



Subvention SANISOL

**Délivrables 2.6 et 2.7 : Proposition de scénarii
« jardinier » pour les particuliers et les professionnels**

Rapport final - Version 2

Juin 2021

Rédaction version 1 (septembre 2019) : Maud LE BEL	Validation : Marie JAILLER
Mise à jour version 2 (juin 2021) : Jean-François HEILIER (diète) Marie JAILLER (quantité de sol)	



Table des matières

1. Introduction	5
2. Périmètre de l'étude.....	6
3. Source	8
3.1. Bioaccessibilité et biodisponibilité des polluants du sol et des légumes pour l'homme.....	8
3.2. Spéciation minéralogique et chimique des métaux (As, Pb) dans les sols et les légumes.....	8
4. Voie d'exposition	9
4.1. Facteur de transfert sol/plante (BCF) pour les métaux lourds et métalloïdes (8 du décret « sols » + manganèse et molybdène).....	9
4.2. Teneur des légumes en matières sèches.....	9
4.2.1. Définition	9
4.2.2. Equation de calcul de la dose d'exposition	9
4.2.3. Teneurs des légumes en matières sèches dans le logiciel S-Risk® WAL	10
4.2.4. Teneurs des légumes en matières sèches proposées dans l'outil SANISOL.....	11
4.2.5. Justification du choix des teneurs des légumes en matières sèches proposées pour l'outil SANISOL	12
4.2.6. Pistes d'amélioration pour SANISOL 2019 et plus	13
4.3. Teneur de fond dans les légumes	15
4.3.1. Définition	15
4.3.2. Equation de calcul de la dose d'exposition	15
4.3.3. Teneurs de fond dans les légumes dans le logiciel S-Risk® FLA/BRU.....	16
4.3.4. Teneurs de fond dans les légumes dans l'outil SANISOL.....	16
4.3.5. Justification du choix des teneurs de fond dans les légumes dans l'outil SANISOL	21
4.3.6. Pistes d'amélioration pour SANISOL 2019 et plus	22
5. Cible	22
5.1. Quantités ingérées de sol et de poussières pour le jardinier/agriculteur	22
5.1.1. Définition	22
5.1.2. Equation de calcul de la dose d'exposition	23
5.1.3. Valeurs des paramètres retenues dans le logiciel S-Risk® WAL.....	24
5.1.4. Valeurs des paramètres proposées dans l'outil SANISOL	25
5.1.5. Quantités de sol et de poussières déposées à l'intérieur ingérées retenues dans d'autres études/législations	26
5.1.6. Justification du choix des quantités de sol et de poussières déposées à l'intérieur proposées dans l'outil SANISOL	27
5.1.7. Pistes d'amélioration pour SANISOL 2019 et plus	29
5.2. Quantités consommées de productions végétales et/ou animales.....	30
5.2.1. Définition	30
5.2.2. Equation de calcul de la dose d'exposition	30
5.2.3. Quantités consommées de productions végétales retenues dans le logiciel S-Risk® WAL.....	31
5.2.4. Quantités consommées de productions végétales proposées dans l'outil SANISOL	31
5.2.5. Justification des quantités consommées de productions végétales proposées dans l'outil SANISOL	35

5.2.6. Pistes d'amélioration pour SANISOL 2019 et plus	36
5.3. Fractions de légumes auto-produites et consommées.....	36
5.3.1. Définition	36
5.3.2. Fractions de légumes auto-produites et consommées retenues dans le logiciel S-Risk® WAL ...	36
5.3.3. Fractions de légumes auto-produites et consommées proposées dans l'outil SANISOL	37
5.3.4. Justification du choix des fractions de légumes auto-produites et consommées proposées dans l'outil SANISOL.....	38
5.3.5. Pistes d'amélioration pour SANISOL 2019 et plus	41
6. Conclusion	42
7. Bibliographie.....	44
Annexes.....	48
Annexe 1 : Calcul des teneurs des légumes en matières sèches à partir de la base de données SANISOL	49
Annexe 2 : Détermination des teneurs de fond dans les légumes du commerce (AFSCA, EFSA).....	52
Annexe 3 : Détermination de la quantité de terre et de poussières déposées à l'intérieur ingérée. Exemple de Van Holderbeke, 2008	56
Annexe 4 : Calcul des quantités de sol et de poussières ingérées à partir des données de l'US-EPA (2017) pour l'outil SANISOL.....	60
Annexe 5 : Calcul des quantités de légumes et fruits consommés à partir de 14 références bibliographiques pour l'outil SANISOL.....	62

