540/R/99/005. OSWER 9285.7-02EP. PB99-963312. July 2004.

van den Berg R., 1994. Human exposure to soil contamination : a qualitative and quantitative analysis towards proposals for human toxicological intervention values (partly revised edition). National Institute of Public Health and Environmental Protection (Rijkinstituut Voor Volksgezondheid en milieu), Bilthoven, The Netherlands. Report 755201011. April 1991/January 1994

Verschuere, Karel, 1997. Handbook on environmental data on organic chemicals, 3rd Edition. Van Nostrand Reinhold, 1997.

10. LISTE DES ANNEXES

Repère	Désignation précise	Nb pages
Annexe 1	Caractérisation des milieux sources, évaluation de l'exposition, évaluation de la toxicité	26 A4
Annexe 2	Données d'entrée pour les substances et les sources	1+2 A4
Annexe 3	Données d'entrée pour les différents scénarios	1+1 A4
Annexe 4	Site non impacté: Feuille de calcul complète du scénario "Ferme"	1+11 A4
Annexe 5	Critères de qualité fondés sur le risque, décomposés par scénario, type d'effet, voie d'exposition et cible	1+4 A4

Annexe 1:

Caractérisation des milieux sources, Evaluation de l'exposition, Evaluation de la toxicité

TABLE DES MATIERES

1. CARACTÉRISATION DES MILIEUX SOURCES	2
1.1 CONCENTRATIONS DANS LES SOLS	3
1.2 CONCENTRATIONS MESURÉES DANS L'AIR.....	5
1.3 BOL ALIMENTAIRE	5
1.4 TENEURS DANS L'EAU DE BOISSON.....	7
2. EVALUATION DE L'EXPOSITION.....	8
2.1 VUE D'ENSEMBLE.....	8
2.2 MODÉLISATION DES CONCENTRATIONS DANS LES MILIEUX D'EXPOSITION	9
2.2.1 Envol et dispersion de poussières dans l'air atmosphérique.....	9
2.2.2 Concentrations dans les aliments autoproduits (hors petits animaux)	10
2.3 QUANTIFICATION DE L'EXPOSITION.....	13
2.3.1 Ingestion de sol et d'aliments, modèle.....	13
2.3.2 Inhalation, modèle.....	14
2.4 PARAMÈTRES D'EXPOSITION DES CIBLES: GÉNÉRALITÉS ET PARAMÈTRES GÉNÉRAUX	14
2.4.1 Quantité de sol et de poussières ingérée	15
2.4.2 Quantités d'aliments ingérés.....	17
2.4.3 Contact cutané: modèle et valeurs des paramètres	18
3. EVALUATION DE LA TOXICITÉ	20
3.1 ORGANISMES CONSULTÉS.....	20
3.2 CONVENTION SUR LES NOTATIONS, CONCEPTS.....	20
3.3 CHOIX ENTRE PLUSIEURS VALEURS.....	22
3.4 ABSENCE DE VALEUR ET NÉCESSITÉ D'UNE DÉRIVATION.....	22
3.5 MISE EN ŒUVRE PRATIQUE.....	23

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1: Teneurs retenues dans les milieux sources.....	2
Tableau 2 : Concentrations retenues dans les sols non impactées (mg/kg de sol sec)	4
Tableau 3 : Quelques concentrations mesurées dans l'air extérieur	5
Tableau 4: Teneurs mesurées dans trois nappes typiques	7
Tableau 5 : Exemples de valeurs de paramètres d'exposition pour les cibles enfant et adulte dans le cadre d'un scénario « riverain de parcelles amendées ».....	15
Tableau 6 : Consommations alimentaires prises en compte	17
Tableau 7 : Toxicité des substances considérées	24

LISTE DES FIGURES

Figure 1: Etapes de la modélisation de l'exposition	8
---	---

1. CARACTÉRISATION DES MILIEUX SOURCES

Les caractéristiques retenues pour les milieux sources sont présentées dans les chapitres ci-après, et récapitulées dans le Tableau 1 ci-dessous.

Paramètre	Symbole	Unité	Cadmium (Cd)	Mercurure (Hg2+)	Arsenic (As)	Antimoine (Sb)	Chrome (Cr III)	Cobalt (Co)	Cuivre (Cu)	Etain (Sn)	Manganèse (Mn)	Nickel (Ni)	Plomb (Pb)	Sélénium (Se)	Vanadium (V)	Zinc (Zn)	Argent (Ag)	Dioxines (PCDD/P CDF)	Naphtalène	BaP
Concentration dans les sols			Ici, concentration courante dans les sols, borne haute																	
Csol-legume (dans 30 cm)	Cs 0-30	mg/kg	0,8	0,3	29		134	33,5	36	10	850	35	40		200	140	10	3,1E-7	0,0E+0	0,22
Csol-jeu (dans 1cm)	Cs 0-1	mg/kg	0,8	0,3	29		134	33,5	36	10	850	35	40		200	140	10	3,1E-7	0,0E+0	0,22
Concentrations mesurée dans l'air																				
Rural (par défaut=banlieue)			Rural	Rural	Rural	Rural	Rural	Rural	Rural	Rural	Rural	Rural	Rural	Rural	Rural	Rural	Rural	Rural	Rural	Rural
Concentration mesurée dans l'air ext	Cair ext	µg/m3	3,0E-3	1,4E-3									1,0E-3					1,5E-8		1,5E-5
Concentration mesurée dans l'air int	Cair int	µg/m3	INERIS, 2002a: 1 à 5 ng/m3										HSDB: 0,01-3ng/m3		GT GIC INERIS, 2002b		3 ét. F			
Banlieue (par défaut=ville)			Banlieue	Banlieue	Banlieue	Banlieue	Banlieue	Banlieue	Banlieue	Banlieue	Banlieue	Banlieue	Banlieue	Banlieue	Banlieue	Banlieue	Banlieue	Banlieue	Banlieue	Banlieue
Concentration mesurée dans l'air ext	Cair ext	µg/m3	1,0E-2	1,4E-3	1,0E-3	0	0	0	0	0	0	5,0E-3	2,5E-2	0	0	0	0	1,5E-8	0,9	1,0E-4
Concentration mesurée dans l'air int	Cair int	µg/m3	INERIS, 2002a										Marlière, 2002		3 ét. F		3,26			
Ville			Ville	Ville	Ville	Ville	Ville	Ville	Ville	Ville	Ville	Ville	Ville	Ville	Ville	Ville	Ville	Ville	Ville	Ville
Concentration mesurée dans l'air ext	Cair ext	µg/m3	1,0E-2	1,4E-3	1,0E-3								5,0E-3	2,5E-2				1,5E-8	0,9	1,0E-4
Concentration mesurée dans l'air int	Cair int	µg/m3	INERIS, 2002a										3 ét. F		3 ét. F		3,26	hsdb, Versch		
Bol alimentaire (hors eau), sans autoconsommation																				
Dose par aliments hors site, sans autoconsommation	DJE x P	µg/j	Enfant 10	Enfant 6,5	Enfant 13	Enfant 50	Enfant 1100	Enfant 2200	Enfant 1500	Enfant 3000	Enfant 18,5	Enfant 85	Enfant 8500	Enfant 8500	Enfant 8500	Enfant 8500	Enfant 6,5E-7	Enfant 6,5E-7	Enfant 6,5E-7	
Dose par aliments hors site, sans autoconsommation	DJE x P	µg/j	Adulte 20	Adulte 13	Adulte 26	Adulte 100	Adulte 2200	Adulte 3000	Adulte 3000	Adulte 37	Adulte 170	Adulte 17000	Adulte 17000	Adulte 17000	Adulte 17000	Adulte 17000	Adulte 1,3E-6	Adulte 1,3E-6	Adulte 1,3E-6	
Source			INERIS, 2002a	CCME, 1995, Hg tot		CCME, 1995	CCME, 1995		CCME, 1995		INERIS	CCME, 1995	CCME, 1995	CCME, 1995	CCME, 1995	CCME, 1995	CCME, 1995			
Teneurs dans eau bue (teneurs nappes usuelles)	Cdw	µg/l	0		0		5	0	1		23,5		0		3	0				0
Source: exploitation données BRGM sur quelques nappes																				
3 ét. F: 3 études françaises: AP, 2003, OM, 2002, LA, 2000. Les mesures sont ici supposées sur poussières, selon la pratique usuelle.			GT GIC: INERIS, 2003a																	

Tableau 1: Teneurs retenues dans les milieux sources

1.1 CONCENTRATIONS DANS LES SOLS

Compte-tenu des hétérogénéités dans les sols français, on s'est attaché à intégrer des concentrations dans les sols correspondant à des valeurs "hautes normales" de bruit de fond en France. On a en outre recouru aux Valeurs cibles des Pays-Bas pour un sol standard, correspondant aux "niveaux de qualité ultimes visés", en dessous desquelles le sol y est considéré comme « propre », « multi-fonctionnel » (MVRM, 1994), ceci dans le contexte de sols sableux hollandais (sans doute moins chargés en métaux). Des teneurs dans les sols spécifiques pour le milieu urbain n'ont pas été recherchées. Elles seraient généralement supérieures aux valeurs présentées, qui correspondent à un milieu relativement naturel.

Les valeurs correspondantes sont rapportées dans le Tableau 2. Ce référentiel n'est pas issu d'une étude scientifique complète, mais plutôt d'un rassemblement de données au gré des occasions. Certaines des références citées, correspondant à des documents de travail synthétiques plutôt qu'à des documents sources pleinement accessibles, sont particulièrement fragiles. C'est pourquoi ce référentiel reste indicatif et approximatif. Aussi n'a-t-il pas paru utile de faire une distinction entre gramme de sol sec et gramme de sol humide: la différence est de l'ordre de 20 %.

De manière générale, entre les différentes valeurs de ces référentiels, on s'est orienté vers des valeurs relativement basses, en faisant intervenir le jugement d'expert sur les teneurs effectivement couramment rencontrées dans les études. Par exemple, pour le nickel, la teneur haute normale répertoriée de 80 mg/kg a paru peu ordinaire, et on lui a préféré la valeur du RIVM (35 mg/kg). **Les valeurs retenues** sont marquées en gras et reproduites avec la feuille de calcul "Sources" en Annexe. Pour le BaP, on a retenu une valeur moyenne parmi les bornes rapportées par l'ATSDR sur différents milieux.

Dans les feuilles de calcul des critères de qualité génériques de qualité des sols, un jeu de valeur quelconque de teneurs dans les sols est rentré au départ. Il permet à la fin un calcul des critères par règle de trois.

Ces teneurs sont appliquées:

- aux premiers centimètres de sol, concernés par l'ingestion de sol, le contact cutané et l'inhalation de poussières;
- au sol bêché ou labouré (0-30 cm) où se trouvent les racines de légumes cultivés et d'herbe de prairie.

	inorganiques (mg/kg sur produit sec)																
	Mn	Cr	Cu	Pb	V	Ni	Co	Zn	As	Cd	U	Hg	Sn	Ag	N	BaP	Diox
T -NL ¹	-	100	36	85	-	35	9	140	29	0,8	-	0,3	-	-	-	-	
Autres ²	850 ^d	134-150 ^c	32-100 ^c	40-138,5 ^b 79-100 ^c	200 ^c	80-121 ^c	33,5 ^b 30-35 ^c	300-432 ^c	40 ^c	0,25-1,4 ^b 0,7 - 2 ^c	3-4 ^d	0,3-0,4 ^c	10 ^c	10 ^c	- ^e	U: 0,17-0,22 ^e A: 0,005-0,9 ^e R: 0,002-1,3 ^e	3,1.10 ⁻⁷ f
N: Naphtalène Diox: dioxines et furannes ^a Intervalle de teneurs totales dans les sols minéraux normaux (Fiedler et Rösler, 1988). ^b Baize 1997. Fe: croûte terrestre; Pb et Co: 90 ^e centiles de sols sableux à argileux. La teneur en pb est plus élevée dans les sols urbains superficiels. La teneur en Cd est plus élevée dans les sols humifères. ^c teneurs maximales normales dans les sols en France selon différentes études (Godin, ADEME, INRA) (Feix, 1994). ^d CCME , 1995: teneur dans la croûte terrestre. ^e ATSDR.U: Urbain; A: terre agricole; R: rural. ^f INERIS, 2003a, par calcul inverse sur la dose de 3,4 ngI-TEQ/kg/j.																	

Tableau 2 : Concentrations retenues dans les sols non impactées (mg/kg de sol sec)

¹ Valeurs cibles des Pays-Bas pour un sol standard, correspondant aux "niveaux de qualité ultimes visés", en dessous desquelles le sol est considéré comme « propre », « multi-fonctionnel » (VROM, 1994), ceci dans le contexte de sols sableux hollandais (sans doute moins chargés en métaux). "Les valeurs pour les métaux lourds, l'arsenic et les fluorures ont été dérivées de l'analyse de données de terrain de zones rurales relativement libres de pollution et de sédiments aquatiques considérés comme non contaminés". Sol standard: 10% matière organique, 25% argile. Pour autre sols: cf. formule et paramètres de correction: MVROM,1994.

² Références sélectionnées dans l'ordre suivant: Baize, 1997; ADEME, 1994; CCME, 1996.
 Réf. : INERIS DRC-06-75999-DESP/R10

1.2 CONCENTRATIONS MESURÉES DANS L'AIR

On dispose de peu de mesures dans l'air ambiant de zones non impactées, et ces mesures varient fortement, par exemple d'une ville à l'autre. Les mesures disponibles ont été préférées à la modélisation, mais ces valeurs **restent approximatives**. Quelques exemples de concentrations mesurées en extérieur sont rapportées dans le Tableau 3. Les mesures sont ici supposées sur poussières, selon la pratique usuelle. Ces données ont été complétées par des données de:

- HSDB (souvent non françaises, et anciennes alors que les teneurs de nombreuses substances évoluent, notamment à la baisse);
- études sur l'exposition de bruit de fond au cadmium et au naphthalène de l'INERIS (INERIS, 2002a³; INERIS, 2002b) et travaux du GT GIC du MEDD (INERIS, 2003a).

Substance	Concentrations (ng/m ³)
Arsenic	2 : 0,73 Paris [AP, 2003] 2 : 0,6 Toulouse [OM, 2002] 2 : 2,25 Châteauroux [LA, 2000]
Cadmium	2 : 0,54 Paris [AP, 2003] 2 : 0,4 Toulouse [OM, 2002] 2 : 0,29 Châteauroux [LA, 2000]
Mercure	1 : 1,44 [Marlière, 2002]
Nickel	2 : 5,4 Paris [AP, 2003] 2 : 5,26 Orléans [LA, 2000]
Plomb	2 : 30 Paris [AP, 2003] 2 : 24,5 Toulouse [OM, 2002] 2 : 21,6 Orléans [LA, 2000]
BaP	1 : 0,015 [Leoz, 2002] 3 : typique 0,1-1 banlieue 3 : typique 0,1-20 ville (Verschueren, 1997; HSDB)
1. Données françaises en zone rurale non impactée 2. Autres données françaises disponibles (zone urbaine de préférence) 3. Données européennes, à défaut américaines, en zone urbaine	

Tableau 3 : Quelques concentrations mesurées dans l'air extérieur

1.3 BOL ALIMENTAIRE

Le bol alimentaire correspond ici à la partie des aliments consommés issue du commerce. Cette partie sera aussi qualifiée de "hors site" par opposition aux aliments autoproduits dans la zone considérée.

Pour le bol alimentaire, on s'est reposé uniquement sur des estimations fondées sur des mesures dans l'alimentation, par opposition à d'éventuelles modélisations depuis des sols hypothétiques, notamment en raison des incertitudes associées

³ Les teneurs en cadmium dans l'air extérieur retenues dans INERIS, 2002a, sont un ordre de grandeur supérieures aux mesures reportées dans le Tableau 3, ce qui souligne l'hétérogénéité des données utilisées dans le cadre restreint du présent exercice.

aux modélisations disponibles (cf. § 2.2.2) et à leur manque d'exhaustivité (par exemple absence des produits marins pour le mercure).

Trois sources de données ont été consultées:

- estimations du bol alimentaire par le CCME canadien (1995);
- études cadmium et plomb de l'INERIS (INERIS, 2002a; INERIS 2003b, voir ci-dessous);
- estimation de l'AFSSA (2000) sur la quantité médiane ingérée par les français *via* le bol alimentaire.

Ces trois sources ne couvrent pas toutes les substances considérées. A défaut, cette exposition n'a pas été prise en compte, ce qui se traduit par un risque correspondant nul dans les tableaux de résultats sans pour autant que le risque soit forcément négligeable.

Les valeurs retenues sont reproduites avec la feuille de calcul "Sources" en Annexe. **Ces valeurs sont indicatives.**

Pour les études cadmium et plomb de l'INERIS, de nombreuses sources ont été consultées: CSHPF, OMS, US EPA, Ministère de l'Environnement, DGS.

Les données françaises les plus récentes (pour 2004) de Leblanc, Malmauret et al. (2000) (également cohérentes avec l'ensemble des informations) ont été retenues, soit les doses d'exposition moyennes suivantes pour un adulte:

- cadmium: 20 µg/j, obtenue par croisement des données de contamination des aliments de F. Decloître (1998) avec les données de consommation individuelle d'aliments. Dans la même étude, la méthode dite du repas dupliqué (considère l'ensemble des repas: petit déjeuner, déjeuner et dîner), basée en outre sur des échantillons pris dans des établissements de restauration collective, aboutit à une DJE de 17 µg/j hors eau.
- plomb: 37 µg/j.

Ces études ne fournissent pas de dose d'exposition spécifique pour les enfants. Une DJE "enfant" a alors été déduite de la DJE adulte par règle de trois à partir des quantités de nourritures consommées par jour par un adulte et un enfant. Ces quantités ont été déterminées à partir des données de consommation de fruits et légumes chez les enfants de moins de 6 ans et chez les personnes de 6 ans et plus (Preziosi, Galan et al. 1991). Il a été validé avec les données de quantités de viande consommées suivant l'âge issues du document *Exposure Factors Handbook* de l'US EPA (US EPA 1997). Dans une première approche telle que ce document la propose, cela aboutit à un rapport de 2. De ce fait, une dose d'exposition moyenne pour les enfants de 10 µg/j a été considérée pour le cadmium, de 18,5 µg/j pour le plomb.

Les valeurs du CCME concernent également des DJE adulte. Le même ajustement leur a été appliqué pour aboutir à des DJE enfant.

Ces valeurs de bol alimentaire correspondent à une consommation alimentaire entièrement issue du commerce. Dans les scénarios avec autoconsommation (résidentiel avec jardin, ferme), le bol alimentaire ("hors site") doit être diminuée

de la part autoproduite. Cette part est fixée à 100% pour le scénario ferme, ce qui correspond à un bol alimentaire nul⁴. Pour le scénario "résidentiel avec jardin", d'après les données de consommation retenues (§ 2.4.2), cette part varie selon les produits, de 0% pour le lait à 40% pour les légumes feuilles, avec 26% environ sur le total hors lait⁵. Ne connaissant pas la répartition des teneurs dans les différents produits alimentaires pris en compte pour l'estimation du bol alimentaire sans autoconsommation (Leblanc et al, 2000 et CCME, 1995), ou la part de chacun de ces différents produits alimentaires dans le bol alimentaire sans autoconsommation estimé, on en est réduit à **approcher de manière indicative le bol alimentaire pour le scénario "résidentiel avec jardin"** sur la base du le bol alimentaire sans autoconsommation et au prorata de la part achetée (hors lait), soit environ 74% du bol alimentaire sans autoconsommation.

1.4 TENEURS DANS L'EAU DE BOISSON

Pour les teneurs dans l'eau de boisson, en absence de valeurs en sortie du robinet, on a repris à titre indicatif la moyenne des teneur mesurées typiques dans trois nappes relativement usuelles (sable, calcaire karstique, calcaires du Jurassique) parmi un jeu de mesures fournies sur six nappes par le BRGM. Les aquifères atypiques (granite, gneiss, basalte) ont été écartés. En cas de non détection, on a retenu une valeur nulle. Les teneurs ainsi obtenues sont reportées dans le Tableau 4 ci-dessous. Elles ne concernent qu'une partie des substances étudiées pour le site non impacté.

Aquifère		Sables	Jurassique	Calcaires karstiques	Moyenne
Type de nappe		captive	Libre	Libre	
Substance	unité	Pauillac (33)	La Chapelle Auzac (24)	La Roque-Sainte-Marguerite (12204)	
Arsenic	µg/L		<10	<5	0
Argent	µg/L		<5		0
Benzo(a)pyrène	µg/L	<0,010		<0,005	0
Cadmium	µg/L	<0,1	<2	<0,5	0
Chrome total	µg/L		5	<2	5
Cobalt	µg/L		<2		0
Cuivre	µg/L	1	<2	<5	1
Manganèse	µg/L	46		1	23,5
Plomb	µg/L	<1	<2		0
Zinc	µg/L	3			3

Tableau 4: Teneurs mesurées dans trois nappes typiques

⁴ Hypothèse relativement forte qui permet de tester l'impact maximal de l'autoconsommation. Cette hypothèse est sans impact sur l'appréciation finale de l'exposition de bruit de fond sur les trois scénarios, du fait de la présence des scénarios résidentiels avec jardin, avec et sans potager.

⁵ Le lait seul comptant pour presque la moitié de la consommation "enfant", aussi sera-t-il écarté par prudence, pour ne pas risquer de déséquilibrer à la hausse l'impact de la part achetée.

Dans les fiches de calcul, cet apport a été intégré dans le bol alimentaire (feuille "sources"). Sa contribution au bol alimentaire, là où des valeurs ont été disponibles, est très inférieure à 0,1%, à l'exception d'une part de 2% environ pour le manganèse.

2. EVALUATION DE L'EXPOSITION

2.1 VUE D'ENSEMBLE

La modélisation de l'exposition suit les contaminants depuis les sources jusqu'aux récepteurs. Elle est décomposée en trois étapes:

- Modélisation des milieux sources (répartition, substances, teneurs);
- Modélisation des transferts des sources vers les milieux d'exposition (sol, poussières, aliments, air, eau,...), aboutissant à des concentrations dans les milieux d'exposition;
- Modélisation des transferts des milieux d'exposition à l'homme, aboutissant aux niveaux d'exposition aux différents contaminants.

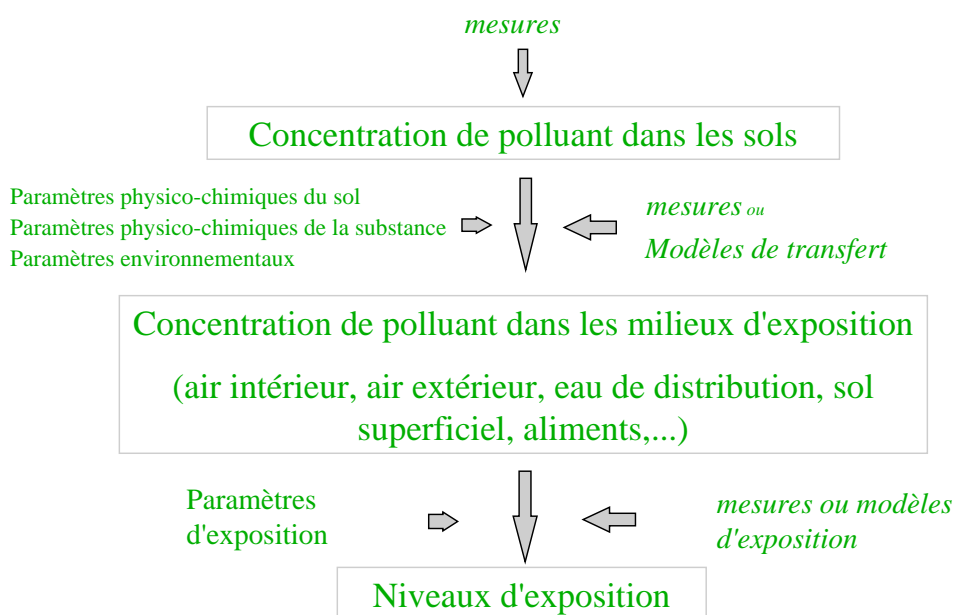


Figure 1: Etapes de la modélisation de l'exposition

Les aspects suivants ne sont pas pris en compte dans cette modélisation:

- Atténuation de la source au cours du temps (par transformation chimique ou biologique, par lessivage, par volatilisation...). L'état de la source est donc considéré comme stationnaire, ce qui correspond à une source infinie (hypothèse pénalisante) et implique un régime permanent à tous les niveaux (transferts, teneurs...).
- Atténuation lors des transferts depuis la source, par dégradation, décomposition,...

2.2 MODÉLISATION DES CONCENTRATIONS DANS LES MILIEUX D'EXPOSITION

2.2.1 Envol et dispersion de poussières dans l'air atmosphérique

En cas d'absence de teneurs mesurées dans l'air pour le site non impacté, des teneurs sont modélisées comme résultantes de l'envol de poussières depuis le sol.

En cas d'absence de teneurs mesurées, les teneurs dans l'air sont modélisées de deux façons différentes:

- Teneur dans l'air intérieur à partir d'une mesure dans l'air extérieur s'il en existe: hypothèse de teneurs égales, qui correspond bien aux observations disponibles (par ex. fiche HSDB sur le nickel) et au résultat de la modélisation HESP (écart de 20%).
- Teneur dans l'air intérieur et l'air extérieur à partir des teneurs dans le sol, par modélisation de l'envol de poussières depuis le sol.