Abréviations

CWBP	Code Wallon de Bonnes Pratiques
GRER	Guide de Référence pour l'étude de risques
BCF	Facteur de bioconcentration (<i>Bio-Concentration Factor</i>)
As	Arsenic
Pb	Plomb
VITO	Vlaamse Instelling voor Technologisch Onderzoek (Flandre)
SPAA	Laboratoires de la Province de Liège
ULiège-GxABT	Université de Liège - Gembloux Agro-Bio Tech
MAFF	Ministry of Agriculture, Fisheries and Food (UK)
US-EPA	Agence américaine pour la protection de l'environnement (USA)
VS _H	Valeur seuil pour la protection de la santé humaine
Clecea	Centre d'économie agricole du Ministère des classes moyennes et de l'agriculture (France)
ISP	Institut de Santé Publique (Belgique)
INSEE	Institut national de la statistique et des études économiques
RBCA	Risk-Based Corrective Action
CLEA	Contaminated land exposure assessment
RIVM	Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (Pays-bas)
NECP	National Environment Protection Council (Australie)
BP	British Petrol
ADEME	Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie (France)
OFEV	Office fédéral de l'environnement (Suisse)
ars	Agence Régionale de Santé (France)
InVS	Institut de veille sanitaire (France)
INERIS	Institut National de l'Environnement industriel et des RISques
HILs	Substances Health Investigation Levels
AFSCA	Agence fédérale pour la sécurité de la chaîne alimentaire (Belgique)
ISSeP	Institut Scientifique de Service Public
EFSA	European Food Safety Authority
CRIOC	Centre de Recherche et d'Information des Organisations de Consommateurs

Ce rapport doit être cité comme suit :

SPAQuE (Juin 2021). Délivrables 2.6 et 2.7 : Proposition de scénarii « jardinier » pour les particuliers et les professionnels- Rapport final – version 2, 66 p., 5 annexes

1. Introduction

Dans le cadre de la subvention SANISOL, l'un des objectifs est de mettre à disposition, sur Internet, un outil destiné aux personnes cultivant des légumes et des fruits en Wallonie (particuliers et professionnels). Il s'adresse aux jardins potagers existants, privés ou publics (usage de fait) par opposition aux jardins qui pourraient être aménagés dans de futures zones d'habitation au droit de sites ayant connu une activité polluante (usage projeté), pour lesquels le décret « sols » (décret sols, 2018) est d'application et qui sont donc soumis aux normes en vigueur pour l'usage standard d'exposition « résidentiel avec jardin potager » (usage III, annexe 1 du décret sols 2018).

A partir des résultats d'analyses de métaux dans les sols et/ou dans les légumes obtenus sur son terrain, le jardinier (amateur ou professionnel) pourra connaître son niveau d'exposition liée à la fréquentation du terrain et à la consommation de légumes et de fruits provenant de son potager. En cas d'exposition excessive, l'outil délivrera des recommandations pratiques.

Cet outil, appelé « outil SANISOL », suit la méthodologie d'évaluation des risques sanitaires, utilisée dans le monde depuis les années 1960 pour l'évaluation des risques chimiques pour les travailleurs, la mise sur le marché des denrées alimentaires (résidus de pesticides), la mise sur le marché des médicaments, puis dans le domaine des sites et sols pollués.

L'outil SANISOL se base sur les équations et les paramètres du logiciel S-Risk[®] WAL, qui est le logiciel de référence en Wallonie depuis le 1^{er} septembre 2017 pour la réalisation des évaluations des risques pour la santé humaine, dont la méthodologie est décrite plus en détail dans le Code Wallon de Bonnes Pratiques – Guide de Référence pour l'étude de risques – partie B évaluation des risques pour la santé humaine – version 04 (GRER, 2019), en vigueur en Wallonie depuis le 1^{er} janvier 2019.