Pour l'envol de poussières du sol, la modélisation retenue est celle proposée par le RIVM [van den Berg, 1994 ; Shell, 1995] qui considère qu'une partie fixée des particules présentes en bruit de fond dans l'air ambiant inhalé par les cibles provient du sol contaminé:

$Ca = 10^{-6} Cs \text{ frs TSP}$, avec

Ca: concentration de la substance en forme particulaire dans l'air [mg_{ads}/m³]

Cs: concentration de la substance dans le sol de surface [mg_{ads}/kg]

frs: fraction de sol dans les poussières de l'air [-]

TSP: quantité de particules dans l'air [mg/m³]

10⁻⁶: facteur de conversion [kg/mg]

La quantité de particules suspendues dans l'air est fixée à 70 µg/m³ en extérieur, et à 75% soit 52,57 µg/m³ en intérieur. Cette valeur correspond à une teneur typique en poussières en atmosphère urbaine. Les valeurs de la fraction de sol dans les poussières de l'air retenues par le RIVM (0,5 en extérieur, 0,8 en intérieur) *n'ont pas été analysées en détail par l'INERIS. L'incertitude associée est inconnue, mais ces éléments font apparaître cette modélisation comme conservatoire.*

L'approche basée sur le bruit de fond du RIVM apparaît pleinement applicable à des sites étendus, donc pour le site non impacté. Pour des petits sites, la zone d'émission des poussières étant limitée, le modèle est pénalisant. Cette voie est toutefois sans impact notable dans les scénarios considérés.

Par comparaison, le modèle des Risk Assessment Guidance de l'US EPA (1991) ou de l'ASTM (1995) est inadapté aux longues étendues: il ne prend pas en compte les retombées de poussières, et aboutit donc à une concentration dans l'air proportionnelle à l'étendue de la zone source. Le modèle du SSL Technical Background Document de l'US EPA (1996) corrige ce biais, en incorporant un facteur de dispersion fonction de la géométrie du site. Ce facteur est aussi fonction de zones climatiques américaines, et son mode d'élaboration ainsi que le

facteur d'émission de poussières à la surface du sol n'ont pas été analysés en détail par l'INERIS. C'est pourquoi nous privilégions ici l'approche prudente du RIVM (un à deux ordres de grandeur plus pénalisante d'après nos simulations sur des sites d'une centaine de mètre de longueur).

2.2.2 Concentrations dans les aliments autoproduits (hors petits animaux)

Les concentrations dans les aliments autoproduits sont modélisées depuis les teneurs dans les milieux sources sol et air. On se réfère aux équations du guide pour l'évaluation du risque sanitaire dans le cadre d'une UIOM [ASTEE, 2003].

Les teneurs en polluant dans les végétaux proviennent :

1. du dépôt direct des particules sur les feuilles de la plante ;
2. de l'absorption foliaire des gaz par la plante (cas des dioxines⁶) ;
3. du transfert du sol aux racines.

Afin d'estimer les concentrations dans la viande de bœuf, les œufs et le lait⁷, on se réfère aux équations du guide pour l'évaluation du risque sanitaire dans le cadre d'une UIOM [ASTEE, 2003]. Les teneurs en polluant dans ces produits proviennent :

- 1) de l'ingestion des plantes;
- 2) de l'ingestion de sol.

2.2.2.1 Dépôt de poussières sur les parties aériennes des plantes

Pour ce transfert, la modélisation retenue est celle, conservatoire, proposée par le RIVM [Van den Berg, 1994 ; Shell, 1995] qui prend en compte le dépôt des particules présentes dans l'air (§ 2.2.1) tout au long de la croissance de la plante. La quantité déposée est ensuite traduite en teneur moyenne dans la partie aérienne de la plante.

En ajoutant en facteur le ratio poids sec / poids frais des plantes (parties aériennes), fdw_s , pour se ramener à une concentration en contaminant rapportée au poids frais de la plante [mg/kg_{mf} plantes], on obtient:

$Cp_{dp} = Ca \cdot fdw_s \cdot DRo \cdot fin [1 - (1 - \exp(-fEi \cdot te)) / (fEi \cdot te)] / Yv / fEi$, avec:

Paramètre	Symbole	Unité	Valeur ^a
ratio poids sec / poids frais des plantes (parties aériennes)	fdw_s	kg_{ms}/kg_{mf}	0,117
taux d'interception par les récoltes	Fin	-	0,4
rendement de la récolte	Yv	kg_{ms}/m^2	0,28
constante d'efflorescence	fEi	j^{-1}	0,0033
vitesse de dépôt	DRo	m/j	864
temps de croissance de la récolte	te	j	180
Concentration dans la plante	Cp_{dp}	mg/kg_{mf}	
Concentration en forme particulaire dans l'air	Ca	mg_{ads}/m^3	

^a Van den Berg, 1994 . Le mode d'obtention et l'incertitude associés nous sont inconnus.

⁶ Des valeurs existent aussi pour le BaP mais n'ont pas été intégrées ici.

⁷ Les petits animaux (lapins, volailles), n'ont pas été incorporés à la présente évaluation. Le pourcentage de volaille d'origine locale est évalué à 16% environ.

Cette modélisation n'a pas été analysée en détail par l'INERIS, les incertitudes associées ne sont pas commentées par Van den Berg (1994) autrement qu'en terme de comparaison de différentes paramétrisations utilisées.

2.2.2.2 Bioconcentration du sol vers les végétaux, modèle

L'objectif de la modélisation de cette voie est de déterminer les teneurs, liées à l'absorption racinaire par les plantes, des substances considérées dans les parties comestibles de différents végétaux cultivés sur les parcelles considérées.

Pour la modélisation du transfert des substances chimiques depuis le sol vers les végétaux, on recourt ici à des paramètres indicateurs du transfert des substances chimiques du sol vers les végétaux couramment utilisés dans les évaluations de risque, le facteur de bioconcentration (BCF): le BCF est égal au rapport entre la concentration de la substance dans la plante et la concentration de la substance dans le sol sur lequel la plante a été cultivée [Van den Berg, 1994; Shell, 1995; Travis and Arms, 1982 ; Fries, 1986].

La concentration de bioconcentration dans la plante (partie racine/ partie aérienne), $C_{pb_{r/s}}$ [mg/kg_{mf} vég], s'écrit alors: $C_{pb_{r/s}} = fdw_{r/s} BCF_{r/s} C_s$, avec

Paramètre d'entrée	Symbole	Unité
ratio poids sec / poids frais de la partie de la plante	$fdw_{r/s}$	kg _{ms} /kg _{mf}
facteur de bioconcentration à partir de C_s	BCF	(mg/kg _{ms} vég)/(mg/kg _{ms})

2.2.2.3 Biotransfert dans les animaux, modèle

L'objectif de la modélisation de cette voie est de déterminer les teneurs des substances considérées dans les animaux exposés de façon directe (via les végétaux) et indirecte (ingestion de sol avec les végétaux arrachés) aux sols .

Comme pour la bioconcentration depuis les sols vers les plantes, on a eu recours ici à des facteurs de biotransfert, rapports des teneurs dans les tissus considérés (consommés par l'homme) sur la dose absorbée par l'animal.

2.2.2.4 Bioconcentration du sol vers les végétaux et biotransfert dans les animaux, valeurs des paramètres

Les facteurs de bioconcentration et de biotransfert sont marqués d'une incertitude considérable, de deux ordres de grandeur environ depuis les sols vers les plantes (van den Berg, 1994), sans doute davantage pour les autres, les données expérimentales étant moins nombreuses.

En l'absence de précision sur la spéciation des substances, le type de sols, etc., des valeurs supposées hautes des facteurs de bioconcentration disponibles dans la littérature ont été retenues ici. Pour les substances inorganiques, elles sont issues de revues effectuées par l'IPSN (1999, 2001), qui signale qu'elles sont généralement plus élevées que celles rencontrées dans les évaluations de risques chimiques. Ces valeurs sont rapportées en Annexe 2. L'INERIS n'est pas remontée aux études sources premières dans le cadre limité du présent exercice⁸. La comparaison par l'INERIS de ces facteurs à d'autres valeurs disponibles (par

⁸ A notre connaissance, une étude bibliographique critique relativement complète de ces facteurs de transfert n'est pas disponible. Un tel travail, d'une ampleur considérable, a été proposé au MEDD par l'INERIS dans le cadre du Plan National Santé Environnement pour quelques substances à étudier sur 2005-2007.

ex. dans van den Berg, 1994: Annexe 2), pour les huit substances de l'exercice d'élaboration des critères génériques, confirme par exemple leur caractère conservatoire par rapport au modèle hollandais CSOIL (sauf légèrement pour le nickel, où la valeur de l'IPSN est 1,5 à 2 fois moins pénalisante que celle de CSOIL), mais pas par rapport à l'intervalle des valeurs estimé par Sauerbeck (1988): par rapport à la limite haute de cet intervalle, elles se situent tantôt au dessus (jusque 15 fois pour le mercure; conservatoire), tantôt en dessous (jusque 28 fois pour le zinc; non conservatoire), les valeurs du nickel et le zinc se situant même en deçà de la limite basse de cet intervalle. La représentativité des facteurs pour prédire le transfert depuis le sol vers les plantes et les animaux ne peut être davantage documentée dans le cadre restreint de cet exercice.

Pour les dioxines sur le site non impacté, les facteurs de bioconcentration dans les plantes et de biotransfert dans les produits animaux sont extraits de [INERIS, 2003a]. Les quantités de végétaux et de sol consommées par les animaux sont issues de cette même source.

Faute de facteurs de bioconcentration et/ou de biotransfert, cette exposition n'a pas été évaluée pour toutes les substances. Pour l'argent, qui est dans ce cas, par prudence, le critère fondé sur le risque, obtenu sans cette voie d'exposition, a été ramené au niveau du critère de bruit de fond, pour les scénarios concernés (ferme et résidentiel avec potager). Pour le naphthalène et le BaP, des facteurs de bioconcentration et/ou de biotransfert seraient également accessibles (valeurs ou modélisation CSOIL/HESP, Caltox), mais n'ont pas été incorporées ici.

2.2.2.5 Discussion des incertitudes sur les résultats de la modélisation du transfert dans les aliments

Compte-tenu des incertitudes mises en évidence sur les paramètres d'entrée (§ 2.2.2.1 et 2.2.2.4), les teneurs dans les aliments obtenues ne peuvent être considérés qu'en terme d'ordre de grandeur très approximatifs et a priori pénalisants. Le risque associé calculé par la suite doit se comprendre au plus comme un potentiel de risque.

*Par exemple, sur les sept substances (hors l'argent) concernées par l'élaboration des critères de qualité des sols, l'ingestion d'aliments autoproduits intervient de façon déterminante (> 80%) dans les scénarios avec autoconsommation ("ferme" et "résidentiel avec potager"). La modélisation prudente de ce transfert conduit souvent à des critères de qualité des sols totalement irréalistes car nettement en dessous des teneurs de bruit de fond usuelles même hors anomalies régionales: par exemple, dans le scénario "ferme", 0,034 mg/kg pour le cadmium, 0,065 mg/kg pour le plomb, 0,0021 mg/kg pour l'arsenic. Le mécanisme de "relèvement" des critères de qualité des sols sur un référentiel de bruit de fond (Corps de texte, § 7.6) intervient alors pleinement, et réduit fortement cet impact. Même après application de ce mécanisme, cette voie reste déterminante pour le cadmium, l'arsenic, le cuivre, le nickel, le plomb, et le zinc: les critères de qualité des sols calculés avec prise en compte du transfert dans les aliments restent inférieurs à ceux obtenus sans cette prise en compte (Corps de texte, Tableau 10). **Ainsi, les incertitudes sur cette voie influent de façon décisive les critères de qualité des sols développés pour les scénarios "ferme" et "résidentiel avec potager".***

2.3 QUANTIFICATION DE L'EXPOSITION

Les niveaux d'exposition calculés renvoient :

- soit aux quantités ou concentrations administrées sur leurs substrats respectifs ;
- soit aux quantités ou concentrations absorbées dans le sang.

Les quantités administrées représentent les quantités de contaminant mises au contact des surfaces d'échange que sont les parois alvéolaires des poumons, la paroi intestinale et la peau et disponibles pour une éventuelle absorption. Les quantités administrées ne sont pas équivalentes aux quantités absorbées qui correspondent aux quantités passant dans le milieu intérieur via notamment la circulation sanguine. Pour la voie cutanée, la dose calculée est ici la dose de contaminant équivalente administrée par voie orale (cf. § 3.4).

2.3.1 Ingestion de sol et d'aliments, modèle

D'une manière générale, les quantités de contaminant ingérées, exprimées en dose journalière d'exposition (en mg/kg.j), peuvent se définir de la façon suivante :

$$DJE_{ij} = \frac{C_i \times Q_{ij} \times F}{P} \times \frac{T}{T_m}$$

avec les définitions suivantes des paramètres :

- DJE_{ij} : dose journalière d'exposition liée à une exposition au milieu i par la voie d'exposition j (en mg/kg.j) ;
- C_i : concentration d'exposition relative au milieu i (eau souterraine, eau superficielle, sol, aliments,...) , exprimée en mg/kg, mg/m³ ou mg/L ;
- Q_{ij} : quantité de milieu i , c'est-à-dire de sol, d'eau ... ingérée par la voie j par unité de temps d'exposition, exprimée en kg/j pour les milieux solides et en m³/j ou L/j pour les milieux gazeux ou liquides ;
- F : fréquence ou taux d'exposition : fraction du nombre annuel d'unités de temps d'exposition (heures ou jours) d'exposition sur le nombre d'unités de temps de l'année. (F est sans dimension) ;
- P : masse corporelle de la cible (kg) ;
- T : nombre d'années d'exposition (années) ;
- T_m : période de temps sur laquelle l'exposition est moyennée (années).

Pour les effets à seuil des contaminants, il est considéré que la période sur laquelle est moyennée l'exposition correspond à la durée d'exposition : $T_m = T$.

Si, pour la voie d'exposition j , plusieurs milieux sont concernés (exemple eau et alimentation pour l'exposition par ingestion), il faut alors calculer une DJE totale :

$$DJE_j = \sum_i DJE_{ij}$$

2.3.2 Inhalation, modèle

Pour la voie respiratoire, le niveau d'exposition est généralement remplacée par la concentration inhalée. Pour des expositions de longue durée, la concentration moyenne inhalée par jour est retranscrite par la formule suivante :

$$CI = \left(\sum_i (C_i \times t_i) \right) \times F \times \frac{T}{T_m}$$

- CI : concentration moyenne inhalée (mg/m³ ou µg/m³) ;
- C_i : concentration de contaminant dans l'air inhalé pendant la fraction de temps t_i (en mg/m³) ;
- t_i : fraction du temps d'exposition à la concentration C_i pendant une journée ;
- T : durée d'exposition (en années) ;
- F : fréquence ou taux d'exposition : nombre annuel d'heures ou de jours d'exposition ramené au nombre total annuel d'heures ou de jours (sans unité) ;
- T_m : période de temps sur laquelle l'exposition est moyennée (en années).

Pour les effets sans seuil des contaminants, T_m sera assimilé à la durée de la vie entière (prise conventionnellement égale à 70 ans).

Rappelons que cette distinction repose sur l'hypothèse d'un mécanisme d'action différent dans chacun des deux cas. Pour les effets à seuil, le risque est associé au dépassement d'une dose donnée pendant la période d'exposition. Pour les effets sans seuil, il est considéré que l'effet de chaque dose reçue isolément s'ajoute sans aucune perte et que la survenue de la réponse cancéreuse est fonction de la somme totale des doses reçues ; une forte dose sur une courte période produit le même effet qu'une plus faible dose reçue sur une période plus longue. Dans ce cas, le risque s'exprime sous la forme d'une probabilité d'occurrence qui augmente avec la dose reçue tout au long de la vie.

2.4 PARAMÈTRES D'EXPOSITION DES CIBLES: GÉNÉRALITÉS ET PARAMÈTRES GÉNÉRAUX

Les paramètres d'exposition des cibles caractérisent le comportement et la physiologie des cibles, comme par exemple :

- paramètres "généraux":
 - fréquentation des lieux (durée et fréquence);
 - volume d'air inhalé;
 - masse corporelle;
- Paramètres plus spécifiques
 - quantité de terre ingérée (accidentellement) par jour;
 - quantité de végétaux ingérés par jour.

Les valeurs des paramètres d'exposition varient en fonction de la cible enfant ou adulte. Par convention, la cible enfant est considérée entre 0 et 6 ans, et la cible adulte entre 6 et 70 ans (durée de vie entière usuellement prise en compte dans les évaluations de risque chronique). En situation professionnelle (scénario industriel), la durée d'exposition adulte est ramenée à 40 ans.

Le tableau 5 présente des exemples de valeurs de paramètres d'exposition pour des cibles adultes et enfants pour un scénario résidentiel.

	Adulte (6-70 ans)	Référence	Enfant (0-6 ans)	Référence
Masse corporelle	70 kg	[US EPA, 1997a]	15 kg	[US EPA, 1997a]
Surface corporelle totale	1,8 m ²	[US EPA, 1997a]	0,95 m ²	[US EPA, 1997a]
Quantité de sol sur la peau à l'extérieur	0,01 kg/m ²	[US EPA, 1992]	0,0051 kg/m ²	[Shell, 1995]
Volume respiratoire	20 m ³ /j	[Van den Berg, 1994; Shell, 1995]	7,6 m ³ /j	[Van den Berg, 1994; Shell, 1995]

Tableau 5 : Exemples de valeurs de paramètres d'exposition pour les cibles enfant et adulte dans le cadre d'un scénario « riverain de parcelles amendées ».

Les valeurs des paramètres d'exposition pour les différents scénarios sont reproduites en Annexe 3.

Les valeurs retenues pour la masse corporelle et le volume respiratoire sont ceux du Tableau 5. Les valeurs des paramètres de fréquence sont reprises et/ou adaptées des valeurs utilisées pour l'élaboration des Valeurs de Constat d'Impact (INERIS, 2001), ou proposées sur la base du approche conservatoire de "bon sens".

Même si d'autres jeux de valeurs peuvent être trouvés pour ces "paramètres généraux", les incertitudes associées ne sont pas déterminantes dans l'élaboration des critères de qualité des sols développés.

Les valeurs des autres paramètres sont discutées dans les chapitres suivants.

2.4.1 Quantité de sol et de poussières ingérée

Concernant la cible adulte, à partir d'hypothèses sur la surface corporelle et les fréquences de contact avec le sol et les poussières, Hawley [1985] estime qu'un adulte ingère une quantité de sol et de poussières issues du sol⁹ de :

- 0,5 mg par jour dans sa pièce de séjour;
- 88 mg par jour s'il fréquente une zone empoussiérée comme un grenier ou un sous-sol;
- 480 mg par jour lors de travaux de jardinage ou d'activités similaires en extérieur (été).

Compte-tenu des ratios espace-temps supposés entre ces trois situations, Hawley [1985] propose une moyenne annuelle de 60,5 mg/j. Dans son guide pour l'évaluation des risques, l'US EPA propose comme valeur par défaut 50 mg/jour de sol ingéré par un adulte dans un scénario résidentiel et dans un scénario industriel [US EPA, 1988].

Pour la cible enfant, quel que soit le scénario, de nombreuses études de mesure d'ingestion de particules de sol ont été menées [Binder et al., 1986 ; Clausing et al., 1987 ; Calabrese et al., 1989 ; van Wijnen et al., 1990 ; Calabrese and Stanek, 1991 ; Stanek and Calabrese, 2000]. Les valeurs moyennes se situaient entre 39 mg/j et 271 mg/j de terre ingérée, avec une moyenne globale de 146 mg/j de

⁹ Ces estimations intègrent une part de sol dans les poussières de 80% en intérieur et 100% en extérieur.

terre ingérée et 191 mg/j de terre et poussières ingérées. En tenant compte de ces études, l'US EPA [1997] a estimé que 100 mg/j était une valeur moyenne représentative de l'ingestion de particules de sol par les enfants de moins de six ans.

Les deux valeurs de 150 mg/j pour un enfant et de 50 mg/j pour un adulte en scénario "résidentiel" (avec potager *puisque l'autoconsommation de légumes est prise en compte*) sont également celles utilisées dans le modèle hollandais CSOIL (van den Berg, 1994) et HESP (Shell, 1995).

A partir de ces éléments, les quantités suivantes de sol et de poussières ingérées ont été retenues :

- 150 mg/j pour un enfant en scénario résidentiel, *ce qui semble constituer une estimation raisonnablement majorante*;
- 50 mg/j pour un adulte en scénario résidentiel ou en activité professionnelle avec travail en extérieur¹⁰ sur site non recouvert;
- 480 mg par jour de travail de la terre, pour une cible agriculteur. *Cette valeur est considérée comme conservatoire compte tenu des modes de travail actuels (sur tracteur)*. Cette quantité est réduite à un tiers (160 mg/j) pour une quantité moyenne sur 365 jours, en considérant environ un quart du temps en activité "plein temps" dans les champs à 480 mg/j, et le reste du temps en résidentiel avec jardin à 50 mg/j.

Les études sur l'ingestion de sol par les adultes répertoriées dans le *Exposure factors Handbook* (US EPA, 1997, Vol. 1) ne traitent pas le scénario spécifique d'un jardin sans potager. La valeur de 50 mg/j retenue par l'US EPA (1998) pour les adultes (en scénario résidentiel comme industriel: US EPA, 1998) correspond approximativement à l'estimation de Hawley (1985: 60,5 mg/j). Celle-ci est déterminée à 95% par le jardinage. Le CCME (1994) prévoit pour le scénario résidentiel/parc une ingestion de 20 mg/j de sol pour les plus de 20 ans, correspondant à la moyenne estimée pour une population générale au Canada. Une estimation est proposée ici pour le scénario jardin sans potager sur la base de l'étude de Hawley (1985): en l'absence de potager, les activités au jardin sont limitées à quelques travaux sur la pelouse, les fleurs et les arbustes, et aux activités de détente. Le contact avec le sol est comparativement fortement réduit, aussi bien en durée qu'en intensité. Un facteur 5 de réduction sera considéré dans le cadre de cet exercice. Cela ramène le taux d'ingestion de sol par l'adulte en scénario résidentiel (avec jardin) sans potager à 10 mg/j.

*Sur les huit substances considérées, l'ingestion de sol intervient de façon déterminante (> 80%) pour les scénarios sans autoconsommation: **les incertitudes sur la modélisation de l'ingestion de sol influent de façon décisive les critères de qualité des sols développés pour les scénarios***

¹⁰ Le cas extrême d'un travail de long terme uniquement sur les sols (terrassment,...) sur un site n'a pas été retenu, du fait de sa rareté. Il serait à rapprocher, pour cette voie, du scénario agricole.

"résidentiel sans potager" et "industriel". La modélisation retenue est supposée conservatoire, et pourrait l'être excessivement.

2.4.2 Quantités d'aliments ingérés

Nous reprenons les quantités estimées pour le calcul des VCI (INERIS, 2001), fondées sur deux études :

- une étude publiée par l'INSEE en 1991 (Dubeaux, 1994),
- une étude sur le comportement alimentaire de la population du Val-de-Marne (Preziosi *et al.* 1991).

Même si d'autres jeux de valeurs peuvent être trouvés pour ces "paramètres généraux", les incertitudes associées ne sont pas déterminantes dans l'élaboration des critères de qualité des sols développés.

Les scénarios concernés se déclinent ainsi:

- Scénario "ferme": population consommant intégralement des légumes, de la viande de bœuf, du lait et des œufs produits sur site;
- Scénario "résidentiel avec jardin potager": une partie des aliments consommés provient de la production propre;
- Scénario résidentiel avec jardin sans potager: pas d'autoconsommation.

		Quantité totale consommée par jour [INCA, 1999] ⁽¹⁾		Quantité de fruits et légumes auto-produits consommés par jour ou % provenant de la production locale [Dubeaux, 1994]		% de l'alimentation provenant de la production locale	
		Scénario ferme		Scénario jardin avec potager		Scénario ville	
		Enfant	Adulte	Enfant	Adulte	Enfant	Adulte
Fruits	g/j	68	126	8	15	0 %	
Légumes feuilles	g/j	38	85	15	35	0 %	
Légumes fruits	g/j	27	67	9,7	26	0 %	
Légumes racines	g/j	105	169	36,6	59	0 %	
Viande de bœuf ⁽²⁾	g/j	34	60	4,5 %		0 %	
Lait	mL/j	247	119	0 %		0 %	
Œufs	g/j	9	19	17 %		0 %	

(1) : La consommation [INCA, 1999] de l'enfant de 3 à 5 ans est celle utilisée ici pour le scénario "enfant" et la consommation de l'adulte de plus de 15 ans [INCA, 1999] utilisée ici pour le scénario "adulte".

(2) : Les données relatives à la viande sont celles de la viande à l'exclusion de la volaille (pas d'élevages de volailles dans la zone d'étude), de la charcuterie (pas d'élevage de porcs dans la zone d'étude) et des abats (quantité ingérée quotidiennement très faible dans tous les cas).

Tableau 6 : Consommations alimentaires prises en compte

2.4.3 Contact cutané: modèle et valeurs des paramètres

Les approches retenues dans les différents modèles sont très variables. Certaines utilisent un taux d'absorption propre à la substance considérée à appliquer sur un "événement", *considérant que l'absorption ne sera pas proportionnelle avec le temps (US EPA, 2004)*. D'autres sont basées sur un taux d'absorption et une durée de contact avec le contaminant (van den Berg, 1994; Shell, 1995). Avant qu'il y ait diffusion au travers de la couche cornée selon un régime stationnaire, certains de ces modèles considèrent une phase transitoire. Le modèle hollandais CSOIL (van den Berg, 1994) considère même une absorption cutanée nulle pour les métaux.

Dans une optique prudente et pragmatique¹¹, nous recourons au modèle hollandais faisant intervenir le temps (van den Berg, 1994; Shell, 1995; modifié selon INERIS, 2001):

$$DA_s = A_{exp} * DAE_e * tx * Cs / P$$

$$DA_p = A_{exp} * DAE_i * tx * frs * Cs / P \quad \text{avec}$$

DA_s : dose d'exposition par contact avec le sol (mg/kg.j d'exposition)

DA_p : dose d'exposition par contact avec les poussières contenant du sol (mg/kg.j d'exposition)

A_{exp} : surface corporelle exposée (m²)

DAE : quantité de sol ou de poussières sur la peau (kg/m²)

tx : taux journalier d'absorption cutanée à partir du sol (-/j d'exposition)

frs : fraction de sol dans les poussières (-), fixée ici à 1 *de manière conservatoire*

C_s : concentration de polluant dans le sol (mg/kg)

P : poids du récepteur (kg)

Diverses valeurs de taux d'absorption cutanée sont disponibles dans la littérature, correspondant à des protocoles de mesure et des extrapolations souvent peu adaptés à l'évaluation des risques.

Pour l'arsenic et le cadmium, des valeurs sont proposées dans US EPA (2001) et US EPA (1992), sur la base d'études de Wester *et al.* (1993) à partir de sol:

- Arsenic: une valeur protectrice de 0,19%/h est retenue de l'étude de Wester *et al.* (1993);
- Cadmium: L'US EPA (1992) rapporte une gamme de taux d'absorption de 0,1 à 1%. Ces valeurs ont été déterminées à partir d'une étude sur 16h d'exposition. Ainsi, un taux de 1% sur 16 h a été pris en compte dans le cadre d'une approche prudente.

L'absorption cutanée de chlorure mercurique a été démontrée dans des expériences sur cobayes [Friberg 1961, Skog 1964]. Dans ces études, du chlorure mercurique a été dissout dans une solution aqueuse et appliqué sur la peau de cobayes pendant 5 heures, les taux d'absorption sont de 2 à 5%. Ce taux, hors l'imprécision liée au sujet non humain, apparaît adapté pour une exposition chlorure mercurique a été dissout dans une solution aqueuse et appliqué sur la peau, mais sur-conservatoire pour une matrice sol. Les modèles Hollandais

¹¹ Il paraît logique de vouloir faire intervenir la durée d'exposition, même si l'absorption n'est pas linéaire avec le temps. L'absence de définition temporelle d'un événement par l'US EPA rend son usage difficile.

CSOIL et HESP (van den Berg, 1994; Shell, 1995) prévoient la multiplication du taux d'absorption cutané de la substance par un "facteur de matrice" de 0,15, correspondant à la part du polluant adsorbé sur le sol qui sera effectivement en contact avec la peau. *Bien que le mode d'obtention de ce facteur de 0,15 n'ait pas fait l'objet d'une analyse critique par l'INERIS, nous retenons ici cette approche pour éviter un surconservatisme excessif.*

En l'absence de valeurs issues de la mesure, l'US EPA (2001) précise qu'elle ne propose pas de taux d'absorption cutanée par défaut pour les métaux, faute de données: "la spéciation des composés est critique pour l'absorption cutanée et il y a trop peu de données pour extrapoler une valeur par défaut raisonnable". L'US EPA region IV (1995) propose pourtant une valeur par défaut de 1% par événement d'une journée, sur la base des valeurs reconnues sur quelques métaux dont le cadmium. Dans une optique prudente, nous retiendrons un taux par défaut de 1% par 24h.

Les valeurs de surface corporelle exposée et de quantité de sol ou de poussières sur la peau sont reprises, des valeurs utilisées pour l'élaboration des Valeurs de Constat d'Impact (INERIS, 2001), ou adaptées au regard des scénarios et des discussions de l'US EPA (2001). En particulier, pour la quantité de sol ou de poussières sur la peau:

- En extérieur pour l'enfant sur sol découvert, la valeur de 0,51 mg/cm² de Van den Berg (1994) et Shell (1995) et retenue pour le calcul des VCI, est reprise ici. *Elle apparaît notamment compatible (dans un sens plus conservatoire) avec le 95^e centile de l'US EPA 2003 pour des enfants jouant sur un sol sec (0,4 mg/cm²).*
- En intérieur pour l'enfant et l'adulte, la valeur de 0,056 mg/cm² de Van den Berg (1994) et Shell (1995) et retenue pour le calcul des VCI, est reprise ici. *Comparée avec l'US EPA 2003, elle apparaît compatible pour des enfants en intérieur (95^e centile: 0,06 mg/cm²) mais pénalisante pour un adulte (où 0,06 mg/cm² correspond au 95^e centile du "groundkeeper").*
- Pour l'adulte en extérieur sur sol découvert, la valeur de 3,75 mg/cm² de Van den Berg (1994) et Shell (1995) et retenue pour le calcul des VCI, est considérée ici comme excessive au regard et de la valeur enfant des mêmes sources (0,51 mg/cm²) et des estimations de l'US EPA 2003 (95^e centile: 0,4 mg/cm² pour le fermier, 0,3 mg/cm² pour le "jardinier résidentiel"). Les valeurs de l'US EPA sont reprises. Une division par un facteur 5 est toutefois appliqué pour le scénario résidentiel sans potager, comme pour l'ingestion de sol.

L'incertitude associée à ces estimations est considérée a priori comme importante, mais moindre que celle associée aux taux d'absorption cutanée.

➤ Dose journalière tolérable par voie orale DJT

Pour les effets systémiques non cancérogènes, la dose journalière tolérable par voie orale est une estimation de la dose qui peut être absorbée, par ingestion, pendant toute la vie sans risque appréciable pour la santé humaine. Elle s'exprime en milligrammes de substance ingérée par kilogramme de masse corporelle et par jour (mg/kg.j).

➤ Concentration tolérable dans l'air par voie inhalation CT

Pour les effets systémiques non cancérogènes, la concentration tolérable dans l'air par voie inhalation est une estimation de l'exposition par inhalation continue d'une population humaine sans risque appréciable d'effets néfastes durant une exposition chronique. Elle s'exprime en milligrammes de substance inhalée par mètre cube d'air inhalé (mg/m³).

➤ Cancérogénicité

Une substance est dite cancérogène si elle induit des tumeurs (bénignes ou malignes), si elle augmente leur incidence, ou si elle accélère leur apparition. Les substances sont classées selon leur cancérogénicité par le CIRC (Centre International de Recherche sur le Cancer), l'US EPA et l'Union Européenne.

Pour le CIRC, les substances du groupe 1 sont cancérogènes pour l'être humain ; les substances du groupe 2A sont probablement cancérogènes ; les substances du groupe 2B pourraient être cancérogènes ; les substances du groupe 3 ne peuvent être classées quant à leur cancérogénicité pour l'être humain ; les substances du groupe 4 ne sont probablement pas cancérogènes.

Pour l'US EPA, les substances de la classe A sont cancérogènes pour l'être humain ; les substances des classes B1 et B2 sont probablement cancérogènes ; les substances de la classe C sont possiblement cancérogènes ; les substances de la classe D ne peuvent être classées quant à leur cancérogénicité pour l'être humain ; les substances de la classe E présentent des preuves de non cancérogénicité.

Pour l'Union Européenne, les substances de la classe 1 sont cancérogènes pour l'être humain ; les substances de la classe 2 sont assimilées à des substances cancérogènes pour l'être humain ; les substances de la classe 3 sont possiblement cancérogènes pour l'être humain.

➤ Excès de risque unitaire par voie inhalation ERUi

Pour les effets cancérogènes sans seuil, l'excès de risque unitaire par la voie inhalation est la probabilité supplémentaire, par rapport à un sujet non exposé, qu'un individu a de développer l'effet s'il est exposé par la voie inhalation à une unité de dose ou de concentration de la substance considérée pendant sa vie entière. L'excès de risque unitaire par voie inhalation s'exprime comme l'inverse d'une concentration en substance dans l'air (mg/m³)⁻¹.

3.3 CHOIX ENTRE PLUSIEURS VALEURS

Lorsque plusieurs valeurs existent pour un même effet et une durée d'exposition chronique et pour le même groupe de bases de données, *en l'absence d'une analyse critique des différentes VTR*, la valeur la plus pénalisante est choisie *afin de rester conservateur*. Par exemple, pour la voie inhalation:

- dans le cas des effets non cancérogènes, la plus petite valeur de concentration tolérable *CT* est donc retenue ;
- dans le cas des effets cancérogènes, la plus grande valeur d'excès de risque unitaire par inhalation *ERU_i* est donc retenue.

Le degré de sur-conservatisme potentiel ainsi apporté à l'étude n'est pas précisé ici (cf. § 3.5).

3.4 ABSENCE DE VALEUR ET NÉCESSITÉ D'UNE DÉRIVATION

Dans le cas où pour certaines voies d'exposition, les VTR n'existent pas, des valeurs toxicologiques pour ces voies pourront être dérivées des VTR pour d'autres voies, selon les principes suivants (INERIS, 2003):

- en priorité par dérivation d'une valeur subchronique, si elle existe pour la substance et pour la voie considérée, en appliquant un facteur de sécurité de 10 en raison du temps d'exposition non adapté de la valeur subchronique ;
- à défaut pour la voie inhalation, par dérivation voie à voie de la dose journalière tolérable, lorsqu'elle existe pour la voie orale et que des effets adverses communs aux voies orale et inhalation sont connus, selon la relation $CT = DJT_o \times m \times \tau_o / V \times \tau_i$ pour les effets à seuil¹³, avec:

<i>CT</i> : concentration moyenne dans l'air inhalé tolérable	[mg/m ³]
<i>DJT_o</i> : dose journalière tolérable par voie orale	[mg _{ingéré} /kg/j]
<i>τ_o</i> : taux d'absorption par voie orale	[mg _{absorbé} /mg _{ingéré}]
<i>τ_i</i> : taux d'absorption par inhalation	[mg _{absorbé} /mg _{inhalé}]
<i>m</i> : masse corporelle de l'individu	[kg] : Tableau 5
<i>V</i> : volume d'air inhalé par jour	[m ³ /j] : Tableau 5

- Pour la voie contact cutanée, où aucune VTR n'existe, la dérivation voie à voie pour se ramener à une dose orale a été effectuée au niveau de la dose d'exposition, et non de la VTR, ce qui est équivalent. Cette dérivation se rattache donc à l'étape de l'évaluation de l'exposition ou de la quantification des risques. Par souci de continuité de la présentation des dérivations voie-à-voie, nous en présentons la formule ici: $DJE_o = DJE_c / \tau_o$, avec:

<i>DJE_c</i> : dose journalière d'exposition absorbée dans le sang	[mg _{absorbé} /kg/j]
<i>DJE_o</i> : dose journalière d'exposition ("équivalente") par voie orale	[mg _{ingéré} /kg/j]
<i>τ_o</i> : taux d'absorption par voie orale	[mg _{absorbé} /mg _{ingéré}]

Les relations de dérivation voie à voie présentées ici traduisent une hypothèse "moyenne" selon laquelle la même dose absorbée dans le sang par l'une ou l'autre voie produit les mêmes effets, y compris en terme quantitatifs. Cette hypothèse n'est pas validée.

¹³ Pour les effets cancérogènes, la relation s'obtient en remplaçant la valeur toxicologique de l'effet à seuil par l'inverse de l'Excès de Risque Unitaire (ERU).

3. EVALUATION DE LA TOXICITÉ

L'évaluation de la toxicité consiste à :

- identifier le potentiel dangereux de la substance, c'est-à-dire identifier les effets indésirables que cette substance est intrinsèquement capable de provoquer chez l'homme¹²;
- définir la relation dose - effet, c'est-à-dire définir la relation quantitative entre la dose (ou la concentration inhalée) et l'incidence de l'effet délétère. Cette relation est traduite par la Valeur Toxicologique de Référence (VTR).

3.1 ORGANISMES CONSULTÉS

Les organismes internationaux suivants ont été consultés ici pour la recherche des VTR:

- WHO / OMS (*World Health Organisation / Organisation Mondiale de la Santé*);
- US EPA (*United States Environmental Protection Agency*), notamment à travers la base de données IRIS (*Integrated Risk Information System*) de l'US EPA;
- ATSDR (*Agency for Toxic Substances and Disease Registry*);
- RIVM (*Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu*);
- OEHHA (*Office of Environmental Health Hazard Assessment*);
- Santé Canada.

Conformément à la pratique d'évaluation des risques sanitaires en vigueur à l'INERIS en 2004, les VTR issues de l'OMS, de l'ATSDR et de l'US EPA ont été privilégiées. Pour une substance donnée, une voie donnée et un effet (à seuil ou sans seuil) donné, si aucun de ces trois organismes ne propose de VTR, alors les autres organismes cités ci-avant ont été consultés.

3.2 CONVENTION SUR LES NOTATIONS, CONCEPTS

Les six organismes ci-dessus n'adoptent pas les mêmes notations pour représenter les valeurs toxicologiques de référence, qu'ils s'agissent des effets non cancérigènes par inhalation (*MRL, CA, RfC, RELi, TC* ou *TCA*), des effets non cancérigènes par voie orale (*MRL, DJA, RfD, RELo, TDI*) ou des effets cancérigènes par inhalation (*ERUi, CT_{0,05}, UR* ou *URF*).

Pour simplifier la lecture de ce document, le même acronyme sera utilisé pour toutes les bases de données. Il sera ainsi question de :

- concentration tolérable *CT* pour désigner les valeurs toxicologiques de référence pour les effets non cancérigènes par inhalation ;
- dose journalière tolérable *DJT* pour désigner les valeurs toxicologiques de référence pour les effets non cancérigènes par voie orale ;
- excès de risque unitaire *ERUi* pour désigner les valeurs toxicologiques de référence pour les effets cancérigènes par inhalation.

¹² Ces informations peuvent mettre en évidence si plusieurs substances considérées ont des effets communs sur des organes cibles communs, induits par les mêmes mécanismes d'action. Cela peut s'avérer nécessaire lors de la quantification du risque, pour décider du cumul ou non des risques liés aux différentes substances à seuil.

En outre, pour une dérivation de VT depuis la voie orale ou de dose vers la voie orale, il serait logique, d'un point de vue toxicologique, d'utiliser le taux d'absorption par voie orale correspondant au test toxicologique pris en référence pour la VTR: par exemple pour une VTR obtenue par ingestion par une souris du polluant en solution, c'est le taux d'absorption par voie orale pour ce mode d'administration et pour cet animal qui devrait être pris en compte pour traduire effectivement la dose par voie orale en dose absorbée dans le sang. Dans l'application des formules ci-dessous pourtant, la dérivation ne remonte pas aux données toxicologiques de départ, ce qui aurait consisté à construire une VTR en dose absorbée dans le sang, mais considère pour l'homme la VTR "voie orale" comme un point de départ "acquis", conventionne, et applique ensuite le taux d'absorption par voie orale pour l'homme (ou sa meilleure estimation disponible)¹⁴.

Les concentrations tolérables dans l'air qui sont estimées par dérivation ne sont pas considérées comme des valeurs toxicologiques de référence (VTR), dans la mesure où les instituts spécialisés dans l'établissement de telles VTR n'ont pas souhaité recourir par eux-mêmes à de telles dérivations. Néanmoins, ces estimations sont réalisées dans l'objectif de rester conservatoire en proposant une valeur, la plus pertinente possible compte tenu des informations disponibles. De même, l'équivalence des doses journalières d'exposition ("équivalentes") par voie orale dérivées pour le contact cutané n'est pas établie.

3.5 MISE EN ŒUVRE PRATIQUE

La feuille de calcul reproduite en Annexe 2 rapporte les VTR, les taux d'absorption, et (en italique) les concentrations tolérables dans l'air qui sont estimées par dérivation.

Dans le cadre restreint de cet exercice, seuls les effets liés aux VTR retenues seront cités. Cela ne vaut pas inventaire des effets. En outre, la mise en œuvre du choix des Valeurs Toxicologiques de Référence n'est pas détaillée ici. *C'est pourquoi le degré de sur-conservatisme potentiel associé à la pratique du choix de la VTR la plus pénalisante au sein d'un groupe de bases de données de même rang n'est pas précisé ici.* Les VTR utilisées et les effets sanitaires corrélés ainsi relevés sont reportés dans le Tableau 7 ci-après.

¹⁴ Les deux taux d'absorption par voie orale -pour l'homme ou pour le sujet du test toxicologique- peuvent coïncider, par ex. sur le mercure chlorique (homme et souris), et naturellement si les données toxicologiques sont issues de sujets humains.

Substance	Voie	Effets	VTR
Cadmium (Cd)	Inhalation	Effets rénaux (homme, OMS, 2000)	$VG = 5.10^{-3} \mu\text{g}/\text{m}^3$
		Cancer du poumon (homme, IRIS, 1992)	$ERU_i = 1,8.10^{-3} (\mu\text{g}/\text{m}^3)^{-1}$
	Ingestion	Effets rénaux (homme, ATSDR, 1999)	$MRL = 2.10^{-4} \text{mg}/\text{kg}.\text{j}$
Mercure Hg ²⁺ inorganique	Ingestion	Effet auto immunitaire (rat, subchronique, IRIS)	$RfD = 3.10^{-4} \text{mg}/\text{kg}.\text{j}$
Arsenic (As)	Inhalation	Effets respiratoires (homme, RIVM, 2001)	$TCA = 1 \mu\text{g}/\text{m}^3$
		Cancer du poumon (homme, IRIS, 1998)	$ERU_i = 4,3.10^{-3} (\mu\text{g}/\text{m}^3)^{-1}$
	Ingestion	Hyper-pigmentation, kératose (homme, IRIS, 1993) Cancer de la peau (homme, IRIS, 1998)	$RfD = 3.10^{-4} \text{mg}/\text{kg}.\text{j}$ $ERU_o = 1,5 (\text{mg}/\text{kg}.\text{j})^{-1}$
Cuivre (Cu)	Inhalation	Effets sur les poumons (homme, RIVM, 2001)	$TCA = 1 \mu\text{g}/\text{m}^3$
	Ingestion	Pas d'effets spécifiques corrélés (souris, RIVM, 2001)	$DJT = 0,14 \text{mg}/\text{kg}.\text{j}$
Nickel (Ni)	Inhalation	<u>Monoxyde de Ni</u> : Atteintes pulmonaires (rat, Santé Canada, 1994)	$VTR = 0,02 \mu\text{g}/\text{m}^3$
		<u>Ni poussières de raffinage</u> : Cancer du poumon (homme, OMS, 1999)	$ERU_i = 3,8.10^{-4} (\mu\text{g}/\text{m}^3)^{-1}$
	Ingestion	<u>Sels solubles de nickel</u> : Perte de poids (rat, IRIS, 1996)	$RfD = 2.10^{-2} \text{mg}/\text{kg}.\text{j}$
Plomb (Pb)	Inhalation	Plombémie : limite à 100 $\mu\text{g}/\text{L}$ (homme, OMS, 2000)	$VG = 0,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$
	Ingestion	Troubles du développement (homme, JECFA, 1996)	$TDI = 3,5.10^{-3} \text{mg}/\text{kg}.\text{j}$
Zinc (Zn)	Ingestion	Anémie (homme, IRIS, 1992)	$RfD = 0,3 \text{mg}/\text{kg}.\text{j}$
Argent (Ag)	Ingestion	Pigmentation de la peau (homme, administration intraveineuse de d'arsphenamine d'argent)	$RfD = 5.10^{-3} \text{mg}/\text{kg}.\text{j}$
Antimoine (Sb)	Inhalation	<u>Trioxyle d'antimoine</u> : Inflammation des poumons (rat, IRIS, 1995)	$RfC = 0,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$
	Ingestion	Effets sur le sang (rat, IRIS, 1991)	$RfD = 4.10^{-4} \text{mg}/\text{kg}.\text{j}$
Chrome (Cr III)	Ingestion	Pas d'effets observés (IRIS)	$RfD = 1,5 \text{mg}/\text{kg}.\text{j}$
Cobalt (Co)	Inhalation	Effets respiratoires (homme, OMS, 2000)	$VG = 0,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$
	Ingestion	Troubles hématologiques (homme, ATSDR, 2001)	$MRL = 0,01 \text{mg}/\text{kg}.\text{j}$
Etain (Sn)	Ingestion	Troubles gastriques (homme, JECFA, 1989)	$TDI = 2 \text{mg}/\text{kg}.\text{j}$
Manganèse (Mn)	Inhalation	Effets neuro-comportementaux (homme, ATSDR, 2000)	$MRL = 0,04 \mu\text{g}/\text{m}^3$
	Ingestion	Atteintes neurologiques (homme, IRIS, 1996)	$RfD = 1,4.10^{-1} \text{mg}/\text{kg}.\text{j}$
Sélénium (Se)	Ingestion	Sélénose (homme, IRIS, 1991)	$RfD = 5.10^{-3} \text{mg}/\text{kg}.\text{j}$
Vanadium (V)	Inhalation	<u>Pentoxyle de vanadium</u> : Effets respiratoires (homme, OMS, 2000)	$VG = 1 \mu\text{g}/\text{m}^3$
	Ingestion	Diminution des teneurs en cystine (rat, IRIS, 1996)	$RfD = 9.10^{-3} \text{mg}/\text{kg}.\text{j}$
Dioxines (PCDD/PCDF)	Ingestion	Effets tératogènes et fœtotoxiques (homme, OMS, 1998 et CSHPF, 1999)	$TDI = 1 \text{pg I-TEQ}/\text{kg}.\text{j}$
		Cancer de sites multiples (homme, US-EPA, 2000) ; <i>provisoire</i>	$ERU_o = 10^{-3} (\text{pg I-TEQ}/\text{kg}.\text{j})^{-1}$
Naphtalène	Inhalation	Altérations nasales (IRIS)	$RfC = 3 \mu\text{g}/\text{m}^3$
	Ingestion	perte de poids (IRIS)	$RfD = 2.10^{-2} \text{mg}/\text{kg}.\text{j}$
BaP	Inhalation	OEHHA (INERIS, 2003d)	$ERU_i = 1,1.10^{-3} (\mu\text{g}/\text{m}^3)^{-1}$
	Ingestion	RIVM (INERIS, 2003d)	$ERU_o = 0,2 (\text{mg}/\text{kg}.\text{j})^{-1}$

Tableau 7 : Toxicité des substances considérées

Les VTR utilisées et les effets sanitaires corrélés ne sont pas différenciés vis-à-vis de la spéciation des métaux ou du mode d'administration pour chaque voie: elles se rapportent à une forme particulière et à un mode d'administration particulier. Par exemple, la VTR pour la voie orale peut avoir été obtenue à partir d'une administration orale sous forme solide (chrome), sous forme soluble (arsenic, nickel), voire sous forme d'une administration intraveineuse d'un composé particulier (argent). Certaines spéciations pour lesquelles des VTR ont été retenues ne sont pas forcément pertinentes pour le bruit de fond dans les sols. Par exemple le Pentoxyle de vanadium comme représentant du vanadium pour la VTR inhalation. Ou pour le mercure, le choix de la forme inorganique alors que le

mercure dans les aliments (bol alimentaire et autoproduits) peut se transformer partiellement en forme organique.

*La bioaccessibilité depuis les sols pour l'organisme par voie orale sera a priori très différente de celle du mode d'administration ayant servi à l'élaboration de la VTR. La validité des VTR pour évaluer le risque associé à l'ingestion des sols apparaît donc des plus incertaines. L'évaluation se fait a priori dans un sens très conservatoire. Il en résulte en particulier une **surestimation des risques calculés par ingestion de sol et de végétaux chargés en dépôts de poussières**. L'incertitude associée n'est pas connue. Pour le plomb par exemple, elle peut aller jusqu'à une surestimation d'un facteur 10 environ, mais également nettement moindre, suivant ses spéciations.*

Il en va de même pour l'inhalation de poussières de sol. Ainsi, pour le nickel, la VTR pour l'effet cancérigène correspond au nickel présent dans des poussières de raffinerie, et non dans des poussières de sol typiques.

Parmi les huit substances considérées par l'élaboration de critères génériques, la dérivation voie à voie de VTR orale à l'inhalation a concerné le mercure chlorique, le zinc et l'argent. Pour les autres substances du site non impacté, cette pratique n'a été appliquée qu'à la dioxine. Le contrôle préalable de la pertinence de la dérivation n'a pas été effectué dans le cadre restreint de la présente étude pour ces trois substances¹⁵, ce qui peut aboutir à une évaluation sur-conservatoire de la voie l'inhalation.

Les valeurs des taux d'absorption par voie orale τ_o et par voie inhalation τ_i ont été recherchées dans les fiches de données toxicologiques et environnementales des substances chimiques de l'INERIS.

Quand une gamme de valeurs était indiquée, la valeur la plus pénalisante a été retenue, c'est-à-dire la plus basse pour τ_o et la plus élevée pour τ_i , par exemple 7% pour le mercure inorganique pour la voie orale, au sein de la gamme de 7 à 15%.

Si les valeurs des taux d'absorption τ_o ou τ_i ne sont pas connues, alors par défaut elles sont prises égales entre elles. Cela correspond à une hypothèse "moyenne" d'égale absorption par les deux voies. Cette hypothèse n'est en aucun cas validée ou supposée exacte. L'incertitude associée, qui s'ajoute à celle liée à la dérivation voie-à-voie, est inconnue. Ce cas a été rencontré dans le présent exercice pour le zinc et l'argent.