L'outil SANISOL proposera 2 cas de figure : le jardinier amateur et le jardinier professionnel. Ce livrable traite du **volet « potager »** de l'outil SANISOL, à destination des particuliers (personne résidant sur place, jardinier et consommateur) au départ du scénario standard d'exposition « résidentiel avec jardin potager » de S-Risk[®] WAL.

Quant au **volet « agricole »** de l'outil SANISOL, dédié aux professionnels, il sera limité dans un premier temps à la comparaison des concentrations (estimées au départ des concentrations dans le sol ou mesurées directement dans les productions végétales) aux teneurs limites dans les denrées alimentaires du règlement n°1881/2006 modifié de la Commission européenne. Néanmoins, les professionnels qui consomment leur production peuvent utiliser le volet « potager » de l'outil SANISOL pour évaluer leur propre exposition aux métaux lourds et recevoir les recommandations adéquates dans ce cadre.

L'évaluation des risques sanitaires suit une méthodologie qui a fort évolué depuis 1960. Le logiciel S-Risk[®], disponible en Flandre depuis 2013, a été élaboré par le VITO et prend en compte certaines évolutions. La mise à jour des données toxicologiques faites en Wallonie en 2016 lors de la déclinaison de S-Risk[®] en S-Risk[®] WAL (pour la Wallonie) est aussi un élément important. Cependant, S-Risk[®] WAL contient beaucoup de données d'entrée spécifiques à la Flandre. L'objectif de l'outil SANISOL est donc d'adapter certains paramètres, les plus sensibles, à des données spécifiques à la Wallonie, ou à des données plus pertinentes pour cet usage « jardin potager ».

Une première série de paramètres a été choisie en 2019 et a fait l'objet d'un rapport en septembre 2019 (version 1). Dans l'objectif de l'amélioration continue, le présent rapport (version 2) apporte une mise à jour des valeurs pour 2 types de paramètres comportant le plus d'incertitudes et ayant un impact significatif sur le calcul de l'exposition : la quantité

de terre et de poussières ingérées (§5.1) et la diète (§5.2).

L'accumulation d'analyses de légumes – couplées à des analyses de sols - tout au long de l'année 2020 a permis également d'améliorer la précision des prédictions du transfert des métaux du sol vers la plante et a donc conduit à la mise à jour des équations de transfert sol/plante (§4.1). Cette mission a été réalisée par l'UCL en 2021 et le lecteur est invité à consulter le délivrable de l'UCL intitulé : *UCL (avril 2021). Modélisation des transferts sol-plante et détermination des teneurs dans la plante dans l'outil SANISOL.*

L'outil SANISOL mis en ligne en avril 2021 à destination du public est basé sur :

- les paramètres fixés dans cette version 2 du rapport d'une part (hors équations de transfert sol/plante) ;
- les paramètres fixés dans le délivrable suivant : *UCL (avril 2021). Modélisation des transferts sol-plante et détermination des teneurs dans la plante dans l'outil SANISOL*, pour les équations de transfert sol/plante.

Conformément aux recommandations de l'US-EPA (US-EPA, 2005), l'outil S-Risk[®] WAL calcule les doses d'exposition par classe d'âge (10 classes d'âge, de 1 à 70 ans), avec des paramètres spécifiques à chaque classe d'âge. Cette approche est conservée dans l'outil SANISOL car elle vise à estimer une dose d'exposition plus réaliste mais elle complexifie la recherche des paramètres, qui doivent être disponibles, par classe d'âge.

Les paramètres modifiés par rapport aux paramètres du scénario standard « résidentiel avec jardin potager » de S-Risk[®] WAL qui ont été retenus *in fine* dans l'outil SANISOL sont détaillés dans la suite de ce délivrable. Les paramètres inchangés ne sont pas traités dans ce document et peuvent être consultés dans le guide d'utilisation du logiciel S-Risk[®] WAL et ses annexes (Cornelis et al. VITO, 2017).

2. Périmètre de l'étude

A travers l'étude approfondie des paramètres sensibles retenus dans le cadre de la subvention SANISOL (cf. délivrable 2.1), le GT2 espère estomper les incertitudes liées à la modélisation des transferts des polluants métalliques vers les plantes dans le cas particulier de la production végétale en Wallonie et faire tendre les calculs des doses d'exposition des particuliers, jardinier et consommateur, vers la réalité. Cette approche pourra ensuite être étendue aux professionnels de la production végétale (maraîchers, agriculteurs).