Quelques compléments sont introduits par rapport aux fiches de données toxicologiques et environnementales des substances chimiques de l'INERIS, pour le mercure inorganique:

- L'absorption gastro-intestinale du mercure inorganique a été approximée entre 7 et 15% d'après des études sur des volontaires humains [Sin 1983, OMS

¹⁵ Sauf les dioxines et le cadmium: les effets toxiques des dioxines pour la santé humaine sont classiquement considérés cumulables entre des expositions par ingestion et par inhalation; la VTR pour l'effet cancérigène par inhalation du cadmium n'a pas été extrapolée à la voie orale, l'US EPA classant le cadmium en catégorie D (non cancérigène) pour la voie orale.

1977, US EPA 1997]. La valeur basse de 7% retenue correspond à la recommandation de la fiche IRIS de l'US EPA et du *Draft* sur l'absorption cutanée de l'US EPA (2001) pour le mercure inorganique.

- Très peu de données sur l'absorption du mercure inorganique par inhalation sont disponibles (les composés mercuriels inorganiques sont peu volatiles). De plus les informations disponibles ne sont pas toujours très concordantes. Une étude sur des chiens exposés à des aérosols de composés mercuriels (HgO) donne un taux d'absorption par inhalation de 40% [US EPA, 1997b]. Mais les résultats de cette étude n'ont pas été confirmés par d'autres. L'applicabilité de cette valeur pour le mercure chlorure et l'homme apparaît très incertaine. Elle a pourtant été retenue car:
 - supposée plus réaliste qu'un taux d'absorption par inhalation de 100%;
 - s'inscrivant dans une démarche plus conservatoire que la prise en compte d'une absence de taux d'absorption par inhalation (qui conduirait à retenir le même taux de 7% que pour la voie orale).

In fine, sur les cinq substances concernées par cette dérivation, l'inhalation de poussières n'intervient pas significativement dans le risque évalué pour les scénarios considérés.

Pour la dérivation voie à voie de la dose absorbée dans le sang (par absorption cutanée), en dose équivalente administrée par ingestion, la valeur de 100% appliquée par défaut pour le taux d'absorption τ_o n'est pas conservatoire, sauf pour l'argent: elle tend à minimiser la dose équivalente administrée par ingestion. Elle est pourtant appliquée faute de valeur disponible. La sous-estimation associée du risque est inconnue: elle ne sera que de 5% environ si le taux d'absorption effectif par voie orale était de 95%, mais d'un facteur 20 si ce taux est de 5%. Cette surestimation pourra toutefois contrebalancer (en partie) la très vraisemblable surestimation des taux d'absorption cutanés appliqués dans le calcul de la dose absorbée dans le sang (cf. § 2.4). Pour l'argent, un taux de 100% est en plein accord avec la VTR voie orale de l'US EPA qui, compte-tenu du mode d'administration (injection intraveineuse), est en fait une VTR en dose absorbée dans le sang.

In fine, pour les huit substances considérées pour le contact cutané, cette voie n'intervient pas de façon significative dans le risque évalué.

Dioxines et furannes : L'OMS considère que les cancérigènes non génotoxiques comme les dioxines ont un mécanisme d'action toxique identique aux substances non cancérigènes, c'est à dire avec un seuil d'effet. L'US-EPA, dans un rapport provisoire [US-EPA, 2000], considère une approche sans seuil pour tous les cancérigènes : cela explique la différence d'approche entre les deux organismes pour les dioxines qui sont des cancérigènes non génotoxiques. Seule la valeur OMS est officielle à ce jour. L'excès de risque unitaire pour l'ingestion a récemment changé: ERUo de 10^{-3} (pgI-TEQ/kg.j) $^{-1}$ au lieu de 5.10^{-3} (pgI-TEQ/kg.j) $^{-1}$ devient ERUo = 10^{-3} (pgI-TEQ/kg.j) $^{-1}$.

Annexe 2

Données d'entrée pour les substances et les sources

Paramètre	Symbole	Unité	Cadmium (Cd)	Mercurure Hg2+	Arsenic (As)	Antimoine (Sb)	Chrome (Cr III)	Cobalt (Co)	Cuivre (Cu)	Etain (Sn)	Manganèse (Mn)	Nickel (Ni)	Plomb (Pb)	Sélénium (Se)	Vanadium (V)	Zinc (Zn)	Argent (Ag)	Dioxines (PCDD/PCDF)	Naphtalène	BaP
Relation dose-effet (VT dérivées en italique)																				
Effets à seuil, ingestion																				
Dose de référence, ingestion	DJT	mg/kg/j	2.0E-4	3.0E-4	3.0E-4	4.0E-4	1.5E+0	0.01	0.14	2	1.4E-1	2.0E-2	3.5E-3	5.0E-3	9.0E-3	0.3	5.0E-3	1E-09	0.02	
Nom de la VTR (source)			MRL	RFD IRIS	RfD	RfD	RfD	MRL	DJT	TDI	RfD	RfD	TDI	RfD	RfD	RfD	RfD	TDI	RfD	
Effets à seuil, inhalation																				
concentration de référence, inhalation, enfant	CT	µg/m3	5.0E-3	0.10	1	0.2		0.1	1		0.04	0.02	0.5		1	592	10	2.0E-6	3	
concentration de référence, inhalation, adulte	CT	µg/m3	5.0E-3	0.18	1	0.2		0.1	1		0.04	0.02	0.5		1	1050	18	3.5E-6	3	
Nom de la VTR (source)			VG		TCA	RIC		VG	TCA		MRL	VTR Ca	VG		VG				IRIS	
Effets cancérigène, ingestion																				
Excès de risque unitaire, ingestion	ERUo	(mg/kg.)-1			1.5													1.0E+6		0.2
Source					IRIS													US-EPA, 2000		RIVM
Effets cancérigène, inhalation																				
Excès de risque unitaire, inhalation, enfant	ERUi	(µg/m3)-1	1.8E-3		4.3E-3							3.8E-4							5.1E+2	1.1E-3
Excès de risque unitaire, inhalation, adulte	ERUi	(µg/m3)-1	1.8E-3		4.3E-3							3.8E-4							2.9E+2	1.1E-3
Source			IRIS		IRIS							OMS								OEHTA
Taux et vitesses d'absorption pour l'homme																				
Vitesse d'absorption cutanée à partir de la matrice sol	TAc	% (mg _{abs} /mg _{peau})/24h	1.5	3.6	4.5				1			1	1			1	1			
Taux d'absorption orale, enfant (en italique si par défaut = ingestion)	TAo,e	% (mg _{abs} /mg _{ing})	5	7	95				100			100	20			8	100	100		
Taux d'absorption orale, adulte (en italique si par défaut = ingestion)	TAo,a	% (mg _{abs} /mg _{ing})	5	7	95				100			100	10			8	100	100		
Taux d'absorption par inhalation (en italique si par défaut = ingestion)	TAi	% (mg _{abs} /mg _{inh})		40												8	100	100		
Données physico-chimiques																				
Fraction gazeuse dans l'air		(mg gaz/mg tot)		0															6.0E-1	
Facteurs de bioconcentration du sol aux plantes																				
	BCF frais	(µg/kg mf)/(µg/kgms)	IPSN,20	IPSN,200	IPSN,20	IPSN,20	IPSN,20	IPSN,20	IPSN,20	IPSN,20	IPSN,20	IPSN,20	IPSN,20	IPSN,19	IPSN,200	IPSN,200			Ineris,2003	
légume feuille			3.0E-1	3.0E-1	8.0E-2	1.0E-5	1.2E-2	1.7E-2	8.0E-1	1.0E-1	4.1E-2	1.0E-2	1.3E-1	1.0E+0	2.0E-3	2.8E-1			2.8E-1	
légume fruit			3.0E-1	3.0E-1	5.0E-1	4.8E-6	1.0E-2	7.5E-3	5.0E-2	2.5E-3	4.8E-2	2.6E-2	4.0E-1	1.3E+0	2.0E-3	1.8E-1			2.8E-1	
légume racine			3.0E-1	3.0E-1	8.0E-2	5.0E-5	1.0E-2	1.3E-2	5.0E-2	6.0E-2	1.5E-2	1.0E-2	1.3E-1	1.0E+0	2.0E-3	7.4E-2			7.1E-2	
fruit			3.0E-1	3.0E-1	5.0E-1	4.8E-6	1.0E-2	7.5E-3	5.0E-2	2.5E-3	4.8E-2	2.6E-2	4.0E-1	1.3E+0	2.0E-3	1.8E-1			2.8E-1	
herbe			3.0E-1	3.0E-1	5.0E-1	1.0E-2	1.0E-2	3.2E-3	5.0E-2	2.0E-1	2.6E-1	3.7E-2	1.8E+0	1.0E+0	2.0E-3	1.1E+0			2.8E-1	
grain			3.0E-1	3.0E-1	8.0E-2	1.0E-2	1.0E-2	2.2E-4	5.0E-2	2.0E-1	4.9E-1	2.6E-2	1.2E-2	1.0E+0	2.0E-3	1.1E+0			2.8E-1	
Facteur de biotransfert air - plante																				
	BCF frais	(µg/kg mf)/(µg/m3)																		
légume feuille																				1.5E+4
légume fruit																				1.5E+4
légume racine																				sans objet
fruit																				1.5E+4
herbe																				1.5E+4
grain																				sans objet
Facteur de biotransfert vers les herbivores																				
			IPSN,20	IPSN,200	IPSN,20	IPSN,20	IPSN,20	IPSN,20	IPSN,20	IPSN,20	IPSN,20	IPSN,20	IPSN,20	IPSN,19	IPSN,200	IPSN,200			Ineris,2003	
Facteur de biotransfert vers le lait	Blait	(mg/L)/(mg/l)	1.0E-3	1.0E-3	6.0E-3	1.0E-4	2.0E-3	2.0E-3	2.0E-3	1.2E-3	1.0E-4	1.0E-2	2.0E-2	4.0E-3	5.0E-4	1.0E-2			1.0E-2	
Facteur de biotransfert vers les oeufs	Boeuf	(mg/kg)/(mg/l)	2.0E-2	9.9E-4	2.0E-2	9.2E-4	3.0E-2	1.0E-3	5.0E-1	9.9E-4	7.0E-2	4.0E-1	1.2E+0	9.0E+0	1.0E-2	3.0E+0			8.1E+0	
Facteur de biotransfert vers le boeuf		(mg/kgfrais)/(mg/l)	1.6E-2	1.6E-3	2.0E-2	1.0E-3	3.0E-2	1.0E-3	1.0E-2	9.9E-4	5.0E-4	5.0E-3	1.0E-2	4.0E-2	1.0E-2	2.0E-3			7.8E-2	
Facteurs de bioconcentration du sol aux plantes, pour comparaison																				
légume feuille (CSOIL, van den Berg, 1994)	BCF sec	(µg/kg ms)/(µg/kgms)	1.5E-1	1.5E-2	1.5E-2				1.0E-1			7.0E-2	1.0E-3			1.0E-1				
légume racine (CSOIL, van den Berg, 1994)	BCF sec	(µg/kg ms)/(µg/kgms)	7.0E-1	3.0E-2	3.0E-2				1.0E-1			1.0E-1	3.0E-2			4.0E-1				
Limite haute de l'intervalle de Sauerbeck (1988)	BCF sec	(µg/kg ms)/(µg/kgms)	1.0E+1	1.0E-1	1.0E-1				1.0E+0			1.0E+0	1.0E-1			1.0E+1				
légume feuille (CSOIL, van den Berg, 1994)	BCF frais	(µg/kg mf)/(µg/kgms)	3.0E-2	3.0E-3	3.0E-3				2.0E-2			1.4E-2	2.0E-4			2.0E-2				
légume fruit (CSOIL, van den Berg, 1994)	BCF frais	(µg/kg mf)/(µg/kgms)	1.4E-1	6.0E-3	6.0E-3				2.0E-2			2.0E-2	6.0E-3			8.0E-2				
Limite haute de l'intervalle de Sauerbeck (1988)	BCF frais	(µg/kg mf)/(µg/kgms)	2.0E+0	2.0E-2	2.0E-2				2.0E-1			2.0E-1	2.0E-2			2.0E+0				
Rapport IPSN / CSOIL, légume feuille	-		10	100	27				40			0.7	650			1.4E+1				
Rapport IPSN / CSOIL, légume racine	-		2	50	13				2.5			0.5	22			9.3E-1				
Rapport IPSN / Limite haute de l'intervalle de Sauerbeck, légume feuille	-		0.15	15	4				4			0.05	6.5			0.14				
Rapport IPSN / Limite haute de l'intervalle de Sauerbeck, légume racine	-		0.15	15	4				0.25			0.05	6.5			0.037				

Paramètre	Symbole	Unité	Cadmium (Cd)	Mercurure Hg2+	Arsenic (As)	Antimoine (Sb)	Chromé (Cr III)	Cobalt (Co)	Cuivre (Cu)	Etain (Sn)	Manganèse (Mn)	Nickel (Ni)	Plomb (Pb)	Sélénium (Se)	Vanadium (V)	Zinc (Zn)	Argent (Ag)	Dioxines (PCDD/P CDF)	Naphtalène	BaP
Concentration dans les sols			Ici, concentration courante dans les sols, borne haute																	
Csol-legume (dans 30 cm)	Cs 0-30	mg/kg	0.8	0.3	29		134	33.5	36	10	850	35	40		200	140	10	3.1E-7	0.0E+0	0.22
Csol-jeu (dans 1cm)	Cs 0-1	mg/kg	0.8	0.3	29		134	33.5	36	10	850	35	40		200	140	10	3.1E-7	0.0E+0	0.22
Concentrations mesurée dans l'air																				
Rural	(par défaut=banlieue)		Rural	Rural	Rural	Rural	Rural	Rural	Rural	Rural	Rural	Rural	Rural	Rural	Rural	Rural	Rural	Rural	Rural	Rural
Concentration mesurée dans l'air ext	Cair ext	µg/m3	3.0E-3	1.4E-3								1.0E-3						1.5E-8	3.26	1.5E-5
Concentration mesurée dans l'air int	Cair int	µg/m3																	3.26	3 ét. F
Source			INERIS, 2002a: 1 à 5 ng/m3									HSDB: 0,01-3ng/m3								
Banlieue	(par défaut=ville)		Banlieue	Banlieue	Banlieue	Banlieue	Banlieue	Banlieue	Banlieue	Banlieue	Banlieue	Banlieue	Banlieue	Banlieue	Banlieue	Banlieue	Banlieue	Banlieue	Banlieue	Banlieue
Concentration mesurée dans l'air ext	Cair ext	µg/m3	1.0E-2	1.4E-3	1.0E-3	0	0	0	0	0	0	5.0E-3	2.5E-2	0	0	0	0	1.5E-8	0.9	1.0E-4
Concentration mesurée dans l'air int	Cair int	µg/m3																	3.26	
Source																				
Ville			Ville	Ville	Ville	Ville	Ville	Ville	Ville	Ville	Ville	Ville	Ville	Ville	Ville	Ville	Ville	Ville	Ville	Ville
Concentration mesurée dans l'air ext	Cair ext	µg/m3	1.0E-2	1.4E-3	1.0E-3							5.0E-3	2.5E-2					1.5E-8	0.9	1.0E-4
Concentration mesurée dans l'air int	Cair int	µg/m3																	3.26	
Source			INERIS, 2002a	Marlière, 2002	3 ét. F							3 ét. F	3 ét. F					GT GIC	INERIS, 2002b	hsdb, Versch
Bol alimentaire (hors eau), sans autoconsommation																				
Dose par aliments hors site, sans autoconsommation	DJE x P	µg/j	Enfant 10	Enfant 6.5	Enfant	Enfant 50	Enfant	Enfant	Enfant 1100	Enfant	Enfant 1500	Enfant	Enfant 18.5	Enfant 85	Enfant	Enfant 8500	Enfant 8500	Enfant 6.5E-7	Enfant	Enfant
Dose par aliments hors site, sans autoconsommation	DJE x P	µg/j	Adulte 20	Adulte 13	Adulte	Adulte 100	Adulte	Adulte	Adulte 2200	Adulte	Adulte 3000	Adulte	Adulte 37	Adulte 170	Adulte	Adulte 17000	Adulte 17000	Adulte 1.3E-6	Adulte	Adulte
Source			INERIS, 2002a	CCME, 1995, Hg tot		CCME, 1995			CCME, 1995		CCME, 1995		INERIS	CCME, 1995		CCME, 1995	CCME, 1995	CCME, 1995		
Teneurs dans eau buée (teneurs nappes usuelles)	Cdw	µg/l	0		0		5	0	1		23.5		0			3	0			0
Source: exploitation données BRGM sur quelques nappes			3 ét. F: 3 études françaises: AP, 2003, OM, 2002, LA, 2000. Les mesures sont ici supposées sur poussières, selon la pratique usuelle.																	
			GT GIC: INERIS, 2003a																	

Annexe 3

Données d'entrée pour les différents scénarios

Titre			Ferme Ebf		Banlieue Ebf		Ville Ebf		Ferme		RPotager		RPelouse		IndDécouvert	
Scénario			Sédentaires sur ferme + Ebf		Sédentaires sur maison avec potager + Ebf		Sédentaires sur maison avec jardin sans potager + Ebf		Sédentaires sur ferme		Sédentaires sur maison avec potager		Sédentaires sur maison avec jardin sans potager		Employé 1/2 ext. sur ind., sol non couvert	
(Ebf: exposition de bruit de fond)																
Paramètre	Symbole	Unité	Enfant	Adulte	Enfant	Adulte	Enfant	Adulte	Enfant	Adulte	Enfant	Adulte	Enfant	Adulte	Enfant	Adulte
Prise en compte de l'exposition de bruit de fond? (pour aliments et teneur air)			VRAI	VRAI	VRAI	VRAI	VRAI	VRAI	FAUX	FAUX	FAUX	FAUX	FAUX	FAUX	FAUX	FAUX
Source découverte sur site ou à proximité? (pour teneur dans air)			VRAI	VRAI	VRAI	VRAI	VRAI	VRAI	VRAI	VRAI	VRAI	VRAI	VRAI	VRAI	VRAI	VRAI
Zone pour teneurs de bruit de fond mesurées dans l'air (si pertinent)			Rural	Rural	Banlieue	Banlieue	Ville	Ville								
Code zone pour teneurs de bruit de fond mesurées dans l'air (si pertinent)			1	1	2	2	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0
Poids	P	kg	15	70	15	70	15	70	15	70	15	70	15	70	15	70
Volume inhalé	V	m3/j	7.6	20	7.6	20	7.6	20	7.6	20	7.6	20	7.6	20	7.6	20
Quantité d'eau bue par jour	Qdw	L/j	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
Rythme d'ingestion de sol et poussières de la source	Qsol	mg/j _{plein}	150	160	150	50	150	10	150	160	150	50	150	10	0	50
Surface corporelle totale (Van den Berg, 1994)	At	m2	0.95	1.8	0.95	1.8	0.95	1.8	0.95	1.8	0.95	1.8	0.95	1.8	0.95	1.8
Surface corporelle totale	S	m2	0.95	1.8	0.95	1.8	0.95	1.8	0.95	1.8	0.95	1.8	0.95	1.8	0.95	1.8
Surface des mains	Am	m2	0.03	0.09	0.03	0.09	0.03	0.09	0.03	0.09	0.03	0.09	0.03	0.09	0.03	0.09
Surface des bras et des mains	Abm	m2	0.1	0.34	0.1	0.34	0.1	0.34	0.1	0.34	0.1	0.34	0.1	0.34	0.1	0.34
Surface des avant bras et des mains	Aam	m2		0.17		0.17		0.17		0.17		0.17		0.17		0.17
Surface des jambes et des pieds	Ajp	m2	0.18	0.55	0.18	0.55	0.18	0.55	0.18	0.55	0.18	0.55	0.18	0.55	0.18	0.55
Surface corporelle exposée à l'extérieur	Aexp	m2	0.085	0.27	0.085	0.27	0.085	0.27	0.085	0.27	0.085	0.27	0.085	0.27	0.085	0.27
Surface corporelle exposée à l'intérieur	Aint	m2	0.085	0.27	0.085	0.27	0.085	0.27	0.085	0.27	0.085	0.27	0.085	0.27	0.085	0.27
Masse de sol adhérent à la peau à l'extérieur	Q s,p	mg/cm2	0.51	0.4	0.51	0.3	0.51	0.06	0.51	0.4	0.51	0.3	0.51	0.06	0	0.3
Masse de sol adhérent à la peau à l'intérieur	Q s,p	mg/cm2	0.056	0.056	0.056	0.056	0.056	0.056	0.056	0.056	0.056	0.056	0.056	0.056	0	0.056
Masse de sol de la source adhérent à la peau à l'extér	Q s,p	mg/cm2	0.51	0.4	0.51	0.3	0.51	0.06	0.51	0.4	0.51	0.3	0.51	0.06	0	0.3
Masse de sol de la source adhérent à la peau à l'intéri	Q s,p	mg/cm2	0.056	0.056	0.056	0.056	0.056	0.056	0.056	0.056	0.056	0.056	0.056	0.056	0	0.056
Autoconsommation	lait		100		0		0		100		0		0		0	
% autoconsommation	viande		100		4.5		0		100		4.5		0		0	
	œufs		100		17		0		100		17		0		0	
Autoconsommation de légume feuille	Qlégume feuille	g/j	38	85	15	35	0	0	38	85	15	35	0	0	0	0
Autoconsommation de légume fruit	Qlégume fruit	g/j	27	67	9.7	26	0	0	27	67	9.7	26	0	0	0	0
Autoconsommation de légume racine	Qlégume racine	g/j	105	169	36.6	59	0	0	105	169	36.6	59	0	0	0	0
Autoconsommation de fruit	Qfruit	g/j	68	126	8	15	0	0	68	126	8	15	0	0	0	0
Autoconsommation de lait	Qlait	L/j	0.247	0.12	0	0	0	0	0.247	0.12	0	0	0	0	0	0
Autoconsommation de viande	Qviande bœuf	g/j	34	60	1.53	2.7	0	0	34	60	1.53	2.7	0	0	0	0
Autoconsommation d'œufs	Qœuf	g/j	9	19	1.53	3.23	0	0	9	19	1.53	3.23	0	0	0	0
Somme autoconsommation hors lait	Q auto	g/j	281	526	72	141	0	0	281	526	72	141	0	0	0	0
Somme consommation hors lait	Q total	g/j	281	526	281	526	281	526	281	526	281	526	281	526	281	526
% moyen autoconsommation (hors lait)		%	100	100	25.8	26.8	0	0	100	100	25.8	26.8	0	0	0	0
Durée d'exposition	DE	année	6	64	6	64	6	64	6	64	6	64	6	64	0	40
Fréquence de présence sur place pour ingest° sol	F	j/an	365	365	365	365	365	365	365	365	365	365	365	365	0	220
Fréquence de consommation d'aliments sur place	F	j/j	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Fréquence d'exposition en int./ext., inhalation			hiver		hiver		hiver		hiver		hiver		hiver		hiver	
Fréquence d'exposition air ext	FEM ext	h/j	1h - 7j/7	8h - 5j/7 4h - 2j/7	1h - 7j/7	1h - 7j/7	1h - 7j/7	1h - 7j/7	1h - 7j/7	8h - 5j/7 4h - 2j/7	1h - 7j/7	1h - 7j/7	1h - 7j/7	1h - 7j/7	0	4h/j 220 j/an
Fréquence d'exposition air int	FEM int	h/j	23h - 7j/7	16h - 5j/7 20h - 2j/7	23h - 7j/7	23h - 7j/7	23h - 7j/7	23h - 7j/7	23h - 7j/7	16h - 5j/7 20h - 2j/7	23h - 7j/7	23h - 7j/7	23h - 7j/7	23h - 7j/7	0	4h/j 220 j/an
Fréquence d'exposition air ext	FEM ext	h/j	été		été		été		été		été		été		été	
Fréquence d'exposition air int	FEM int	h/j	5h - 7j/7	10h - 7j/7	4h - 7j/7	3h - 5j/7 12h - 2j/7	4h - 7j/7	3h - 5j/7 12h - 2j/7	5h - 7j/7	10h - 7j/7	4h - 7j/7	3h - 5j/7 12h - 2j/7	4h - 7j/7	3h - 5j/7 12h - 2j/7	0	4h/j 220 j/an
Fréquence d'exposition air int	FEM int	h/j	19h - 7j/7	14h - 7j/7	20h - 7j/7	21h - 5j/7 12h - 2j/7	20h - 7j/7	21h - 5j/7 12h - 2j/7	19h - 7j/7	14h - 7j/7	20h - 7j/7	21h - 5j/7 12h - 2j/7	20h - 7j/7	21h - 5j/7 12h - 2j/7	0	4h/j 220 j/an
Durée journalière d'exposition air ext	FEM ext	h/j	moyenne annuelle		moyenne annuelle		moyenne annuelle		moyenne annuelle		moyenne annuelle		moyenne annuelle		moyenne annuelle	
Durée journalière d'exposition air int	FEM int	h/j	3	8.4	2.5	3.3	2.5	3.3	3	8.4	2.5	3.3	2.5	3.3	0	2.4
Fréquence d'exposition air ext	FEM ext	j/j	0.13	0.35	0.10	0.14	0.10	0.14	0.13	0.35	0.10	0.14	0.10	0.14	0	0.10
Fréquence d'exposition air int	FEM int	j/j	0.88	0.65	0.90	0.86	0.90	0.86	0.88	0.65	0.90	0.86	0.90	0.86	0	0.10
Durée journalière du contact du sol avec la peau, ext.	Ts	h/j	3	8.4	2.5	3.3	2.5	3.3	3	8.4	2.5	3.3	2.5	3.3	0	2.4
Durée journalière du contact du sol avec la peau, int.	Ts	h/j	11.0	7.6	11.5	12.7	11.5	12.7	11.0	7.6	11.5	12.7	11.5	12.7	0	2.4
Fréquence du contact du sol avec la peau, ext.	Ts	j/j	0.13	0.35	0.10	0.14	0.10	0.14	0.13	0.35	0.10	0.14	0.10	0.14	0	0.10
Fréquence du contact du sol avec la peau, int.	Ts	j/j	0.46	0.32	0.48	0.53	0.48	0.53	0.46	0.32	0.48	0.53	0.48	0.53	0	0.10

Annexe 4
Site non impacté :
Feuille de calcul complète
du scénario "Ferme"

Paramètre	Symbole	Unité	Cadmium (Cd)	Mercurure (Hg2+)	Arsenic (As)	Antimoine (Sb)	Chrome (Cr III)	Cobalt (Co)	Cuivre (Cu)	Etain (Sn)	Manganèse (Mn)	Nickel (Ni)	Plomb (Pb)	Sélénium (Se)	Vanadium (V)	Zinc (Zn)	Argent (Ag)	Dioxines (PCDD/P CDF)	Naphtalène	BaP	Som-me
Ingestion aliments autoproduits (hors petits animaux), via végétaux par dépôt des particules de l'air																					
Conc. dans végétaux due au dépôt de particules sur les végétaux																					
dépôt annuel		µg/m2.an	9.5E+1	4.5E+1	3.2E+1	0.0E+0	1.5E+2	3.7E+1	4.0E+1	1.1E+1	9.4E+2	3.2E+1	4.4E+1	0.0E+0	2.2E+2	1.5E+2	1.1E+1	4.7E-4	0.0E+0	4.7E-1	
Rp, fraction interceptée			2.2E-1	2.2E-1	2.2E-1	2.2E-1	2.2E-1	2.2E-1	2.2E-1	2.2E-1	2.2E-1	2.2E-1	2.2E-1	2.2E-1	2.2E-1	2.2E-1	2.2E-1	2.2E-1	2.2E-1	2.2E-1	2.2E-1
kp, coeff de perte		années-1	1.8E+1	1.8E+1	1.8E+1	1.8E+1	1.8E+1	1.8E+1	1.8E+1	1.8E+1	1.8E+1	1.8E+1	1.8E+1	1.8E+1	1.8E+1	1.8E+1	1.8E+1	1.8E+1	1.8E+1	1.8E+1	1.8E+1
Tp, durée de culture		années	1.6E-1	1.6E-1	1.6E-1	1.6E-1	1.6E-1	1.6E-1	1.6E-1	1.6E-1	1.6E-1	1.6E-1	1.6E-1	1.6E-1	1.6E-1	1.6E-1	1.6E-1	1.6E-1	1.6E-1	1.6E-1	1.6E-1
Yp, rendement de prod		kg MS/m2	2.5E-1	2.5E-1	2.5E-1	2.5E-1	2.5E-1	2.5E-1	2.5E-1	2.5E-1	2.5E-1	2.5E-1	2.5E-1	2.5E-1	2.5E-1	2.5E-1	2.5E-1	2.5E-1	2.5E-1	2.5E-1	2.5E-1
dépôt annuel		µg/m2.an	9.5E+1	4.5E+1	3.2E+1	0.0E+0	1.5E+2	3.7E+1	4.0E+1	1.1E+1	9.4E+2	3.2E+1	4.4E+1	0.0E+0	2.2E+2	1.5E+2	1.1E+1	4.7E-4	0.0E+0	4.7E-1	
Rp, fraction interceptée			1.0E+0	1.0E+0	1.0E+0	1.0E+0	1.0E+0	1.0E+0	1.0E+0	1.0E+0	1.0E+0	1.0E+0	1.0E+0	1.0E+0	1.0E+0	1.0E+0	1.0E+0	1.0E+0	1.0E+0	1.0E+0	1.0E+0
kp, coeff de perte		années-1	1.8E+1	1.8E+1	1.8E+1	1.8E+1	1.8E+1	1.8E+1	1.8E+1	1.8E+1	1.8E+1	1.8E+1	1.8E+1	1.8E+1	1.8E+1	1.8E+1	1.8E+1	1.8E+1	1.8E+1	1.8E+1	1.8E+1
Tp, durée de culture		années	1.6E-1	1.6E-1	1.6E-1	1.6E-1	1.6E-1	1.6E-1	1.6E-1	1.6E-1	1.6E-1	1.6E-1	1.6E-1	1.6E-1	1.6E-1	1.6E-1	1.6E-1	1.6E-1	1.6E-1	1.6E-1	1.6E-1
Yp, rendement de prod		kg MS/m2	1.1E+1	1.1E+1	1.1E+1	1.1E+1	1.1E+1	1.1E+1	1.1E+1	1.1E+1	1.1E+1	1.1E+1	1.1E+1	1.1E+1	1.1E+1	1.1E+1	1.1E+1	1.1E+1	1.1E+1	1.1E+1	1.1E+1
dépôt annuel		µg/m2.an	9.5E+1	4.5E+1	3.2E+1	0.0E+0	1.5E+2	3.7E+1	4.0E+1	1.1E+1	9.4E+2	3.2E+1	4.4E+1	0.0E+0	2.2E+2	1.5E+2	1.1E+1	4.7E-4	0.0E+0	4.7E-1	
Rp, fraction interceptée			sans objets	sans objets	sans objets	sans objets	sans objets	sans objets	sans objets	sans objets	sans objets	sans objets	sans objets	sans objets	sans objets	sans objets	sans objets	sans objets	sans objets	sans objets	sans objets
kp, coeff de perte		années-1	sans objets	sans objets	sans objets	sans objets	sans objets	sans objets	sans objets	sans objets	sans objets	sans objets	sans objets	sans objets	sans objets	sans objets	sans objets	sans objets	sans objets	sans objets	sans objets
Tp, durée de culture		années	sans objets	sans objets	sans objets	sans objets	sans objets	sans objets	sans objets	sans objets	sans objets	sans objets	sans objets	sans objets	sans objets	sans objets	sans objets	sans objets	sans objets	sans objets	sans objets
Yp, rendement de prod		kg MS/m2	sans objets	sans objets	sans objets	sans objets	sans objets	sans objets	sans objets	sans objets	sans objets	sans objets	sans objets	sans objets	sans objets	sans objets	sans objets	sans objets	sans objets	sans objets	sans objets
dépôt annuel		µg/m2.an	9.5E+1	4.5E+1	3.2E+1	0.0E+0	1.5E+2	3.7E+1	4.0E+1	1.1E+1	9.4E+2	3.2E+1	4.4E+1	0.0E+0	2.2E+2	1.5E+2	1.1E+1	4.7E-4	0.0E+0	4.7E-1	
Rp, fraction interceptée			fruit	fruit	fruit	fruit	fruit	fruit	fruit	fruit	fruit	fruit	fruit	fruit	fruit	fruit	fruit	fruit	fruit	fruit	fruit
kp, coeff de perte		années-1	1.8E+1	1.8E+1	1.8E+1	1.8E+1	1.8E+1	1.8E+1	1.8E+1	1.8E+1	1.8E+1	1.8E+1	1.8E+1	1.8E+1	1.8E+1	1.8E+1	1.8E+1	1.8E+1	1.8E+1	1.8E+1	1.8E+1
Tp, durée de culture		années	1.6E-1	1.6E-1	1.6E-1	1.6E-1	1.6E-1	1.6E-1	1.6E-1	1.6E-1	1.6E-1	1.6E-1	1.6E-1	1.6E-1	1.6E-1	1.6E-1	1.6E-1	1.6E-1	1.6E-1	1.6E-1	1.6E-1
Yp, rendement de prod		kg MS/m2	2.5E-1	2.5E-1	2.5E-1	2.5E-1	2.5E-1	2.5E-1	2.5E-1	2.5E-1	2.5E-1	2.5E-1	2.5E-1	2.5E-1	2.5E-1	2.5E-1	2.5E-1	2.5E-1	2.5E-1	2.5E-1	2.5E-1
dépôt annuel		µg/m2.an	9.5E+1	4.5E+1	3.2E+1	0.0E+0	1.5E+2	3.7E+1	4.0E+1	1.1E+1	9.4E+2	3.2E+1	4.4E+1	0.0E+0	2.2E+2	1.5E+2	1.1E+1	4.7E-4	0.0E+0	4.7E-1	
Rp, fraction interceptée			herbe	herbe	herbe	herbe	herbe	herbe	herbe	herbe	herbe	herbe	herbe	herbe	herbe	herbe	herbe	herbe	herbe	herbe	herbe
kp, coeff de perte		années-1	1.8E+1	1.8E+1	1.8E+1	1.8E+1	1.8E+1	1.8E+1	1.8E+1	1.8E+1	1.8E+1	1.8E+1	1.8E+1	1.8E+1	1.8E+1	1.8E+1	1.8E+1	1.8E+1	1.8E+1	1.8E+1	1.8E+1
Tp, durée de culture		années	1.2E-1	1.2E-1	1.2E-1	1.2E-1	1.2E-1	1.2E-1	1.2E-1	1.2E-1	1.2E-1	1.2E-1	1.2E-1	1.2E-1	1.2E-1	1.2E-1	1.2E-1	1.2E-1	1.2E-1	1.2E-1	1.2E-1
Yp, rendement de prod		kg MS/m2	2.4E-1	2.4E-1	2.4E-1	2.4E-1	2.4E-1	2.4E-1	2.4E-1	2.4E-1	2.4E-1	2.4E-1	2.4E-1	2.4E-1	2.4E-1	2.4E-1	2.4E-1	2.4E-1	2.4E-1	2.4E-1	2.4E-1
dépôt annuel		µg/m2.an	9.5E+1	4.5E+1	3.2E+1	0.0E+0	1.5E+2	3.7E+1	4.0E+1	1.1E+1	9.4E+2	3.2E+1	4.4E+1	0.0E+0	2.2E+2	1.5E+2	1.1E+1	4.7E-4	0.0E+0	4.7E-1	
Rp, fraction interceptée			sans objets	sans objets	sans objets	sans objets	sans objets	sans objets	sans objets	sans objets	sans objets	sans objets	sans objets	sans objets	sans objets	sans objets	sans objets	sans objets	sans objets	sans objets	sans objets
kp, coeff de perte		années-1	sans objets	sans objets	sans objets	sans objets	sans objets	sans objets	sans objets	sans objets	sans objets	sans objets	sans objets	sans objets	sans objets	sans objets	sans objets	sans objets	sans objets	sans objets	sans objets
Tp, durée de culture		années	sans objets	sans objets	sans objets	sans objets	sans objets	sans objets	sans objets	sans objets	sans objets	sans objets	sans objets	sans objets	sans objets	sans objets	sans objets	sans objets	sans objets	sans objets	sans objets
Yp, rendement de prod		kg MS/m2	sans objets	sans objets	sans objets	sans objets	sans objets	sans objets	sans objets	sans objets	sans objets	sans objets	sans objets	sans objets	sans objets	sans objets	sans objets	sans objets	sans objets	sans objets	sans objets
Cveg-dépôt (MF)		µg/kg MF	3.7E-1	1.8E-1	1.3E-1	0.0E+0	5.9E-1	1.5E-1	1.6E-1	4.4E-2	3.7E+0	1.2E-1	1.7E-1	0.0E+0	8.7E-1	6.1E-1	4.4E-2	1.9E-6	0.0E+0	1.9E-3	
Cveg-dépôt (MS)		µg/kg MS	4.4E+0	2.1E+0	1.5E+0	0.0E+0	6.8E+0	1.7E+0	1.8E+0	5.1E-1	4.3E+1	1.5E+0	2.0E+0	0.0E+0	1.0E+1	7.1E+0	5.1E-1	2.2E-5	0.0E+0	2.2E-2	
Cveg-dépôt (MF)		µg/kg MF	3.0E-2	1.4E-2	1.0E-2	0.0E+0	4.6E-2	1.2E-2	1.2E-2	3.5E-3	2.9E-1	9.9E-3	1.4E-2	0.0E+0	6.9E-2	4.9E-2	3.5E-3	1.5E-7	0.0E+0	1.5E-4	
Cveg-dépôt (MS)		µg/kg MS	4.7E-1	2.3E-1	1.6E-1	0.0E+0	7.4E-1	1.8E-1	2.0E-1	5.5E-2	4.7E+0	1.6E-1	2.2E-1	0.0E+0	1.1E+0	7.7E-1	5.5E-2	2.4E-6	0.0E+0	2.4E-3	
Cveg-dépôt (MF)		µg/kg MF	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	
Cveg-dépôt (MS)		µg/kg MS	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	
Cveg-dépôt (MF)		µg/kg MF	1.6E-1	7.5E-2	5.3E-2	0.0E+0	2.5E-1	6.1E-2	6.6E-2	1.8E-2	1.6E+0	5.2E-2	7.3E-2	0.0E+0	3.7E-1	2.6E-1	1.8E-2	7.9E-7	0.0E+0	7.9E-4	
Cveg-dépôt (MS)		µg/kg MS	1.0E+0	5.0E-1	3.5E-1	0.0E+0	1.6E+0	4.1E-1	4.4E-1	1.2E-1	1.0E+1	3.5E-1	4.9E-1	0.0E+0	2.4E+0	1.7E+0	1.2E-1	5.2E-6	0.0E+0	5.2E-3	
Cveg-dépôt (MF)		µg/kg MF	herbe	herbe	herbe	herbe	herbe	herbe	herbe	herbe	herbe	herbe	herbe	herbe	herbe	herbe	herbe	herbe	herbe	herbe	herbe
Cveg-dépôt (MS)		µg/kg MS	9.7E+0	4.6E+0	3.3E+0	0.0E+0	1.5E+1	3.8E+0	4.1E+0	1.1E+0	9.6E+1	3.2E+0	4.5E+0	0.0E+0	2.3E+1	1.6E+1	1.1E+0	4.8E-5	0.0E+0	4.8E-2	
Cveg-dépôt (MF)		µg/kg MF	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	
Cveg-dépôt (MS)		µg/kg MS	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	

Paramètre	Symbole	Unité	Cadmium (Cd)	Mercurure (Hg2+)	Arsenic (As)	Antimoine (Sb)	Chrome (Cr III)	Cobalt (Co)	Cuivre (Cu)	Etain (Sn)	Manganèse (Mn)	Nickel (Ni)	Plomb (Pb)	Sélénium (Se)	Vanadium (V)	Zinc (Zn)	Argent (Ag)	Dioxines (PCDD/P CDF)	Naphtalène	BaP	Som-me
Ingestion aliments autoproduits (hors petits animaux), via l'ingestion de sol par les animaux																					
<i>Concentration dans le lait animal</i>																					
Clait		µg/L	herbe	herbe	herbe	herbe	herbe	herbe	herbe	herbe	herbe	herbe	herbe	herbe	herbe	herbe	herbe	herbe	herbe	herbe	herbe
			5.1E-1	1.9E-1	1.1E+2	0.0E+0	1.7E+2	4.3E+1	4.6E+1	7.7E+0	5.4E+1	2.2E+2	5.1E+2	0.0E+0	6.4E+1	9.0E+2	0.0E+0	2.0E-6	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0
<i>Concentration dans les œufs</i>																					
Cœuf		µg/kg	grain	grain	grain	grain	grain	grain	grain	grain	grain	grain	grain	grain	grain	grain	grain	grain	grain	grain	grain
			3.2E-1	5.9E-3	1.2E+1	0.0E+0	8.0E+1	6.7E-1	3.6E+2	2.0E-1	1.2E+3	2.8E+2	9.6E+2	0.0E+0	4.0E+1	8.4E+3	0.0E+0	5.0E-5	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0
<i>Concentration dans la viande de bœuf</i>																					
Cbœuf		µg/kg	herbe	herbe	herbe	herbe	herbe	herbe	herbe	herbe	herbe	herbe	herbe	herbe	herbe	herbe	herbe	herbe	herbe	herbe	herbe
			6.4E+0	2.4E-1	2.9E+2	0.0E+0	2.0E+3	1.7E+1	1.8E+2	5.0E+0	2.1E+2	8.8E+1	2.0E+2	0.0E+0	1.0E+3	1.4E+2	0.0E+0	1.2E-5	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0
Dose journalière d'exposition																					
DJE lait		µg/kg.j	Enfant	Enfant	Enfant	Enfant	Enfant	Enfant	Enfant	Enfant	Enfant	Enfant	Enfant	Enfant	Enfant	Enfant	Enfant	Enfant	Enfant	Enfant	Enfant
			8.4E-3	3.2E-3	1.8E+0	0.0E+0	2.8E+0	7.1E-1	7.6E-1	1.3E-1	9.0E-1	3.7E+0	8.4E+0	0.0E+0	1.1E+0	1.5E+1	0.0E+0	3.2E-8	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0
DJE bœuf		µg/kg.j	Adulte	Adulte	Adulte	Adulte	Adulte	Adulte	Adulte	Adulte	Adulte	Adulte	Adulte	Adulte	Adulte	Adulte	Adulte	Adulte	Adulte	Adulte	Adulte
			1.5E-2	5.4E-4	6.6E-1	0.0E+0	4.6E+0	3.8E-2	4.1E-1	1.1E-2	4.8E-1	2.0E-1	4.5E-1	0.0E+0	2.3E+0	3.2E-1	0.0E+0	2.7E-8	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0
DJE œuf		µg/kg.j	Enfant	Enfant	Enfant	Enfant	Enfant	Enfant	Enfant	Enfant	Enfant	Enfant	Enfant	Enfant	Enfant	Enfant	Enfant	Enfant	Enfant	Enfant	Enfant
			1.9E-4	3.6E-6	7.0E-3	0.0E+0	4.8E-2	4.0E-4	2.2E-1	1.2E-4	7.1E-1	1.7E-1	5.8E-1	0.0E+0	2.4E-2	5.0E+0	0.0E+0	3.0E-8	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0
DJEing		µg/kg.j	Adulte	Adulte	Adulte	Adulte	Adulte	Adulte	Adulte	Adulte	Adulte	Adulte	Adulte	Adulte	Adulte	Adulte	Adulte	Adulte	Adulte	Adulte	Adulte
			2.3E-2	3.7E-3	2.5E+0	0.0E+0	7.4E+0	7.4E-1	1.4E+0	1.4E-1	2.1E+0	4.1E+0	9.5E+0	0.0E+0	3.3E+0	2.0E+1	0.0E+0	9.0E-8	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0
DJE lait		µg/kg.j	Enfant	Enfant	Enfant	Enfant	Enfant	Enfant	Enfant	Enfant	Enfant	Enfant	Enfant	Enfant	Enfant	Enfant	Enfant	Enfant	Enfant	Enfant	Enfant
			8.8E-4	3.3E-4	1.9E-1	0.0E+0	2.9E-1	7.4E-2	7.9E-2	1.3E-2	9.3E-2	3.8E-1	8.8E-1	0.0E+0	1.1E-1	1.5E+0	0.0E+0	3.4E-9	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0
DJE bœuf		µg/kg.j	Adulte	Adulte	Adulte	Adulte	Adulte	Adulte	Adulte	Adulte	Adulte	Adulte	Adulte	Adulte	Adulte	Adulte	Adulte	Adulte	Adulte	Adulte	Adulte
			5.5E-3	2.1E-4	2.5E-1	0.0E+0	1.7E+0	1.4E-2	1.5E-1	4.2E-3	1.8E-1	7.5E-2	1.7E-1	0.0E+0	8.6E-1	1.2E-1	0.0E+0	1.0E-8	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0
DJE œuf		µg/kg.j	Enfant	Enfant	Enfant	Enfant	Enfant	Enfant	Enfant	Enfant	Enfant	Enfant	Enfant	Enfant	Enfant	Enfant	Enfant	Enfant	Enfant	Enfant	Enfant
			8.7E-5	1.6E-6	3.1E-3	0.0E+0	2.2E-2	1.8E-4	9.8E-2	5.4E-5	3.2E-1	7.6E-2	2.6E-1	0.0E+0	1.1E-2	2.3E+0	0.0E+0	1.4E-8	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0
DJEing		µg/kg.j	Adulte	Adulte	Adulte	Adulte	Adulte	Adulte	Adulte	Adulte	Adulte	Adulte	Adulte	Adulte	Adulte	Adulte	Adulte	Adulte	Adulte	Adulte	Adulte
			6.5E-3	5.4E-4	4.4E-1	0.0E+0	2.0E+0	8.8E-2	3.3E-1	1.7E-2	6.0E-1	5.4E-1	1.3E+0	0.0E+0	9.8E-1	3.9E+0	0.0E+0	2.7E-8	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0
Contribution des voies d'exposition à l'ingestion																					
Lait		%	Enfant	Enfant	Enfant	Enfant	Enfant	Enfant	Enfant	Enfant	Enfant	Enfant	Enfant	Enfant	Enfant	Enfant	Enfant	Enfant	Enfant	Enfant	Enfant
			3.6E+1	8.5E+1	7.3E+1	#DIV/0!	3.8E+1	9.5E+1	5.5E+1	9.2E+1	4.3E+1	9.1E+1	8.9E+1	#DIV/0!	3.2E+1	7.3E+1	#DIV/0!	3.6E+1	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!
Viande		%	Enfant	Enfant	Enfant	Enfant	Enfant	Enfant	Enfant	Enfant	Enfant	Enfant	Enfant	Enfant	Enfant	Enfant	Enfant	Enfant	Enfant	Enfant	Enfant
			6.3E+1	1.5E+1	2.6E+1	#DIV/0!	6.1E+1	5.1E+0	3.0E+1	8.1E+0	2.3E+1	4.9E+0	4.8E+0	#DIV/0!	6.8E+1	1.6E+0	#DIV/0!	3.0E+1	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!
Œufs		%	Enfant	Enfant	Enfant	Enfant	Enfant	Enfant	Enfant	Enfant	Enfant	Enfant	Enfant	Enfant	Enfant	Enfant	Enfant	Enfant	Enfant	Enfant	Enfant
			8.3E-1	9.6E-2	2.8E-1	#DIV/0!	6.5E-1	5.4E-2	1.6E+1	8.6E-2	3.4E+1	4.1E+0	6.1E+0	#DIV/0!	7.2E-1	2.5E+1	#DIV/0!	3.3E+1	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!
Total		%	Enfant	Enfant	Enfant	Enfant	Enfant	Enfant	Enfant	Enfant	Enfant	Enfant	Enfant	Enfant	Enfant	Enfant	Enfant	Enfant	Enfant	Enfant	Enfant
			1.0E+2	1.0E+2	1.0E+2	#DIV/0!	1.0E+2	1.0E+2	1.0E+2	1.0E+2	1.0E+2	1.0E+2	1.0E+2	#DIV/0!	1.0E+2	1.0E+2	#DIV/0!	1.0E+2	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!
			Adulte	Adulte	Adulte	Adulte	Adulte	Adulte	Adulte	Adulte	Adulte	Adulte	Adulte	Adulte	Adulte	Adulte	Adulte	Adulte	Adulte	Adulte	Adulte
			1.4E+1	6.1E+1	4.3E+1	#DIV/0!	1.4E+1	8.3E+1	2.4E+1	7.5E+1	1.6E+1	7.2E+1	6.7E+1	#DIV/0!	1.1E+1	3.9E+1	#DIV/0!	1.2E+1	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!
Lait		%	Adulte	Adulte	Adulte	Adulte	Adulte	Adulte	Adulte	Adulte	Adulte	Adulte	Adulte	Adulte	Adulte	Adulte	Adulte	Adulte	Adulte	Adulte	Adulte
			8.5E+1	3.8E+1	5.6E+1	#DIV/0!	8.5E+1	1.6E+1	4.7E+1	2.4E+1	3.0E+1	1.4E+1	1.3E+1	#DIV/0!	8.8E+1	3.0E+0	#DIV/0!	3.8E+1	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!
Viande		%	Adulte	Adulte	Adulte	Adulte	Adulte	Adulte	Adulte	Adulte	Adulte	Adulte	Adulte	Adulte	Adulte	Adulte	Adulte	Adulte	Adulte	Adulte	Adulte
			1.3E+0	3.0E-1	7.1E-1	#DIV/0!	1.1E+0	2.1E-1	3.0E+1	3.1E-1	5.4E+1	1.4E+1	2.0E+1	#DIV/0!	1.1E+0	5.8E+1	#DIV/0!	5.0E+1	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!
Œufs		%	Adulte	Adulte	Adulte	Adulte	Adulte	Adulte	Adulte	Adulte	Adulte	Adulte	Adulte	Adulte	Adulte	Adulte	Adulte	Adulte	Adulte	Adulte	Adulte
			1.0E+2	1.0E+2	1.0E+2	#DIV/0!	1.0E+2	1.0E+2	1.0E+2	1.0E+2	1.0E+2	1.0E+2	1.0E+2	#DIV/0!	1.0E+2	1.0E+2	#DIV/0!	1.0E+2	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!
Total		%	Adulte	Adulte	Adulte	Adulte	Adulte	Adulte	Adulte	Adulte	Adulte	Adulte	Adulte	Adulte	Adulte	Adulte	Adulte	Adulte	Adulte	Adulte	Adulte
			1.4E+1	6.1E+1	4.3E+1	#DIV/0!	1.4E+1	8.3E+1	2.4E+1	7.5E+1	1.6E+1	7.2E+1	6.7E+1	#DIV/0!	1.1E+1	3.9E+1	#DIV/0!	1.2E+1	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!
Risque par ingestion																					
IR			Enfant	Enfant	Enfant	Enfant	Enfant	Enfant	Enfant	Enfant	Enfant	Enfant	Enfant	Enfant	Enfant	Enfant	Enfant	Enfant	Enfant	Enfant	Enfant
			1.2E-1	1.2E-2	8.3E+0	0.0E+0	5.0E-3	7.4E-2	9.9E-3	6.9E-5	1.5E-2	2.0E-1	2.7E+0	0.0E+0	3.7E-1	6.7E-2	0.0E+0	9.0E-2	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0
ERI			Enfant	Enfant	Enfant	Enfant	Enfant	Enfant	Enfant	Enfant	Enfant	Enfant	Enfant	Enfant	Enfant	Enfant	Enfant	Enfant	Enfant	Enfant	Enfant
			0.0E+0	0.0E+0	3.2E-4	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0
			Adulte	Adulte	Adulte	Adulte	Adulte	Adulte	Adulte	Adulte	Adulte	Adulte	Adulte	Adulte	Adulte	Adulte	Adulte	Adulte	Adulte	Adulte	Adulte
			3.2E-2	1.8E-3	1.5E+0	0.0E+0	1.4E-3	8.8E-3	2.4E-3	8.7E-6	4.3E-3	2.7E-2	3.7E-1	0.0E+0	1.1E-1	1.3E-2	0.0E+0	2.7E-2	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0
IR			Enfant	Enfant	Enfant	Enfant	Enfant	Enfant	Enfant	Enfant	Enfant	Enfant	Enfant	Enfant	Enfant	Enfant	Enfant	Enfant	Enfant	Enfant	Enfant
			0.0E+0	0.0E+0	6.1E-4	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	2.5E-5	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0
ERI			Enfant	Enfant	Enfant	Enfant	Enfant	Enfant	Enfant	Enfant	Enfant	Enfant	Enfant	Enfant	Enfant	Enfant	Enfant	Enfant	Enfant	Enfant	Enfant
			ad.+enf.	ad.+enf.	ad.+enf.	ad.+enf.	ad.+enf.	ad.+enf.	ad.+enf.	ad.+enf.	ad.+enf.	ad.+enf.	ad.+enf.	ad.+enf.	ad.+enf.	ad.+enf.	ad.+enf.	ad.+enf.	ad.+enf.	ad.+enf.	ad.+enf.
			0.0E+0	0.0E+0	9.3E-4	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	3.3E-5	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0