Pour mémoire, les paramètres étudiés dans le cadre de la subvention SANISOL sont les paramètres sensibles repris dans le Tableau 1.

Tableau 1 : Paramètres sensibles modifiés pour l'évaluation des risques lors de l'exposition aux métaux dans le scénario d'exposition « résidentiel avec jardin potager »

	Paramètres modifiés dans le cadre de la subvention SANISOL 2018
Source	Bioaccessibilité et biodisponibilité des polluants (arsenic et plomb) du sol pour l'homme
	Spéciation minéralogique et chimique des métaux (As, Pb) dans les sols et les légumes
Voie d'exposition	Facteurs de transfert sol/plante (BCF) pour les métaux lourds et métalloïdes (8 du décret « sols » et autres si possible)

	Teneur des légumes en matière sèche
	Teneur de fond dans les légumes
Cible	Quantités ingérées de sol et de poussières pour le jardinier
	Quantités consommées de productions végétales et/ou animales
	Fractions de légumes auto-produites et consommées

Les paramètres modifiés interviennent dans les équations pour réaliser les calculs des doses d'exposition pour les deux voies d'exposition prépondérantes :

- l'ingestion de particules de sol et de poussières ;
- l'ingestion de légumes produits dans les jardins potagers.

Deux autres voies d'exposition pertinentes sont également prises en compte, mais non prépondérantes dans le cadre de l'évaluation de l'exposition des jardiniers :

- le contact dermique avec les particules de sol et les poussières ; et
- l'inhalation de particules de sol et de poussières, tant à l'intérieur, qu'à l'extérieur des habitations.

En revanche, les substances préoccupantes en termes d'exposition dans la présente étude étant des substances non volatiles¹, les deux voies d'exposition par inhalation de vapeurs à l'intérieur et à l'extérieur des habitations sont non pertinentes et donc non reprises dans ce document. Il en est de même pour la voie d'exposition par ingestion d'eau de distribution contaminée par perméation des substances organiques présentes dans le sol et passant à travers les conduites en plastique.

Les équations décomposées pour les voies d'exposition retenues proviennent du modèle S-Risk[®] WAL présentées dans le document du VITO (Cornelis et al., 2017). Ce modèle d'exposition a été choisi conformément aux recommandations formulées dans le GRER (GRER, 2019). Les valeurs des paramètres par défaut fixées dans le GRER sont intégralement extraites du rapport du VITO (Cornelis et al., 2017).

Enfin, la prise en compte des teneurs de fond dans les légumes (case colorée en jaune dans le Tableau 1), et donc la recherche et l'actualisation des valeurs de ces paramètres, ont été ajoutées à ceux mis en évidence dans le livrable 2.1. Cette dernière est proposée dans le module flamand du logiciel S-Risk[®] mais avait été écarté dans le cadre de l'élaboration des Valeurs Seuils (VS) du décret « sols » pour le module wallon. Cependant, des tests préliminaires ont été réalisés dans le cadre du développement de l'outil d'évaluation des risques pour le scénario « jardin potager/production végétale » dans MS Excel[®] (livrable 2.5) en prenant comme teneurs de fond les concentrations mesurées dans 398 jardins situés en zone péri-urbaine dans 8 communes wallonnes le long du sillon Sambre et Meuse (POLLUSOL 2). Ils ont montré l'intérêt de cette prise en compte pour donner des recommandations appropriées aux utilisateurs de l'outil SANISOL.

¹ A l'exception du mercure (total) qui peut être présent sous plusieurs formes dans le sol. Néanmoins en dehors de toute activité spécifique utilisant du mercure métallique (industrie chimique, dentisterie, laboratoire de chimie, orpaillage...), cette forme est ultra-minoritaire par rapport à la présence de sels de mercure et éventuellement de monométhylmercure produit par l'activité bactérienne du sol. Elle n'est donc pas considérée dans l'outil SANISOL.