Paramètre	Symbole	Unité	Cadmium (Cd)	Mercur e (Hg2+)	Arsenic (As)	Antimoine (Sb)	Chrom e (Cr III)	Cobalt (Co)	Cuivre (Cu)	Etain (Sn)	Manganè se (Mn)	Nickel (Ni)	Plomb (Pb)	Sélénium (Se)	Vanadiu m (V)	Zinc (Zn)	Argent (Ag)	Dioxines (PCDD/P CDF)	Naphtalé ne	BaP	Som-me	
Ingestion aliments et sol, total																						
Concentration totale dans les végétaux autoproduits																						
Cveg-tot (MF)		µg/kg MF	2.4E+2	9.0E+1	2.3E+3	0.0E+0	1.6E+3	5.7E+2	2.9E+4	1.0E+3	3.5E+4	3.5E+2	5.2E+3	0.0E+0	4.0E+2	3.9E+4	4.4E+2	2.3E-4	0.0E+0	1.9E-3		
Cveg-tot (MS)		µg/kg MS	2.4E+2	9.0E+1	1.5E+4	0.0E+0	1.3E+3	2.5E+2	1.8E+3	2.5E+1	4.1E+4	9.1E+2	1.6E+4	0.0E+0	4.0E+2	2.5E+4	3.5E+3	2.2E-4	0.0E+0	1.5E-4		
Cveg-tot (MF)		µg/kg MF	2.4E+2	9.0E+1	2.3E+3	0.0E+0	1.3E+3	4.4E+2	1.8E+3	6.0E+2	1.3E+4	3.5E+2	5.2E+3	0.0E+0	4.0E+2	1.0E+4	0.0E+0	2.2E-5	0.0E+0	0.0E+0		
Cveg-tot (MS)		µg/kg MS	2.4E+2	9.0E+1	2.3E+3	0.0E+0	1.3E+3	4.4E+2	1.8E+3	6.0E+2	1.3E+4	3.5E+2	5.2E+3	0.0E+0	4.0E+2	1.0E+4	0.0E+0	2.2E-5	0.0E+0	0.0E+0		
Cveg-tot (MF)		µg/kg MF	fruit	fruit	fruit	fruit	fruit	fruit	fruit	fruit	fruit	fruit	fruit	fruit	fruit	fruit	fruit	fruit	fruit	fruit	fruit	
Cveg-tot (MS)		µg/kg MS	2.4E+2	9.0E+1	1.5E+4	0.0E+0	1.3E+3	2.5E+2	1.8E+3	2.5E+1	4.1E+4	9.1E+2	1.6E+4	0.0E+0	4.0E+2	2.5E+4	3.5E+3	2.2E-4	0.0E+0	1.5E-4		
Cveg-tot (MF)		µg/kg MF	herbe	herbe	herbe	herbe	herbe	herbe	herbe	herbe	herbe	herbe	herbe	herbe	herbe	herbe	herbe	herbe	herbe	herbe	herbe	
Cveg-tot (MS)		µg/kg MS	1.2E+3	4.5E+2	7.3E+4	0.0E+0	6.7E+3	5.4E+2	9.0E+3	1.0E+4	1.1E+6	6.5E+3	3.6E+5	0.0E+0	2.0E+3	7.7E+5	1.1E+0	1.2E-3	0.0E+0	4.8E-2		
Cveg-tot (MF)		µg/kg MF	grain	grain	grain	grain	grain	grain	grain	grain	grain	grain	grain	grain	grain	grain	grain	grain	grain	grain	grain	
Cveg-tot (MS)		µg/kg MS	2.7E+2	1.0E+2	2.6E+3	0.0E+0	1.5E+3	8.4E+0	2.0E+3	2.3E+3	4.7E+5	1.0E+3	5.4E+2	0.0E+0	4.5E+2	1.7E+5	0.0E+0	9.9E-5	0.0E+0	0.0E+0		
Concentration dans le lait animal autoproduit																						
Clait		µg/L	2.0E+1	7.5E+0	7.1E+3	0.0E+0	3.9E+2	6.0E+1	3.3E+2	2.0E+2	1.8E+3	1.3E+3	1.2E+5	0.0E+0	8.0E+1	1.2E+5	0.0E+0	1.9E-4	0.0E+0	0.0E+0		
Concentration dans les œufs autoproduits																						
Cœuf		µg/kg	1.3E+0	2.4E-2	2.1E+1	0.0E+0	8.8E+1	6.7E-1	5.4E+2	5.9E-1	7.0E+3	3.5E+2	1.1E+3	0.0E+0	4.1E+1	1.0E+5	0.0E+0	1.9E-4	0.0E+0	0.0E+0		
Concentration dans la viande de bœuf autoproduite																						
Cbœuf		µg/kg	2.4E+2	9.0E+0	1.8E+4	0.0E+0	4.4E+3	2.3E+1	1.3E+3	1.2E+2	6.8E+3	4.8E+2	4.3E+4	0.0E+0	1.2E+3	1.9E+4	0.0E+0	1.1E-3	0.0E+0	0.0E+0		
Dose journalière d'exposition																						
DJE sol		µg/kg.j	8.0E-3	3.0E-3	2.9E-1	0.0E+0	1.3E+0	3.4E-1	3.6E-1	1.0E-1	8.5E+0	3.5E-1	4.0E-1	0.0E+0	2.0E+0	1.4E+0	1.0E-1	3.1E-9	0.0E+0	2.2E-3		
DJE lég feuille		µg/kg.j	6.1E-1	2.3E-1	5.9E+0	0.0E+0	4.1E+0	1.4E+0	7.3E+1	2.5E+0	8.8E+1	8.9E-1	1.3E+1	0.0E+0	1.0E+0	9.9E+1	1.1E-4	5.7E-7	0.0E+0	4.7E-6		
DJE lég fruit		µg/kg.j	4.3E-1	1.6E-1	2.6E+1	0.0E+0	2.4E+0	4.5E-1	3.2E+0	4.5E-2	7.3E+1	1.6E+0	2.9E+1	0.0E+0	7.2E-1	4.5E+1	6.2E-6	4.0E-7	0.0E+0	2.7E-7		
DJE lég racine		µg/kg.j	1.7E+0	6.3E-1	1.6E+1	0.0E+0	9.4E+0	3.0E+0	1.3E+1	4.2E+0	8.9E+1	2.5E+0	3.6E+1	0.0E+0	2.8E+0	7.3E+1	0.0E+0	1.5E-7	0.0E+0	3.0E+0		
DJE fruit		µg/kg.j	1.1E+0	4.1E-1	6.6E+1	0.0E+0	6.1E+0	1.1E+0	8.2E+0	1.1E-1	1.8E+2	4.1E+0	7.3E+1	0.0E+0	1.8E+0	1.1E+2	8.3E-5	1.0E-6	0.0E+0	3.6E-6		
DJE lait		µg/kg.j	3.3E-1	1.2E-1	1.2E+2	0.0E+0	6.4E+0	9.9E-1	5.5E+0	3.3E+0	3.0E+1	2.1E+1	1.9E+3	0.0E+0	1.3E+0	2.0E+3	0.0E+0	3.1E-6	0.0E+0	0.0E+0		
DJE bœuf		µg/kg.j	5.4E-1	2.0E-2	4.0E+1	0.0E+0	1.0E+1	5.3E-2	2.9E+0	2.8E-1	1.6E+1	1.1E+0	9.8E+1	0.0E+0	2.8E+0	4.2E+1	0.0E+0	2.5E-6	0.0E+0	0.0E+0		
DJE œuf		µg/kg.j	7.7E-4	1.4E-5	1.3E-2	0.0E+0	5.3E-2	4.0E-4	3.2E-1	3.6E-4	4.2E+0	2.1E-1	6.5E-1	0.0E+0	2.4E-2	6.0E+1	0.0E+0	1.1E-7	0.0E+0	0.0E+0		
DJEing issu du site		µg/kg.j	4.7E+0	1.6E+0	2.7E+2	0.0E+0	4.0E+1	7.5E+0	1.1E+2	1.1E+1	4.9E+2	3.1E+1	2.2E+3	0.0E+0	1.3E+1	2.5E+3	1.0E-1	7.9E-6	0.0E+0	2.2E-3		
Dose alimentation extérieure		µg/kg.j	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0		
Dose par ingestion d'eau	DJE ing	µg/kg.j	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	3.3E-1	0.0E+0	6.7E-2	0.0E+0	1.6E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	2.0E-1	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0		
DJEing total		µg/kg.j	4.7E+0	1.6E+0	2.7E+2	0.0E+0	4.0E+1	7.5E+0	1.1E+2	1.1E+1	5.0E+2	3.1E+1	2.2E+3	0.0E+0	1.3E+1	2.5E+3	1.0E-1	7.9E-6	0.0E+0	2.2E-3		
DJE sol		µg/kg.j	1.8E-3	6.9E-4	6.6E-2	0.0E+0	3.1E-1	7.7E-2	8.2E-2	2.3E-2	1.9E+0	8.0E-2	9.1E-2	0.0E+0	4.6E-1	3.2E-1	2.3E-2	7.0E-10	0.0E+0	5.0E-4		
DJE lég feuille		µg/kg.j	2.9E-1	1.1E-1	2.8E+0	0.0E+0	2.0E+0	6.9E-1	3.5E+1	1.2E+0	4.2E+1	4.3E-1	6.3E+0	0.0E+0	4.9E-1	4.8E+1	5.3E-5	2.7E-7	0.0E+0	2.3E-6		
DJE lég fruit		µg/kg.j	2.3E-1	8.6E-2	1.4E+1	0.0E+0	1.3E+0	2.4E-1	1.7E+0	2.4E-2	3.9E+1	8.7E-1	1.5E+1	0.0E+0	3.8E-1	2.4E+1	3.3E-6	2.1E-7	0.0E+0	1.4E-7		
DJE lég racine		µg/kg.j	5.8E-1	2.2E-1	5.6E+0	0.0E+0	3.2E+0	1.1E+0	4.3E+0	1.4E+0	3.1E+1	8.5E-1	1.3E+1	0.0E+0	9.7E-1	2.5E+1	0.0E+0	5.3E-8	0.0E+0	0.0E+0		
DJE fruit		µg/kg.j	4.3E-1	1.6E-1	2.6E+1	0.0E+0	2.4E+0	4.5E-1	3.2E+0	4.5E-2	7.3E+1	1.6E+0	2.9E+1	0.0E+0	7.2E-1	4.5E+1	3.3E-5	4.0E-7	0.0E+0	1.4E-6		
DJE lait		µg/kg.j	3.4E-2	1.3E-2	1.2E+1	0.0E+0	6.6E-1	1.0E-1	5.7E-1	3.4E-1	3.1E+0	2.2E+0	2.0E+2	0.0E+0	1.4E-1	2.1E+2	0.0E+0	3.2E-7	0.0E+0	0.0E+0		
DJE bœuf		µg/kg.j	2.0E-1	7.7E-3	1.5E+1	0.0E+0	3.8E+0	2.0E-2	1.1E+0	1.1E-1	5.9E+0	4.1E-1	3.7E+1	0.0E+0	1.1E+0	1.6E+1	0.0E+0	9.5E-7	0.0E+0	0.0E+0		
DJE œuf		µg/kg.j	3.5E-4	6.4E-6	5.7E-3	0.0E+0	2.4E-2	1.8E-4	1.5E-1	1.6E-4	1.9E+0	9.6E-2	2.9E-1	0.0E+0	1.1E-2	2.7E+1	0.0E+0	5.2E-8	0.0E+0	0.0E+0		
DJEing issu du site		µg/kg.j	1.8E+0	6.0E-1	7.6E+1	0.0E+0	1.4E+1	2.8E+0	4.6E+1	3.2E+0	2.0E+2	6.5E+0	3.0E+2	0.0E+0	4.2E+0	4.0E+2	2.3E-2	2.3E-6	0.0E+0	5.1E-4		
Dose alimentation extérieure		µg/kg.j	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0		
Dose par ingestion d'eau	DJE ing	µg/kg.j	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	1.4E-1	0.0E+0	2.9E-2	0.0E+0	6.7E-1	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	8.6E-2	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0		
DJEing total		µg/kg.j	1.8E+0	6.0E-1	7.6E+1	0.0E+0	1.4E+1	2.8E+0	4.6E+1	3.2E+0	2.0E+2	6.5E+0	3.0E+2	0.0E+0	4.2E+0	4.0E+2	2.3E-2	2.3E-6	0.0E+0	5.1E-4		
Ingestion aliments et sol, total, suite																						
Contribution des voies d'exposition à l'ingestion sur site																						
Sol	%		1.7E-1	1.9E-1	1.1E-1	#DIV/0!	3.4E+0	4.5E+0	3.4E-1	9.5E-1	1.7E+0	1.1E+0	1.9E-2	#DIV/0!	1.6E+1	5.6E-2	1.0E+2	3.9E-2	#DIV/0!	1.0E+2		
Légumes et fruits	%		8.1E+1	9.1E+1	4.2E+1	#DIV/0!	5.5E+1	8.2E+1	9.1E+1	6.5E+1	8.8E+1	2.9E+1	7.0E+0	#DIV/0!	5.1E+1	1.3E+1	2.0E-1	2.7E+1	#DIV/0!	3.9E+1		
Lait	%		7.0E+0	7.8E+0	4.3E+1	#DIV/0!	1.6E+1	1.3E+1	5.2E+0	3.1E+1	6.1E+0	6.6E+1	8.8E+1	#DIV/0!	1.1E+1	8.2E+1	0.0E+0	3.2E+1	#DIV/0!	0.0E+0		
Viande	%		1.2E+1	1.3E+0	1.5E+1	#DIV/0!	2.5E+1	7.1E-1	2.7E+0	2.7E+0	3.1E+0	3.4E+0	4.6E+0	#DIV/0!	2.3E+1	1.7E+0	0.0E+0	3.2E+1	#DIV/0!	0.0E+0		
Œufs	%		1.6E-2	9.1E-4	4.6E-3	#DIV/0!	1.3E-1	5.4E-3	3.1E-1	3.4E-3	8.5E-1	6.7E-1	3.0E-2	#DIV/0!	2.0E-1	2.4E+0	0.0E+0	1.5E+0	#DIV/0!	0.0E+0		
Total	%		1.0E+2	1.0E+2	1.0E+2	#DIV/0!	1.0E+2	1.0E+2	1.0E+2	1.0E+2	1.0E+2	1.0E+2	1.0E+2	#DIV/0!	1.0E+2	1.0E+2	1.0E+2	1.0E+2	#DIV/0!	1.0E+2		
Sol	%		1.0E-1	1.2E-1	8.7E-2	#DIV/0!	2.2E+0	2.9E+0	1.8E-1	7.1E-1	9.8E-1	1.2E+0	3.1E-2	#DIV/0!	1.1E+1	8.0E-2	1.0E+2	3.1E-2	#DIV/0!	9.9E-1		
Légumes et fruits	%		8.6E+1	9.6E+1	6.4E+1	#DIV/0!	6.5E+1	9.2E+1	9.6E+1	8.5E+1	9.4E+1	5.8E+1	2.1E+1	#DIV/0!	6.0E+1	3.6E+1	3.9E-1	4.2E+1	#DIV/0!	7.6E-1		
Lait	%		1.9E+0	2.1E+0	1.6E+1	#DIV/0!	4.8E+0	3.9E+0	1.2E+0	1.1E+0	1.6E+0	3.3E+1	6.6E+1	#DIV/0!	3.3E+0	5.3E+1	0.0E+0	1.4E+1	#DIV/0!	0.0E+0		
Viande	%		1.2E+1	1.3E+0	2.0E+1	#DIV/0!	2.8E+1	7.6E-1	2.3E+0	3.3E+0	3.0E+0	6.3E+0	1.2E+1	#DIV/0!	2.5E+1	4.0E+0	0.0E+0	4.2E+1	#DIV/0!	0.0E+0		
Œufs	%		2.0E-2	1.1E-3	7.5E-3	#DIV/0!	1.8E-1	6.9E-3	3.2E-1	5.0E-3	9.6E-1	1.5E+0	9.8E-2	#DIV/0!	2.6E-1	6.9E+0	0.0E+0	2.3E+0	#DIV/0!	0.0E+0		
Total	%		1.0E+2	1.0E+2	1.0E+2	#DIV/0!	1.0E+2	1.0E+2	1.0E+2	1												

Paramètre	Symbole	Unité	Cadmium (Cd)	Mercurure (Hg2+)	Arsenic (As)	Antimoine (Sb)	Chrome (Cr III)	Cobalt (Co)	Cuivre (Cu)	Etain (Sn)	Manganèse (Mn)	Nickel (Ni)	Plomb (Pb)	Sélénium (Se)	Vanadium (V)	Zinc (Zn)	Argent (Ag)	Dioxines (PCDD/P CDF)	Naphtalène	BaP	Somme
INHALATION DE POUSSIÈRES																					
Concentration dans l'air (ext+int)																					
Concentration dans sol sur 0-1 cm	Cs 0-1	µg/kg	8.0E+2	3.0E+2	2.9E+4	0.0E+0	1.3E+5	3.4E+4	3.6E+4	1.0E+4	8.5E+5	3.5E+4	4.0E+4	0.0E+0	2.0E+5	1.4E+5	1.0E+4	3.1E-4	0.0E+0	2.2E+2	
Code zone pour teneurs de bruit de fond mesurées dans l'air (si pertinent)			1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Zone pour teneurs de bruit de fond mesurées dans l'air (si pertinent)			Rural	Rural	Rural	Rural	Rural	Rural	Rural	Rural	Rural	Rural	Rural	Rural	Rural	Rural	Rural	Rural	Rural	Rural	Rural
Concentration mesurée dans l'air ext	Cair ext	µg/m3	3.0E-3	1.4E-3	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	1.0E-3	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	1.5E-8	0.0E+0	1.5E-5	
Concentration mesurée dans l'air int	Cair int	µg/m3	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	
Concentration dans l'air int déduite de air ext. (égale)	Cair int	µg/m3	3.0E-3	1.4E-3	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	1.0E-3	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	1.5E-8	0.0E+0	1.5E-5	
Concentration considérée dans air int d'après mesure int ou	Cair int	µg/m3	3.0E-3	1.4E-3	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	1.0E-3	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	1.5E-8	3.3E+0	1.5E-5	
Modélisation CSOIL (source découverte sur site ou à proximité)																					
Source découverte sur site ou à proximité? (pour teneur dans air)																					
Teneur en particules dans l'air extérieur	TSPo	µg part/m3	VRAI	VRAI	VRAI	VRAI	VRAI	VRAI	VRAI	VRAI	VRAI	VRAI	VRAI	VRAI	VRAI	VRAI	VRAI	VRAI	VRAI	VRAI	
70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	
Fraction de sol source dans les particules de l'air ext	frs	(mg sol/mg part)	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	
2.8E-5	1.1E-5	1.0E-3	0.0E+0	4.7E-3	1.2E-3	1.3E-3	3.5E-4	3.0E-2	1.2E-3	1.4E-3	0.0E+0	7.0E-3	4.9E-3	3.5E-4	1.1E-11	0.0E+0	7.7E-6				
Concentration calculée dans l'air extérieur avec CSOIL	Cair ext	µg/m3	52.5	52.5	52.5	52.5	52.5	52.5	52.5	52.5	52.5	52.5	52.5	52.5	52.5	52.5	52.5	52.5	52.5	52.5	
Teneur en particules dans l'air intérieur	TSPi	µg part/m3	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	
Fraction de sol source dans les particules de l'air int	frs	(mg sol/mg part)	3.4E-5	1.3E-5	1.2E-3	0.0E+0	5.6E-3	1.4E-3	1.5E-3	4.2E-4	3.6E-2	1.5E-3	1.7E-3	0.0E+0	8.4E-3	5.9E-3	4.2E-4	1.3E-11	0.0E+0	9.2E-6	
Concentration calculée dans l'air intérieur avec CSOIL	Cair int	µg/m3	VRAI	VRAI	VRAI	VRAI	VRAI	VRAI	VRAI	VRAI	VRAI	VRAI	VRAI	VRAI	VRAI	VRAI	VRAI	VRAI	VRAI	VRAI	
Prise en compte de l'exposition de bruit de fond? (pour aliments et teneur air)			VRAI	VRAI	VRAI	VRAI	VRAI	VRAI	VRAI	VRAI	VRAI	VRAI	VRAI	VRAI	VRAI	VRAI	VRAI	VRAI	VRAI	VRAI	
3.0E-3	1.4E-3	1.0E-3	0.0E+0	4.7E-3	1.2E-3	1.3E-3	3.5E-4	3.0E-2	1.0E-3	1.4E-3	0.0E+0	7.0E-3	4.9E-3	3.5E-4	1.1E-11	0.0E+0	7.7E-6				
Concentration dans l'air ext retenue	Cair ext	µg/m3	3.0E-3	1.4E-3	1.2E-3	0.0E+0	5.6E-3	1.4E-3	1.5E-3	4.2E-4	3.6E-2	1.0E-3	1.7E-3	0.0E+0	8.4E-3	5.9E-3	4.2E-4	1.3E-11	0.0E+0	1.5E-5	
Concentration dans l'air int retenue	Cair int	µg/m3	3.0E-3	1.4E-3	1.2E-3	0.0E+0	5.6E-3	1.4E-3	1.5E-3	4.2E-4	3.6E-2	1.0E-3	1.7E-3	0.0E+0	8.4E-3	5.9E-3	4.2E-4	1.3E-11	0.0E+0	1.5E-5	
Paramètres d'exposition de la cible humaine																					
Fréquence d'exposition air ext		FEM ext	1.3E-1	1.3E-1	1.3E-1	1.3E-1	1.3E-1	1.3E-1	1.3E-1	1.3E-1	1.3E-1	1.3E-1	1.3E-1	1.3E-1	1.3E-1	1.3E-1	1.3E-1	1.3E-1	1.3E-1	1.3E-1	
Fréquence d'exposition air int		FEM int	8.8E-1	8.8E-1	8.8E-1	8.8E-1	8.8E-1	8.8E-1	8.8E-1	8.8E-1	8.8E-1	8.8E-1	8.8E-1	8.8E-1	8.8E-1	8.8E-1	8.8E-1	8.8E-1	8.8E-1	8.8E-1	
Durée d'exposition		année	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	
Fréquence d'exposition air ext		FEM ext	3.5E-1	3.5E-1	3.5E-1	3.5E-1	3.5E-1	3.5E-1	3.5E-1	3.5E-1	3.5E-1	3.5E-1	3.5E-1	3.5E-1	3.5E-1	3.5E-1	3.5E-1	3.5E-1	3.5E-1	3.5E-1	
Fréquence d'exposition air int		FEM int	6.5E-1	6.5E-1	6.5E-1	6.5E-1	6.5E-1	6.5E-1	6.5E-1	6.5E-1	6.5E-1	6.5E-1	6.5E-1	6.5E-1	6.5E-1	6.5E-1	6.5E-1	6.5E-1	6.5E-1	6.5E-1	
Durée d'exposition		année	64	64	64	64	64	64	64	64	64	64	64	64	64	64	64	64	64	64	
Exposition																					
Teneur moyenne inhalée		Cair moy	3.0E-3	1.4E-3	1.2E-3	0.0E+0	5.5E-3	1.4E-3	1.5E-3	4.1E-4	3.5E-2	1.0E-3	1.6E-3	0.0E+0	8.2E-3	5.8E-3	4.1E-4	1.5E-8	2.9E+0	1.5E-5	
Teneur moyenne inhalée		Cair moy	3.0E-3	1.4E-3	1.1E-3	0.0E+0	5.3E-3	1.3E-3	1.4E-3	4.0E-4	3.4E-2	1.0E-3	1.6E-3	0.0E+0	7.9E-3	5.5E-3	4.0E-4	1.5E-8	2.1E+0	1.5E-5	
VTR inhalation																					
concentration de référence, inhalation, enfant		CT	0.005	0.10362	1	0.2	0	0.1	1	0	0.04	0.02	0.5	0	1	592.105	9.86842	1.97E-06	3	0	
Excès de risque unitaire, inhalation, enfant		ERUi	1.8E-3	0.0E+0	4.3E-3	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	3.8E-4	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	5.1E+2	0.0E+0	1.1E-3	
concentration de référence, inhalation, adulte		CT	0.005	0.18375	1	0.2	0	0.1	1	0	0.04	0.02	0.5	0	1	1050	17.5	3.5E-06	3	0	
Excès de risque unitaire, inhalation, adulte		ERUi	1.8E-3	0.0E+0	4.3E-3	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	3.8E-4	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	2.9E+2	0.0E+0	1.1E-3	
Risque par inhalation de sol et poussières																					
En extérieur																					
Inhalation de sol et poussières en extérieur		IR	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.09	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
Inhalation de sol et poussières en extérieur		ERI	5.8E-8	0.0E+0	4.7E-8	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	4.1E-9	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	8.1E-8	0.0E+0	1.8E-10	
Inhalation de sol et poussières en extérieur		IR	0.21	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.26	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
Inhalation de sol et poussières en extérieur		ERI	1.7E-6	0.0E+0	1.4E-6	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	1.2E-7	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	1.4E-6	0.0E+0	5.3E-9	
Inhalation de sol et poussières en extérieur		ERI	ad.+enf.	ad.+enf.	ad.+enf.	ad.+enf.	ad.+enf.	ad.+enf.	ad.+enf.	ad.+enf.	ad.+enf.	ad.+enf.	ad.+enf.	ad.+enf.	ad.+enf.	ad.+enf.	ad.+enf.	ad.+enf.	ad.+enf.	ad.+enf.	ad.+enf.
Inhalation de sol et poussières en extérieur		ERI	1.8E-6	0.0E+0	1.4E-6	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	1.3E-7	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	1.5E-6	0.0E+0	5.5E-9	
En intérieur																					
Inhalation de sol et poussières en intérieur		IR	0.53	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.78	0.04	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.95	0.00	
Inhalation de sol et poussières en intérieur		ERI	4.1E-7	0.0E+0	3.9E-7	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	2.9E-8	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	5.7E-7	0.0E+0	1.2E-9	
Inhalation de sol et poussières en intérieur		IR	0.39	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.58	0.03	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.71	0.00	
Inhalation de sol et poussières en intérieur		ERI	3.2E-6	0.0E+0	3.1E-6	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	2.3E-7	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	2.5E-6	0.0E+0	9.8E-9	
Inhalation de sol et poussières en intérieur		ERI	ad.+enf.	ad.+enf.	ad.+enf.	ad.+enf.	ad.+enf.	ad.+enf.	ad.+enf.	ad.+enf.	ad.+enf.	ad.+enf.	ad.+enf.	ad.+enf.	ad.+enf.	ad.+enf.	ad.+enf.	ad.+enf.	ad.+enf.	ad.+enf.	ad.+enf.
Inhalation de sol et poussières en intérieur		ERI	3.6E-6	0.0E+0	3.5E-6	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	2.5E-7	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	3.1E-6	0.0E+0	1.1E-8	
Total																					
Inhalation Total		IR	0.60	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.87	0.05	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.95	0.00	
Inhalation Total		ERI	4.6E-7	0.0E+0	4.4E-7	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	3.3E-8	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	6.5E-7	0.0E+0	1.4E-9	
Inhalation Total		IR	0.60	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.84	0.05	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.71	0.00	
Inhalation Total		ERI	4.9E-6	0.0E+0	4.5E-6	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	3.5E-7	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	3.9E-6	0.0E+0	1.5E-8	
Inhalation Total		ERI	ad.+enf.	ad.+enf.	ad.+enf.	ad.+enf.	ad.+enf.	ad.+enf.	ad.+enf.	ad.+enf.	ad.+enf.	ad.+enf.	ad.+enf.	ad.+enf.	ad.+enf.	ad.+enf.	ad.+enf.	ad.+enf.	ad.+enf.	ad.+enf.	ad.+enf.
Inhalation Total		ERI	5.4E-6	0.0E+0	4.9E-6	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	3.8E-7	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	4.6E-6	0.0E+0	1.7E-8	

Paramètre	Symbole	Unité	Cadmium	Mercur	Arsenic	Antimoine	Chrome	Cobalt	Cuivre	Etain	Manganè	Nickel	Plomb	Sélénium	Vanadiu	Zinc (Zn)	Argent	Dioxines	Naphtalé	BaP	Som-me
			m (Cd)	Hg2+	(As)	e (Sb)	(Cr III)	(Co)	(Cu)	(Sn)	(Mn)	(Ni)	(Pb)	(Se)	m (V)	(Zn)	(Ag)	(PCDD/P CDF)	ne	BaP	Som-me
EFFETS A SEUIL: INDICES DE RISQUE			Scénario: Sédentaires sur ferme + Ebf																		
Ingestion aliments autoproduits (hors petits animaux)			Enfant	Enfant	Enfant	Enfant	Enfant	Enfant	Enfant	Enfant	Enfant	Enfant	Enfant	Enfant	Enfant	Enfant	Enfant	Enfant	Enfant	Enfant	Enfant
via végétaux par dépôt des particules de l'air	IR		4.2E-2	7.5E-3	2.5E-2	0.0E+0	1.5E-5	2.8E-4	2.8E-5	2.9E-7	1.5E-4	4.8E-4	7.4E-3	0.0E+0	1.5E-3	1.5E-4	4.0E-5	2.4E-1	0.0E+0	0.0E+0	3.2E-1
via végétaux par absorption gazeuse depuis l'air	IR		0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	4.5E+0	0.0E+0	0.0E+0	4.5E+0
via végétaux par absorption racinaire depuis le sol	IR		2.3E+1	5.2E+0	8.9E+2	0.0E+0	2.1E-2	6.4E-1	7.4E-1	5.2E-3	3.5E+0	1.4E+0	6.1E+2	0.0E+0	7.9E-1	8.2E+0	0.0E+0	3.1E+0	0.0E+0	0.0E+0	1.6E+3
via l'ingestion de sol par les animaux	IR		1.2E-1	1.2E-2	8.3E+0	0.0E+0	5.0E-3	7.4E-2	9.9E-3	6.9E-5	1.5E-2	2.0E-1	2.7E+0	0.0E+0	3.7E-1	6.7E-2	0.0E+0	9.0E-2	0.0E+0	0.0E+0	1.2E+1
Total Ingestion aliments autoproduits (hors petits animaux)	IR		2.3E+1	5.2E+0	9.0E+2	0.0E+0	2.6E-2	7.1E-1	7.5E-1	5.2E-3	3.5E+0	1.6E+0	6.2E+2	0.0E+0	1.2E+0	8.3E+0	4.0E-5	7.9E+0	0.0E+0	0.0E+0	1.6E+3
Ingestion aliments hors site	IR		0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0
Ingestion de sol et poussières par l'homme	IR		4.0E-2	1.0E-2	9.7E-1	0.0E+0	8.9E-4	3.4E-2	2.6E-3	5.0E-5	6.1E-2	1.8E-2	1.1E-1	0.0E+0	2.2E-1	4.7E-3	2.0E-2	3.1E-3	0.0E+0	0.0E+0	1.5E+0
Inhalation de sol et poussières en extérieur	IR		7.5E-2	1.7E-3	1.3E-4	0.0E+0	0.0E+0	1.5E-3	1.6E-4	0.0E+0	9.3E-2	6.3E-3	3.5E-4	0.0E+0	8.8E-4	1.0E-6	4.4E-6	9.5E-4	0.0E+0	0.0E+0	1.8E-1
Inhalation de sol et poussières en intérieur	IR		5.3E-1	1.2E-2	1.1E-3	0.0E+0	0.0E+0	1.2E-2	1.3E-3	0.0E+0	7.8E-1	4.4E-2	2.9E-3	0.0E+0	7.4E-3	8.7E-6	3.7E-5	6.7E-3	9.5E-1	0.0E+0	2.3E+0
contact cutané avec le sol et les poussières en extérieur	IR		4.3E-3	1.9E-3	1.7E-2	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	9.3E-6	0.0E+0	0.0E+0	6.3E-5	2.1E-3	0.0E+0	0.0E+0	2.1E-4	7.2E-5	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	2.0E-2
contact cutané avec le sol et les poussières en intérieur	IR		1.7E-3	7.5E-4	6.7E-3	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	3.7E-6	0.0E+0	0.0E+0	2.5E-5	8.5E-4	0.0E+0	0.0E+0	8.5E-5	2.9E-5	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	1.0E-2
Total dû à pollution du sol-source, hors aliments	IR		6.5E-1	2.7E-2	9.9E-1	0.0E+0	8.9E-4	4.7E-2	4.1E-3	5.0E-5	9.3E-1	6.8E-2	1.2E-1	0.0E+0	2.3E-1	5.0E-3	2.0E-2	1.1E-2	9.5E-1	0.0E+0	4.1E+0
Ingestion eau potable	IR		0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	2.2E-4	0.0E+0	4.8E-4	0.0E+0	1.1E-2	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	6.7E-4	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	1.3E-2
Produits de consommation (ingestion, cutané,...)	IR		nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Total toutes voies, enfant	IR		2.4E+1	5.3E+0	9.0E+2	0.0E+0	2.7E-2	7.6E-1	7.6E-1	5.3E-3	4.4E+0	1.6E+0	6.2E+2	0.0E+0	1.4E+0	8.3E+0	2.0E-2	7.9E+0	9.5E-1	0.0E+0	1.6E+3
Ingestion aliments autoproduits (hors petits animaux)			Adulte	Adulte	Adulte	Adulte	Adulte	Adulte	Adulte	Adulte	Adulte	Adulte	Adulte	Adulte	Adulte	Adulte	Adulte	Adulte	Adulte	Adulte	Adulte
via végétaux par dépôt des particules de l'air	IR		1.3E-2	1.9E-3	4.9E-3	0.0E+0	4.5E-6	5.5E-5	6.9E-6	6.9E-8	6.0E-5	6.5E-5	9.4E-4	0.0E+0	4.9E-4	2.0E-5	1.8E-5	5.6E-2	0.0E+0	0.0E+0	7.8E-2
via végétaux par absorption gazeuse depuis l'air	IR		0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	1.3E+0	0.0E+0	0.0E+0	1.3E+0
via végétaux par absorption racinaire depuis le sol	IR		8.8E+0	2.0E+0	2.5E+2	0.0E+0	7.5E-3	2.5E-1	3.3E-1	1.6E-3	1.4E+0	3.0E-1	8.5E+1	0.0E+0	3.1E-1	1.3E+0	0.0E+0	9.0E-1	0.0E+0	0.0E+0	3.5E+2
via l'ingestion de sol par les animaux	IR		3.2E-2	1.8E-3	1.5E+0	0.0E+0	1.4E-3	8.8E-3	2.4E-3	8.7E-6	4.3E-3	2.7E-2	3.7E-1	0.0E+0	1.1E-1	1.3E-2	0.0E+0	2.7E-2	0.0E+0	0.0E+0	2.1E+0
Total Ingestion aliments autoproduits (hors petits animaux)	IR		8.9E+0	2.0E+0	2.5E+2	0.0E+0	8.9E-3	2.6E-1	3.3E-1	1.6E-3	1.4E+0	3.2E-1	8.5E+1	0.0E+0	4.2E-1	1.3E+0	1.8E-5	2.3E+0	0.0E+0	0.0E+0	3.5E+2
Ingestion aliments hors site	IR		0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0
Ingestion de sol et poussières par l'homme	IR		9.1E-3	2.3E-3	2.2E-1	0.0E+0	2.0E-4	7.7E-3	5.9E-4	1.1E-5	1.4E-2	4.0E-3	2.6E-2	0.0E+0	5.1E-2	1.1E-3	4.6E-3	7.0E-4	0.0E+0	0.0E+0	3.4E-1
Inhalation de sol et poussières en extérieur	IR		2.1E-1	2.8E-3	3.6E-4	0.0E+0	0.0E+0	4.1E-3	4.4E-4	0.0E+0	2.6E-1	1.8E-2	9.8E-4	0.0E+0	2.5E-3	1.6E-6	7.0E-6	1.5E-3	0.0E+0	0.0E+0	5.0E-1
Inhalation de sol et poussières en intérieur	IR		3.9E-1	5.1E-3	7.9E-4	0.0E+0	0.0E+0	9.1E-3	9.8E-4	0.0E+0	5.8E-1	3.2E-2	2.2E-3	0.0E+0	5.5E-3	3.6E-6	1.6E-5	2.8E-3	7.1E-1	0.0E+0	1.7E+0
contact cutané avec le sol et les poussières en extérieur	IR		6.5E-3	2.8E-3	2.5E-2	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	1.4E-5	0.0E+0	0.0E+0	9.5E-5	6.2E-3	0.0E+0	0.0E+0	3.2E-4	1.1E-4	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	4.1E-2
contact cutané avec le sol et les poussières en intérieur	IR		8.2E-4	3.5E-4	3.1E-3	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	1.8E-6	0.0E+0	0.0E+0	1.2E-5	7.8E-4	0.0E+0	0.0E+0	4.0E-5	1.4E-5	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	5.1E-3
Total dû à pollution du sol-source, hors aliments	IR		6.2E-1	1.3E-2	2.5E-1	0.0E+0	2.0E-4	2.1E-2	2.0E-3	1.1E-5	8.5E-1	5.4E-2	3.6E-2	0.0E+0	5.9E-2	1.4E-3	4.7E-3	5.0E-3	7.1E-1	0.0E+0	2.6E+0
Ingestion eau potable	IR		0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	9.5E-5	0.0E+0	2.0E-4	0.0E+0	4.8E-3	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	2.9E-4	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	5.4E-3
Produits de consommation (ingestion, cutané,...)	IR		nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Total toutes voies, adulte	IR		9.5E+0	2.0E+0	2.5E+2	0.0E+0	9.2E-3	2.8E-1	3.3E-1	1.6E-3	2.3E+0	3.8E-1	8.5E+1	0.0E+0	4.8E-1	1.3E+0	4.7E-3	2.3E+0	7.1E-1	0.0E+0	3.6E+2
EFFETS SANS SEUIL: EXCES DE RISQUE INDIVIDUEL			Scénario: Sédentaires sur ferme + Ebf																		
Ingestion aliments autoproduits (hors petits animaux)			Enfant	Enfant	Enfant	Enfant	Enfant	Enfant	Enfant	Enfant	Enfant	Enfant	Enfant	Enfant	Enfant	Enfant	Enfant	Enfant	Enfant	Enfant	Enfant
via végétaux par dépôt des particules de l'air	ERI		0.0E+0	0.0E+0	9.7E-7	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	2.0E-5	0.0E+0	1.5E-10	2.1E-5
via végétaux par absorption gazeuse depuis l'air	ERI		0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	3.8E-4	0.0E+0	0.0E+0	3.8E-4
via végétaux par absorption racinaire depuis le sol	ERI		0.0E+0	0.0E+0	3.4E-2	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	2.6E-4	0.0E+0	0.0E+0	3.5E-2
via l'ingestion de sol par les animaux	ERI		0.0E+0	0.0E+0	3.2E-4	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	7.7E-6	0.0E+0	0.0E+0	3.5E-4
Total Ingestion aliments autoproduits (hors petits animaux)	ERI		0.0E+0	0.0E+0	3.5E-2	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	6.7E-4	0.0E+0	1.5E-10	3.5E-2
Ingestion aliments hors site	ERI		0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0
Ingestion de sol et poussières par l'homme	ERI		0.0E+0	0.0E+0	3.7E-5	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	2.6E-7	0.0E+0	3.8E-8	3.8E-5
Inhalation de sol et poussières en extérieur	ERI		5.8E-8	0.0E+0	4.7E-8	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	4.1E-9	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	8.1E-8	0.0E+0	1.8E-10	1.9E-7
Inhalation de sol et poussières en intérieur	ERI		4.1E-7	0.0E+0	3.9E-7	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	2.9E-8	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	5.7E-7	0.0E+0	1.2E-9	1.4E-6
contact cutané avec le sol et les poussières en extérieur	ERI		0.0E+0	0.0E+0	6.4E-7	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	6.4E-7
contact cutané avec le sol et les poussières en intérieur	ERI		0.0E+0	0.0E+0	2.6E-7	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	2.6E-7
Total dû à pollution du sol-source, hors aliments	ERI		4.6E-7	0.0E+0	3.9E-5	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	3.3E-8	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	9.2E-7	0.0E+0	3.9E-8	4.0E-5
Ingestion eau potable	ERI		0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E															

Annexe 5

Critères de qualité fondés sur le risque, décomposés par scénario, type d'effet, voie d'exposition et cible

INVERSION: TENEURS ADMISSIBLES (mg/kg) DANS LE SOL-SOURCE									
(sans prise en compte de l'exposition de bruit de fond, ni du cumul des substances ou des scénarios)									
Scénario: Sédentaires sur maison avec potager									
	Cadmium m (Cd)	Mercurure Hg2+	Arsenic (As)	Cuivre (Cu)	Nickel (Ni)	Plomb (Pb)	Zinc (Zn)	Argent (Ag)	
EFFETS A SEUIL									
Ingestion aliments autoproduits (hors petits animaux)	Enfant	Enfant	Enfant	Enfant	Enfant	Enfant	Enfant	Enfant	Enfant
via végétaux par dépôt des particules de l'air	2.6E+4	5.2E+4	3.6E+4	2.0E+7	3.2E+6	5.0E+5	5.1E+7	9.0E+5	
via végétaux par absorption gazeuse depuis l'air	nl	nl	nl	nl	nl	nl	nl	nl	
via végétaux par absorption racinaire depuis le sol	1.4E-1	2.2E-1	3.2E-1	1.4E+2	3.0E+2	3.4E+0	4.0E+2	nl	
via l'ingestion de sol par les animaux	2.3E+2	3.6E+3	2.8E+2	9.2E+4	1.9E+4	1.2E+3	4.8E+4	nl	
Total Ingestion aliments autoproduits (hors petits animaux)	1.4E-1	2.2E-1	3.2E-1	1.4E+2	3.0E+2	3.4E+0	3.9E+2	9.0E+5	
Ingestion de sol et poussières par l'homme	2.0E+1	3.0E+1	3.0E+1	1.4E+4	2.0E+3	3.5E+2	3.0E+4	5.0E+2	
Inhalation de sol et poussières en extérieur	1.4E+3	2.8E+4	2.7E+5	2.7E+5	5.5E+3	1.4E+5	1.6E+8	2.7E+6	
Inhalation de sol et poussières en intérieur	1.3E+2	2.8E+3	2.7E+4	2.7E+4	5.3E+2	1.3E+4	1.6E+7	2.6E+5	
contact cutané avec le sol et les poussières en extérieur	2.2E+2	1.9E+2	2.1E+3	4.7E+6	6.6E+5	2.3E+4	8.0E+5	1.7E+5	
contact cutané avec le sol et les poussières en intérieur	4.4E+2	3.8E+2	4.2E+3	9.2E+6	1.3E+6	4.8E+4	1.6E+6	3.3E+5	
Toutes voies depuis sol-source, hors autoconsommation	1.5E+1	2.4E+1	2.9E+1	8.8E+3	3.9E+2	3.3E+2	2.8E+4	5.0E+2	
Total toutes voies, enfant	1.4E-1	2.1E-1	3.2E-1	1.4E+2	1.7E+2	3.4E+0	3.9E+2	5.0E+2	
Ingestion aliments autoproduits (hors petits animaux)	Adulte	Adulte	Adulte	Adulte	Adulte	Adulte	Adulte	Adulte	
via végétaux par dépôt des particules de l'air	5.6E+4	1.1E+5	8.0E+4	4.3E+7	6.7E+6	1.1E+6	1.1E+8	1.8E+6	
via végétaux par absorption gazeuse depuis l'air	nl	nl	nl	nl	nl	nl	nl	nl	
via végétaux par absorption racinaire depuis le sol	3.4E-1	5.2E-1	7.1E-1	3.0E+2	6.9E+2	7.8E+0	8.7E+2	nl	
via l'ingestion de sol par les animaux	6.1E+2	9.4E+3	7.4E+2	2.1E+5	4.3E+4	2.7E+3	1.1E+5	nl	
Total Ingestion aliments autoproduits (hors petits animaux)	3.4E-1	5.2E-1	7.1E-1	3.0E+2	6.7E+2	7.7E+0	8.7E+2	1.8E+6	
Ingestion de sol et poussières par l'homme	2.8E+2	4.2E+2	4.2E+2	2.0E+5	2.8E+4	4.9E+3	4.2E+5	7.0E+3	
Inhalation de sol et poussières en extérieur	1.0E+3	3.8E+4	2.1E+5	2.1E+5	4.2E+3	1.0E+5	2.2E+8	3.7E+6	
Inhalation de sol et poussières en intérieur	1.4E+2	5.1E+3	2.8E+4	2.8E+4	5.5E+2	1.4E+4	2.9E+7	4.8E+5	
contact cutané avec le sol et les poussières en extérieur	4.2E+2	3.7E+2	4.0E+3	8.8E+6	1.3E+6	2.2E+4	1.5E+6	3.2E+5	
contact cutané avec le sol et les poussières en intérieur	5.8E+2	5.1E+2	5.5E+3	1.2E+7	1.7E+6	3.1E+4	2.1E+6	4.4E+5	
Toutes voies depuis sol-source, hors autoconsommation	6.3E+1	1.4E+2	3.5E+2	2.2E+4	4.8E+2	2.7E+3	2.8E+5	6.6E+3	
Total toutes voies, adulte	3.4E-1	5.2E-1	7.1E-1	2.9E+2	2.8E+2	7.7E+0	8.6E+2	6.6E+3	
Ingestion aliments autoproduits (hors petits animaux)	ad.+enf.	ad.+enf.	ad.+enf.	ad.+enf.	ad.+enf.	ad.+enf.	ad.+enf.	ad.+enf.	
via végétaux par dépôt des particules de l'air	2.6E+4	5.2E+4	3.6E+4	2.0E+7	3.2E+6	5.0E+5	5.1E+7	9.0E+5	
via végétaux par absorption gazeuse depuis l'air	nl	nl	nl	nl	nl	nl	nl	nl	
via végétaux par absorption racinaire depuis le sol	1.4E-1	2.2E-1	3.2E-1	1.4E+2	3.0E+2	3.4E+0	4.0E+2	nl	
via l'ingestion de sol par les animaux	2.3E+2	3.6E+3	2.8E+2	9.2E+4	1.9E+4	1.2E+3	4.8E+4	nl	
Total Ingestion aliments autoproduits (hors petits animaux)	1.4E-1	2.2E-1	3.2E-1	1.4E+2	3.0E+2	3.4E+0	3.9E+2	9.0E+5	
Ingestion de sol et poussières par l'homme	2.0E+1	3.0E+1	3.0E+1	1.4E+4	2.0E+3	3.5E+2	3.0E+4	5.0E+2	
Inhalation de sol et poussières en extérieur	1.0E+3	2.8E+4	2.1E+5	2.1E+5	4.2E+3	1.0E+5	1.6E+8	2.7E+6	
Inhalation de sol et poussières en intérieur	1.3E+2	2.8E+3	2.7E+4	2.7E+4	5.3E+2	1.3E+4	1.6E+7	2.6E+5	
contact cutané avec le sol et les poussières en extérieur	2.2E+2	1.9E+2	2.1E+3	4.7E+6	6.6E+5	2.2E+4	8.0E+5	1.7E+5	
contact cutané avec le sol et les poussières en intérieur	4.4E+2	3.8E+2	4.2E+3	9.2E+6	1.3E+6	3.1E+4	1.6E+6	3.3E+5	
Toutes voies depuis sol-source, hors autoconsommation	1.5E+1	2.4E+1	2.9E+1	8.8E+3	3.9E+2	3.3E+2	2.8E+4	5.0E+2	
Total toutes voies, enfant+adulte	1.4E-1	2.1E-1	3.2E-1	1.4E+2	1.7E+2	3.4E+0	3.9E+2	5.0E+2	
EFFETS SANS SEUIL									
Ingestion aliments autoproduits (hors petits animaux)	Enfant	Enfant	Enfant	Enfant	Enfant	Enfant	Enfant	Enfant	
via végétaux par dépôt des particules de l'air	nl	nl	9.3E+3	nl	nl	nl	nl	nl	
via végétaux par absorption gazeuse depuis l'air	nl	nl	nl	nl	nl	nl	nl	nl	
via végétaux par absorption racinaire depuis le sol	nl	nl	8.4E-2	nl	nl	nl	nl	nl	
via l'ingestion de sol par les animaux	nl	nl	7.3E+1	nl	nl	nl	nl	nl	
Total Ingestion aliments autoproduits (hors petits animaux)	nl	nl	8.4E-2	nl	nl	nl	nl	nl	
Ingestion de sol et poussières par l'homme	nl	nl	7.8E+0	nl	nl	nl	nl	nl	
Inhalation de sol et poussières en extérieur	1.8E+4	nl	7.4E+3	nl	8.4E+4	nl	nl	nl	
Inhalation de sol et poussières en intérieur	1.7E+3	nl	7.2E+2	nl	8.2E+3	nl	nl	nl	
contact cutané avec le sol et les poussières en extérieur	nl	nl	5.5E+2	nl	nl	nl	nl	nl	
contact cutané avec le sol et les poussières en intérieur	nl	nl	1.1E+3	nl	nl	nl	nl	nl	
Toutes voies depuis sol-source, hors autoconsommation	1.6E+3	nl	7.5E+0	nl	7.4E+3	nl	nl	nl	
Total toutes voies, enfant	1.6E+3	nl	8.3E-2	nl	7.4E+3	nl	nl	nl	
Ingestion aliments autoproduits (hors petits animaux)	Adulte	Adulte	Adulte	Adulte	Adulte	Adulte	Adulte	Adulte	
via végétaux par dépôt des particules de l'air	nl	nl	1.9E+3	nl	nl	nl	nl	nl	
via végétaux par absorption gazeuse depuis l'air	nl	nl	nl	nl	nl	nl	nl	nl	
via végétaux par absorption racinaire depuis le sol	nl	nl	1.7E-2	nl	nl	nl	nl	nl	
via l'ingestion de sol par les animaux	nl	nl	1.8E+1	nl	nl	nl	nl	nl	
Total Ingestion aliments autoproduits (hors petits animaux)	nl	nl	1.7E-2	nl	nl	nl	nl	nl	
Ingestion de sol et poussières par l'homme	nl	nl	1.0E+1	nl	nl	nl	nl	nl	
Inhalation de sol et poussières en extérieur	1.3E+3	nl	5.3E+2	nl	6.0E+3	nl	nl	nl	
Inhalation de sol et poussières en intérieur	1.7E+2	nl	7.0E+1	nl	7.9E+2	nl	nl	nl	
contact cutané avec le sol et les poussières en extérieur	nl	nl	9.7E+1	nl	nl	nl	nl	nl	
contact cutané avec le sol et les poussières en intérieur	nl	nl	1.3E+2	nl	nl	nl	nl	nl	
Toutes voies depuis sol-source, hors autoconsommation	1.5E+2	nl	7.6E+0	nl	7.0E+2	nl	nl	nl	
Total toutes voies, adulte	1.5E+2	nl	1.7E-2	nl	7.0E+2	nl	nl	nl	
Ingestion aliments autoproduits (hors petits animaux)	ad.+enf.	ad.+enf.	ad.+enf.	ad.+enf.	ad.+enf.	ad.+enf.	ad.+enf.	ad.+enf.	
via végétaux par dépôt des particules de l'air	nl	nl	1.6E+3	nl	nl	nl	nl	nl	
via végétaux par absorption gazeuse depuis l'air	nl	nl	nl	nl	nl	nl	nl	nl	
via végétaux par absorption racinaire depuis le sol	nl	nl	1.4E-2	nl	nl	nl	nl	nl	
via l'ingestion de sol par les animaux	nl	nl	1.4E+1	nl	nl	nl	nl	nl	
Total Ingestion aliments autoproduits (hors petits animaux)	nl	nl	1.4E-2	nl	nl	nl	nl	nl	
Ingestion de sol et poussières par l'homme	nl	nl	4.4E+0	nl	nl	nl	nl	nl	
Inhalation de sol et poussières en extérieur	1.2E+3	nl	5.0E+2	nl	5.6E+3	nl	nl	nl	
Inhalation de sol et poussières en intérieur	1.5E+2	nl	6.4E+1	nl	7.2E+2	nl	nl	nl	
contact cutané avec le sol et les poussières en extérieur	nl	nl	8.2E+1	nl	nl	nl	nl	nl	
contact cutané avec le sol et les poussières en intérieur	nl	nl	1.2E+2	nl	nl	nl	nl	nl	
Toutes voies depuis sol-source, hors autoconsommation	1.4E+2	nl	3.8E+0	nl	6.4E+2	nl	nl	nl	
Total toutes voies, enfant+adulte	1.4E+2	nl	1.4E-2	nl	6.4E+2	nl	nl	nl	
EFFETS A SEUIL ET SANS SEUIL									
Ingestion aliments autoproduits (hors petits animaux)	Enfant	Enfant	Enfant	Enfant	Enfant	Enfant	Enfant	Enfant	
via végétaux par dépôt des particules de l'air	2.6E+4	5.2E+4	9.3E+3	2.0E+7	3.2E+6	5.0E+5	5.1E+7	9.0E+5	
via végétaux par absorption gazeuse depuis l'air	nl	nl	nl	nl	nl	nl	nl	nl	
via végétaux par absorption racinaire depuis le sol	1.4E-1	2.2E-1	8.4E-2	1.4E+2	3.0E+2	3.4E+0	4.0E+2	nl	
via l'ingestion de sol par les animaux	2.3E+2	3.6E+3	7.3E+1	9.2E+4	1.9E+4	1.2E+3	4.8E+4	nl	
Total Ingestion aliments autoproduits (hors petits animaux)	1.4E-1	2.2E-1	8.4E-2	1.4E+2	3.0E+2	3.4E+0	3.9E+2	9.0E+5	
Ingestion de sol et poussières par l'homme	2.0E+1	3.0E+1	7.8E+0	1.4E+4	2.0E+3	3.5E+2	3.0E+4	5.0E+2	
Inhalation de sol et poussières en extérieur	1.4E+3	2.8E+4	7.4E+3	2.7E+5	5.5E+3	1.4E+5	1.6E+8	2.7E+6	
Inhalation de sol et poussières en intérieur	1.3E+2	2.8E+3	7.2E+2	2.7E+4	5.3E+2	1.3E+4	1.6E+7	2.6E+5	
contact cutané avec le sol et les poussières en extérieur	2.2E+2	1.9E+2	5.5E+2	4.7E+6	6.6E+5	2.3E+4	8.0E+5	1.7E+5	
contact cutané avec le sol et les poussières en intérieur	4.4E+2	3.8E+2	1.1E+3	9.2E+6	1.3E+6	4.8E+4	1.6E+6	3.3E+5	
Toutes voies depuis sol-source, hors autoconsommation	1.5E+1	2.4E+1	7.5E+0	8.8E+3	3.9E+2	3.3E+2	2.8E+4	5.0E+2	
Total toutes voies, enfant	1.4E-1	2.1E-1	8.3E-2	1.4E+2	1.7E+2	3.4E+0	3.9E+2	5.0E+2	
Ingestion aliments autoproduits (hors petits animaux)	Adulte	Adulte	Adulte	Adulte	Adulte	Adulte	Adulte	Adulte	
via végétaux par dépôt des particules de l'air	5.6E+4	1.1E+5	1.9E+3	4.3E+7	6.7E+6	1.1E+6	1.1E+8	1.8E+6	
via végétaux par absorption gazeuse depuis l'air	nl	nl	nl	nl	nl	nl	nl	nl	
via végétaux par absorption racinaire depuis le sol	3.4E-1	5.2E-1	1.7E-2	3.0E+2	6.9E+2	7.8E+0	8.7E+2	nl	
via l'ingestion de sol par les animaux	6.1E+2	9.4E+3	1.8E+1	2.1E+5	4.3E+4	2.7E+3	1.1E+5	nl	
Total Ingestion aliments autoproduits (hors petits animaux)	3.4E-1	5.2E-1	1.7E-2	3.0E+2	6.7E+2	7.7E+0	8.7E+2	1.8E+6	
Ingestion de sol et poussières par l'homme	2.8E+2	4.2E+2	1.0E+1	2.0E+5	2.8E+4	4.9E+3	4.2E+5	7.0E+3	
Inhalation de sol et poussières en extérieur	1.0E+3	3.8E+4	5.3E+2	2.1E+5	4.2E+3	1.0E+5	2.2E+8	3.7E+6	
Inhalation de sol et poussières en intérieur	1.4E+2	5.1E+3	7.0E+1	2.8E+4	5.5E+2	1.4E+4	2.9E+7	4.8E+5	
contact cutané avec le sol et les poussières en extérieur	4.2E+2	3.7E+2	9.7E+1	8.8E+6	1.3E+6	2.2E+4	1.5E+6	3.2E+5	
contact cutané avec le sol et les poussières en intérieur	5.8E+2	5.1E+2	1.3E+2	1.2E+7	1.7E+6	3.1E+4	2.1E+6	4.4E+5	
Toutes voies depuis sol-source, hors autoconsommation	6.3E+1	1.4E+2	7.6E+0	2.2E+4	4.8E+2	2.7E+3	2.8E+5	6.6E+3	
Total toutes voies, adulte	3.4E-1	5.2E-1	1.7E-2	2.9E+2	2.8E+2	7.7E+0	8.6E+2	6.6E+3	
Ingestion aliments autoproduits (hors petits animaux)	ad.+enf.	ad.+enf.	ad.+enf.	ad.+enf.	ad.+enf.	ad.+enf.	ad.+enf.	ad.+enf.	
via végétaux par dépôt des particules de l'air	2.6E+4	5.2E+4	1.6E+3	2.0E+7	3.				