3. Source

3.1. Bioaccessibilité et biodisponibilité des polluants du sol et des légumes pour l'homme

Cf Délivrable 2.3-2.4

Une étude bibliographique a été réalisée par le Pôle académique Sol-Environnement-Santé-Société en 2018 et a fait l'objet du rapport : *Halen H., Moutier M., Bernard A., Delvaux B. Etude bibliographique et de synthèse sur la biodisponibilité orale et bioaccessibilité de l'arsenic et du plomb dans le sol – Rapport final version 2, 11 décembre 2018.*

A partir d'un fond bibliographique de 439 articles scientifiques, 38 études ont été considérées comme pertinentes et ont été retenues pour définir les biodisponibilités/bioaccessibilités de l'arsenic et du plomb. La lecture critique des études retenues a permis d'observer que celles-ci couvraient :

- une large gamme de types de sols (sols miniers, sols de fonderies, sols de jardins, sols urbains, etc.) ;
- une large gamme de concentrations : de 0,5 à 25 000 mg/kg en As et de 11 à 77 007 mg/kg en Pb ;
- des pollutions d'origine anthropique et/ou concentrations géogéniques.

Les informations pertinentes à retenir sont les suivantes :

Le GT2 propose :

- de retenir le coefficient de **biodisponibilité relative de l'arsenic** du sol pour l'homme de **60%** dans le calcul des doses d'exposition de l'outil SANISOL, étant donné que ce dernier correspondait au 95^{ème} centile de valeurs moyennes (approche précautionneuse). Ainsi, la valeur de 60% (0,60) peut être introduite dans l'outil SANISOL en encodant 0,6 (à la place de 1) comme coefficient de biodisponibilité relatif à l'arsenic du sol et des poussières pour l'homme (exposition par voie orale, biodisponibilité relative : RBA_soil et RBA_dust) ;
- de ne pas retenir le coefficient de biodisponibilité relative du **plomb** du sol pour l'homme de 60% dans le calcul des doses d'exposition de l'outil SANISOL, étant donné que ce dernier est la moyenne de valeurs moyennes (approche potentiellement insuffisamment précautionneuse). En l'absence de connaissances préalables sur la forme du plomb présent dans le sol, qui influence fortement sa biodisponibilité pour l'Homme, une **biodisponibilité relative de 100 %** est retenue.

3.2. Spéciation minéralogique et chimique des métaux (As, Pb) dans les sols et les légumes

Cf Délivrable 2.3-2.4.

A ce stade des connaissances, la prise en compte d'une spéciation minéralogique et chimique des métaux dans les sols et les légumes est prématurée.

4. Voie d'exposition

4.1. Facteur de transfert sol/plante (BCF) pour les métaux lourds et métalloïdes (8 du décret « sols » + manganèse et molybdène)

La recherche effectuée sur les équations et les modèles de transfert a permis :

- de trouver des modèles de transfert pour les couples métaux/plantes pré-existants dans S-Risk[®], établis sur des données spécifiques à la Région wallonne, par l'intermédiaire de la base de données POLLUSOL 2 et SPAA ;
- d'étendre les modèles de transfert aux nouvelles espèces de légumes et de fruits proposées dans l'outil SANISOL, en plus des espèces pré-existantes dans S-Risk[®] ;
- de proposer des modèles de transfert pour le manganèse et le molybdène qui sont actuellement des polluants non normés (qui n'existent ni dans S-Risk[®], ni dans le décret « sols »).

Les choix ont été effectués en accord avec les logigrammes proposés par le GT4. Des choix dérogatoires ont néanmoins parfois été retenus en vertu du « bon sens ». Dans certains cas, particulièrement pour l'arsenic et le cadmium, ou plus ponctuellement pour le manganèse et le molybdène (tomate comparable à courgette), plusieurs options semblaient recevables.

Les modèles linéaires prédictifs de concentrations en métaux dans la plante (en mg/kg m.f.) proposés par le GT4 ont été convertis en facteur de transfert sol/plante (BCF) (en (mg/kg plante m.s.)/(mg/kg sol m.s.)) directement utilisables dans le logiciel S-Risk[®] WAL ou l'outil SANISOL. Outre les concentrations du sol (en mg/kg m.s.), le modèle peut comporter les variables explicatives suivantes : le pH (pH-KCl), le contenu en MO (matière organique, en % m.s.) et la teneur en fer (Fe) (en mg/kg m.s.). Certains modèles issus de S-Risk ont également été conservés.