INVERSION: TENEURS ADMISSIBLES (mg/kg) DANS LE SOL-SOURCE								
(sans prise en compte de l'exposition de bruit de fond, ni du cumul des substances ou des scénarios)								
Scénario: Sédentaires sur maison avec jardin sans potager								
	Cadmium (Cd)	Mercurure (Hg2+)	Arsenic (As)	Cuivre (Cu)	Nickel (Ni)	Plomb (Pb)	Zinc (Zn)	Argent (Ag)
EFFETS A SEUIL								
Ingestion aliments autoproduits (hors petits animaux)	Enfant	Enfant	Enfant	Enfant	Enfant	Enfant	Enfant	Enfant
via végétaux par dépôt des particules de l'air	nl	nl	nl	nl	nl	nl	nl	nl
via végétaux par absorption gazeuse depuis l'air	nl	nl	nl	nl	nl	nl	nl	nl
via végétaux par absorption racinaire depuis le sol	nl	nl	nl	nl	nl	nl	nl	nl
via l'ingestion de sol par les animaux	nl	nl	nl	nl	nl	nl	nl	nl
Total Ingestion aliments autoproduits (hors petits animaux)	nl	nl	nl	nl	nl	nl	nl	nl
Ingestion de sol et poussières par l'homme	2.0E+1	3.0E+1	3.0E+1	1.4E+4	2.0E+3	3.5E+2	3.0E+4	5.0E+2
Inhalation de sol et poussières en extérieur	1.4E+3	2.8E+4	2.7E+5	2.7E+5	5.5E+3	1.4E+5	1.6E+8	2.7E+6
Inhalation de sol et poussières en intérieur	1.3E+2	2.8E+3	2.7E+4	2.7E+4	5.3E+2	1.3E+4	1.6E+7	2.6E+5
contact cutané avec le sol et les poussières en extérieur	2.2E+2	1.9E+2	2.1E+3	4.7E+6	6.6E+5	2.3E+4	8.0E+5	1.7E+5
contact cutané avec le sol et les poussières en intérieur	4.4E+2	3.8E+2	4.2E+3	9.2E+6	1.3E+6	4.6E+4	1.6E+6	3.3E+5
Toutes voies depuis sol-source, hors autoconsommation	1.5E+1	2.4E+1	2.9E+1	8.8E+3	3.9E+2	3.3E+2	2.8E+4	5.0E+2
Total toutes voies, enfant	1.5E+1	2.4E+1	2.9E+1	8.8E+3	3.9E+2	3.3E+2	2.8E+4	5.0E+2
Ingestion aliments autoproduits (hors petits animaux)	Adulte	Adulte	Adulte	Adulte	Adulte	Adulte	Adulte	Adulte
via végétaux par dépôt des particules de l'air	nl	nl	nl	nl	nl	nl	nl	nl
via végétaux par absorption gazeuse depuis l'air	nl	nl	nl	nl	nl	nl	nl	nl
via végétaux par absorption racinaire depuis le sol	nl	nl	nl	nl	nl	nl	nl	nl
via l'ingestion de sol par les animaux	nl	nl	nl	nl	nl	nl	nl	nl
Total Ingestion aliments autoproduits (hors petits animaux)	nl	nl	nl	nl	nl	nl	nl	nl
Ingestion de sol et poussières par l'homme	1.4E+3	2.1E+3	2.1E+3	9.8E+5	1.4E+5	2.5E+4	2.1E+6	3.5E+4
Inhalation de sol et poussières en extérieur	1.0E+3	3.8E+4	2.1E+5	2.1E+5	4.2E+3	1.0E+5	2.2E+8	3.7E+6
Inhalation de sol et poussières en intérieur	1.4E+2	5.1E+3	2.8E+4	2.8E+4	5.5E+2	1.4E+4	2.9E+7	4.8E+5
contact cutané avec le sol et les poussières en extérieur	2.1E+3	1.8E+3	2.0E+4	4.4E+7	6.3E+6	1.1E+5	7.6E+6	1.6E+6
contact cutané avec le sol et les poussières en intérieur	5.8E+2	5.1E+2	5.5E+3	1.2E+7	1.7E+6	3.1E+4	2.1E+6	4.4E+5
Toutes voies depuis sol-source, hors autoconsommation	9.0E+1	3.1E+2	1.3E+3	2.4E+4	4.9E+2	6.1E+3	8.9E+5	3.0E+4
Total toutes voies, adulte	9.0E+1	3.1E+2	1.3E+3	2.4E+4	4.9E+2	6.1E+3	8.9E+5	3.0E+4
Ingestion aliments autoproduits (hors petits animaux)	ad.+enf.	ad.+enf.	ad.+enf.	ad.+enf.	ad.+enf.	ad.+enf.	ad.+enf.	ad.+enf.
via végétaux par dépôt des particules de l'air	nl	nl	nl	nl	nl	nl	nl	nl
via végétaux par absorption gazeuse depuis l'air	nl	nl	nl	nl	nl	nl	nl	nl
via végétaux par absorption racinaire depuis le sol	nl	nl	nl	nl	nl	nl	nl	nl
via l'ingestion de sol par les animaux	nl	nl	nl	nl	nl	nl	nl	nl
Total Ingestion aliments autoproduits (hors petits animaux)	nl	nl	nl	nl	nl	nl	nl	nl
Ingestion de sol et poussières par l'homme	2.0E+1	3.0E+1	3.0E+1	1.4E+4	2.0E+3	3.5E+2	3.0E+4	5.0E+2
Inhalation de sol et poussières en extérieur	1.0E+3	2.8E+4	2.1E+5	2.1E+5	4.2E+3	1.0E+5	1.6E+8	2.7E+6
Inhalation de sol et poussières en intérieur	1.3E+2	2.8E+3	2.7E+4	2.7E+4	5.3E+2	1.3E+4	1.6E+7	2.6E+5
contact cutané avec le sol et les poussières en extérieur	2.2E+2	1.9E+2	2.1E+3	4.7E+6	6.6E+5	2.3E+4	8.0E+5	1.7E+5
contact cutané avec le sol et les poussières en intérieur	4.4E+2	3.8E+2	4.2E+3	9.2E+6	1.3E+6	3.1E+4	1.6E+6	3.3E+5
Toutes voies depuis sol-source, hors autoconsommation	1.5E+1	2.4E+1	2.9E+1	8.8E+3	3.9E+2	3.3E+2	2.8E+4	5.0E+2
Total toutes voies, enfant+adulte	1.5E+1	2.4E+1	2.9E+1	8.8E+3	3.9E+2	3.3E+2	2.8E+4	5.0E+2
EFFETS SANS SEUIL								
Ingestion aliments autoproduits (hors petits animaux)	Enfant	Enfant	Enfant	Enfant	Enfant	Enfant	Enfant	Enfant
via végétaux par dépôt des particules de l'air	nl	nl	nl	nl	nl	nl	nl	nl
via végétaux par absorption gazeuse depuis l'air	nl	nl	nl	nl	nl	nl	nl	nl
via végétaux par absorption racinaire depuis le sol	nl	nl	nl	nl	nl	nl	nl	nl
via l'ingestion de sol par les animaux	nl	nl	nl	nl	nl	nl	nl	nl
Total Ingestion aliments autoproduits (hors petits animaux)	nl	nl	nl	nl	nl	nl	nl	nl
Ingestion de sol et poussières par l'homme	nl	nl	7.8E+0	nl	nl	nl	nl	nl
Inhalation de sol et poussières en extérieur	1.8E+4	nl	7.4E+3	nl	8.4E+4	nl	nl	nl
Inhalation de sol et poussières en intérieur	1.7E+3	nl	7.2E+2	nl	8.2E+3	nl	nl	nl
contact cutané avec le sol et les poussières en extérieur	nl	nl	5.5E+2	nl	nl	nl	nl	nl
contact cutané avec le sol et les poussières en intérieur	nl	nl	1.1E+3	nl	nl	nl	nl	nl
Toutes voies depuis sol-source, hors autoconsommation	1.6E+3	nl	7.5E+0	nl	7.4E+3	nl	nl	nl
Total toutes voies, enfant	1.6E+3	nl	7.5E+0	nl	7.4E+3	nl	nl	nl
Ingestion aliments autoproduits (hors petits animaux)	Adulte	Adulte	Adulte	Adulte	Adulte	Adulte	Adulte	Adulte
via végétaux par dépôt des particules de l'air	nl	nl	nl	nl	nl	nl	nl	nl
via végétaux par absorption gazeuse depuis l'air	nl	nl	nl	nl	nl	nl	nl	nl
via végétaux par absorption racinaire depuis le sol	nl	nl	nl	nl	nl	nl	nl	nl
via l'ingestion de sol par les animaux	nl	nl	nl	nl	nl	nl	nl	nl
Total Ingestion aliments autoproduits (hors petits animaux)	nl	nl	nl	nl	nl	nl	nl	nl
Ingestion de sol et poussières par l'homme	nl	nl	5.1E+1	nl	nl	nl	nl	nl
Inhalation de sol et poussières en extérieur	1.3E+3	nl	5.3E+2	nl	6.0E+3	nl	nl	nl
Inhalation de sol et poussières en intérieur	1.7E+2	nl	7.0E+1	nl	7.9E+2	nl	nl	nl
contact cutané avec le sol et les poussières en extérieur	nl	nl	4.9E+2	nl	nl	nl	nl	nl
contact cutané avec le sol et les poussières en intérieur	nl	nl	1.3E+2	nl	nl	nl	nl	nl
Toutes voies depuis sol-source, hors autoconsommation	1.5E+2	nl	2.2E+1	nl	7.0E+2	nl	nl	nl
Total toutes voies, adulte	1.5E+2	nl	2.2E+1	nl	7.0E+2	nl	nl	nl
Ingestion aliments autoproduits (hors petits animaux)	ad.+enf.	ad.+enf.	ad.+enf.	ad.+enf.	ad.+enf.	ad.+enf.	ad.+enf.	ad.+enf.
via végétaux par dépôt des particules de l'air	nl	nl	nl	nl	nl	nl	nl	nl
via végétaux par absorption gazeuse depuis l'air	nl	nl	nl	nl	nl	nl	nl	nl
via végétaux par absorption racinaire depuis le sol	nl	nl	nl	nl	nl	nl	nl	nl
via l'ingestion de sol par les animaux	nl	nl	nl	nl	nl	nl	nl	nl
Total Ingestion aliments autoproduits (hors petits animaux)	nl	nl	nl	nl	nl	nl	nl	nl
Ingestion de sol et poussières par l'homme	nl	nl	6.7E+0	nl	nl	nl	nl	nl
Inhalation de sol et poussières en extérieur	1.2E+3	nl	5.0E+2	nl	5.6E+3	nl	nl	nl
Inhalation de sol et poussières en intérieur	1.5E+2	nl	6.4E+1	nl	7.2E+2	nl	nl	nl
contact cutané avec le sol et les poussières en extérieur	nl	nl	2.6E+2	nl	nl	nl	nl	nl
contact cutané avec le sol et les poussières en intérieur	nl	nl	1.2E+2	nl	nl	nl	nl	nl
Toutes voies depuis sol-source, hors autoconsommation	1.4E+2	nl	5.6E+0	nl	6.4E+2	nl	nl	nl
Total toutes voies, enfant+adulte	1.4E+2	nl	5.6E+0	nl	6.4E+2	nl	nl	nl
EFFETS A SEUIL ET SANS SEUIL								
Ingestion aliments autoproduits (hors petits animaux)	Enfant	Enfant	Enfant	Enfant	Enfant	Enfant	Enfant	Enfant
via végétaux par dépôt des particules de l'air	nl	nl	nl	nl	nl	nl	nl	nl
via végétaux par absorption gazeuse depuis l'air	nl	nl	nl	nl	nl	nl	nl	nl
via végétaux par absorption racinaire depuis le sol	nl	nl	nl	nl	nl	nl	nl	nl
via l'ingestion de sol par les animaux	nl	nl	nl	nl	nl	nl	nl	nl
Total Ingestion aliments autoproduits (hors petits animaux)	nl	nl	nl	nl	nl	nl	nl	nl
Ingestion de sol et poussières par l'homme	2.0E+1	3.0E+1	7.8E+0	1.4E+4	2.0E+3	3.5E+2	3.0E+4	5.0E+2
Inhalation de sol et poussières en extérieur	1.4E+3	2.8E+4	7.4E+3	2.7E+5	5.5E+3	1.4E+5	1.6E+8	2.7E+6
Inhalation de sol et poussières en intérieur	1.3E+2	2.8E+3	7.2E+2	2.7E+4	5.3E+2	1.3E+4	1.6E+7	2.6E+5
contact cutané avec le sol et les poussières en extérieur	2.2E+2	1.9E+2	5.5E+2	4.7E+6	6.6E+5	2.3E+4	8.0E+5	1.7E+5
contact cutané avec le sol et les poussières en intérieur	4.4E+2	3.8E+2	1.1E+3	9.2E+6	1.3E+6	4.6E+4	1.6E+6	3.3E+5
Toutes voies depuis sol-source, hors autoconsommation	1.5E+1	2.4E+1	7.5E+0	8.8E+3	3.9E+2	3.3E+2	2.8E+4	5.0E+2
Total toutes voies, enfant	1.5E+1	2.4E+1	7.5E+0	8.8E+3	3.9E+2	3.3E+2	2.8E+4	5.0E+2
Ingestion aliments autoproduits (hors petits animaux)	Adulte	Adulte	Adulte	Adulte	Adulte	Adulte	Adulte	Adulte
via végétaux par dépôt des particules de l'air	nl	nl	nl	nl	nl	nl	nl	nl
via végétaux par absorption gazeuse depuis l'air	nl	nl	nl	nl	nl	nl	nl	nl
via végétaux par absorption racinaire depuis le sol	nl	nl	nl	nl	nl	nl	nl	nl
via l'ingestion de sol par les animaux	nl	nl	nl	nl	nl	nl	nl	nl
Total Ingestion aliments autoproduits (hors petits animaux)	nl	nl	nl	nl	nl	nl	nl	nl
Ingestion de sol et poussières par l'homme	1.4E+3	2.1E+3	5.1E+1	9.8E+5	1.4E+5	2.5E+4	2.1E+6	3.5E+4
Inhalation de sol et poussières en extérieur	1.0E+3	3.8E+4	5.3E+2	2.1E+5	4.2E+3	1.0E+5	2.2E+8	3.7E+6
Inhalation de sol et poussières en intérieur	1.4E+2	5.1E+3	7.0E+1	2.8E+4	5.5E+2	1.4E+4	2.9E+7	4.8E+5
contact cutané avec le sol et les poussières en extérieur	2.1E+3	1.8E+3	4.9E+2	4.4E+7	6.3E+6	1.1E+5	7.6E+6	1.6E+6
contact cutané avec le sol et les poussières en intérieur	5.8E+2	5.1E+2	1.3E+2	1.2E+7	1.7E+6	3.1E+4	2.1E+6	4.4E+5
Toutes voies depuis sol-source, hors autoconsommation	9.0E+1	3.1E+2	2.2E+1	2.4E+4	4.9E+2	6.1E+3	8.9E+5	3.0E+4
Total toutes voies, adulte	9.0E+1	3.1E+2	2.2E+1	2.4E+4	4.9E+2	6.1E+3	8.9E+5	3.0E+4
Ingestion aliments autoproduits (hors petits animaux)	ad.+enf.	ad.+enf.	ad.+enf.	ad.+enf.	ad.+enf.	ad.+enf.	ad.+enf.	ad.+enf.
via végétaux par dépôt des particules de l'air	nl	nl	nl	nl	nl	nl	nl	nl
via végétaux par absorption gazeuse depuis l'air	nl	nl	nl	nl	nl	nl	nl	nl
via végétaux par absorption racinaire depuis le sol	nl	nl	nl	nl	nl	nl	nl	nl
via l'ingestion de sol par les animaux	nl	nl	nl	nl	nl	nl	nl	nl
Total Ingestion aliments autoproduits (hors petits animaux)	nl	nl	nl	nl	nl	nl	nl	nl
Ingestion de sol et poussières par l'homme	2.0E+1	3.0E+1	6.7E+0	1.4E+4	2.0E+3	3.5E+2	3.0E+4	5.0E+2
Inhalation de sol et poussières en extérieur	1.0E+3	2.8E+4	5.0E+2	2.1E+5	4.2E+3	1.0E+5	1.6E+8	2.7E+6
Inhalation de sol et poussières en intérieur	1.3E+2	2.8E+3	6.4E+1	2.7E+4	5.3E+2	1.3E+4	1.6E+7	2.6E+5
contact cutané avec le sol et les poussières en extérieur	2.2E+2	1.9E+2	2.6E+2	4.7E+6	6.6E+5	2.3E+4	8.0E+5	1.7E+5
contact cutané avec le sol et les poussières en intérieur	4.4E+2	3.8E+2	1.2E+2	9.2E+6	1.3E+6	3.1E+4	1.6E+6	3.3E+5
Toutes voies depuis sol-source, hors autoconsommation	1.5E+1	2.4E+1	5.6E+0	8.8E+3	3.9E+2	3.3E+2	2.8E+4	5.0E+2
Total toutes voies, enfant+adulte	1.5E+1	2.4E+1	5.6E+0	8.8E+3	3.9E+2	3.3E+2	2.8E+4	5.0E+2

nd: non déterminé; nl: pas de limite