Sur base des données disponibles en 2019, une 1^{ère} série d'équations de transfert sol/plante a été élaborée et a fait l'objet d'un livrable en 2019 (version 1). Il était aussi signalé qu'une actualisation des choix des équations et modèles de transfert sol-plante pour les métaux serait nécessaire régulièrement. L'accumulation de données analytiques tout au long de l'année 2020 (analyses de sols et de légumes) a permis d'augmenter le nombre de données, de diminuer les incertitudes et/ou d'établir des équations pour certains légumes/fruits pour lesquels les données étaient auparavant insuffisantes. Ce travail a été réalisé par l'UCL et est présenté dans le livrable : **UCL (avril 2021). Modélisation des transferts sol-plante et détermination des teneurs dans la plante dans l'outil SANISOL.**

4.2. Teneur des légumes en matière sèche

4.2.1. Définition

La teneur des légumes en matière sèche est le rapport entre la masse du légume après séchage au laboratoire, tel qu'il est analysé (poids sec) et la masse du légume au moment de la récolte, tel qu'il aurait été consommé (poids frais).

4.2.2. Equation de calcul de la dose d'exposition

L'équation de calcul du transfert des contaminants du sol vers les plantes (ici par exemple les légumes-racines) est universelle dans sa forme générale et est la suivante dans S-Risk[®] WAL :

Subvention SANISOL

(eq. 125)

$$C_{v,s} = BCF_{inorg} \times C \times \frac{dm}{100}$$

Tableau 2 : Paramètres intervenant dans le calcul du transfert des contaminants inorganiques vers les plantes

Symbole	Paramètre	unité
$C_{v,s}$	Concentration dans la plante (légumes-racines) due au transfert sol-plante	mg/kg poids frais
BCF_{inorg}	Facteur de bioconcentration pour les contaminants inorganiques	(mg/kg _{plante} poids sec)/ (mg/kg _{sol} poids sec)
C	Concentration totale dans le sol	mg/kg.j
dm	Teneur des plantes en matière sèche	%

La teneur des légumes en matière sèche n'intervient dans le calcul de la dose d'exposition par ingestion de légumes que si la concentration dans les légumes est prédite à partir d'une analyse de sol et à l'aide d'un coefficient de transfert du sol vers les légumes (BCF) dans lequel la masse du légume est exprimée en poids sec.

Dans le cas où la concentration dans le(s) légume(s) du potager a été mesurée au laboratoire, elle est directement exprimée en poids frais et introduite telle quelle dans l'outil SANISOL. Aucun calcul de conversion 'matière sèche' vers 'matière fraîche' n'est alors réalisé par l'outil.

4.2.3. Teneurs des légumes en matière sèche dans le logiciel S-Risk® WAL

Tableau 3 : Teneurs des légumes en matière sèche (S-Risk® WAL)

Plante	Catégorie	MS (%)
Pomme de terre (1)	Tubercules	20
Carotte (2)	Racines	11
Radis (3)	Racines	5
Salsifis/Panais (4)	Racines	9
Oignon (7)	Bulbes	11
Poireau (8)	Bulbes	13
Tomates (9)	Légumes-fruits	5
Concombre (10)	Légumes-fruits	4
Poivron (11)	Légumes-fruits	9
Chou (15)	Choux	8
Chou-fleur (16)	Choux	8,1
Chou de Bruxelles (17)	Choux	17
Laitue (18)	Feuilles	4
Mâche (19)	Feuilles	4
Chicon (20)	Feuilles	6,2
Epinard (21)	Feuilles	8
Chicorée (22)	Feuilles	6
Céleri (23)	Tiges	8
Haricot (27)	Légumineuses	11
Pois (28)	Légumineuses	18

Subvention SANISOL

 Délivrables 2.6 et 2.7 : Proposition de scénarii pour les particuliers et les professionnels
 Rapport final – version 2 – Juin 2021

Herbe (29)	Graminées	35
Maïs (30)	Céréales	25

4.2.4. Teneurs des légumes en matière sèche proposées dans l'outil SANISOL

Tableau 4 : Teneurs des légumes en matière sèche (outil SANISOL)

Plante	Catégorie	MS (%)
Pomme de terre (1)	Tubercules	21,3
Carotte (2)	Racines	12,0
Radis (3)	Racines	7,9
Salsifis/Panais (4)	Racines	23,4
Betterave rouge (5)	Racines	12,3
Navet (6)	Racines	7,9
Oignon (7)	Bulbes	11,4
Poireau (8)	Bulbes	11,3
Tomates (9)	Légumes-fruits	6,3
Concombre (10)	Légumes-fruits	4,3
Poivron (11)	Légumes-fruits	6,8
Courgette (12)	Légumes-fruits	4,5
Courge (13)	Légumes-fruits	8,6
Potiron (14)	Légumes-fruits	10,7
Chou (15)	Choux	15,1
Chou-fleur (16)	Choux	14,6
Chou de Bruxelles (17)	Choux	14,2
Laitue (18)	Feuilles	7,3
Mâche (19)	Feuilles	11,1
Chicon (20)	Feuilles	9,3
Epinard (21)	Feuilles	10,4
Chicorée (22)	Feuilles	8,5
Céleri (23)	Tiges	15,3
Bette (24)	Tiges	10,1
Rhubarbe (25)	Tiges	6,2
Asperge (26)	Tiges	8,7
Haricot (27)	Légumineuses	9,6
Pois (28)	Légumineuses	22,1
Herbe (29)	Graminées	-
Maïs (30)	Céréales	49,4
Blé (31)	Céréales	-
Riz (32)	Céréales	-
Avoine (33)	Céréales	-
Persil (34)	Aromates	16,5
Basilic (35)	Aromates	11,1
Menthe (36)	Aromates	26,8
Romarin (37)	Aromates	32,4
Thym (38)	Aromates	34,9
Sauge (39)	Aromates	25,9
Pomme (40)	Fruits	14,3
Poire (41)	Fruits	17,4
Prune (42)	Fruits	16,6

Raisin (43)	Fruits	19,4
Figue (44)	Fruits	13,9
Fraise (45)	Fruits	8,3
Framboise (46)	Fruits	14,0
Mûre (47)	Fruits	14,4
Groseille (48)	Fruits	13,7
Noix (49)	Fruits secs	79,1
Noisette (50)	Fruits secs	78,6

4.2.5. Justification du choix des teneurs des légumes en matière sèche proposées pour l'outil SANISOL

La proposition des teneurs des légumes en matière sèche comprend une teneur moyenne en matière sèche spécifique à chaque légume/fruit (50 espèces) et non pas une teneur en matière sèche globale par catégorie de plante. Elle se base sur l'exploitation de la base de données constituée par le Laboratoire de la Province de Liège (SPAA) et traitée par Université de Liège - Gembloux Agro-Bio Tech (ULiège-GxABT) dans le cadre de la subvention SANISOL. Celle-ci a regroupé 587 analyses de 85 espèces de légumes appartenant à 11 catégories de plantes communément cultivées dans les jardins potagers en Wallonie pour les années 2017 et 2018 (**Annexe 1**).

Pour les 85 espèces rencontrées, la teneur en matière sèche a été calculée comme la **moyenne arithmétique** des valeurs disponibles (2 à 38) pour cette espèce. Pour 32 espèces, une seule analyse était disponible, qui a donc été retenue sans aucune transformation.

Les valeurs calculées pour les 50 espèces sélectionnées pour l'outil SANISOL ont été reportées dans le Tableau 4. Pour les deux espèces chou-fleur et chicon, aucune valeur n'est disponible. La teneur en matière sèche reportée est alors la moyenne des valeurs obtenues pour les autres espèces de la même catégorie de légumes.

Une comparaison des valeurs proposées pour l'outil SANISOL avec les valeurs utilisées par le passé en Wallonie pour l'évaluation des risques pour la santé humaine (valeurs utilisées par SPAQuE depuis 2011) et avec les valeurs retenues par défaut dans le logiciel S-Risk[®] WAL est réalisée par catégorie de légumes (afin de faciliter la comparaison).

Tableau 5 : Proposition des teneurs en matière sèche dans l’outil SANISOL et comparaison avec d’autres références, dont S-Risk[®]

Plante	Catégorie	MS (%)	Evolution par rapport à :		
			SANISOL	SPAQuE 2011 ²	S-Risk [®]
Pomme de terre (1)	Tubercules	21,3	-7,3%	+34,1%	+6,6%
Carotte (2)	Racines	12,0	+9,3%	-24,4%	+9,3%
Radis (3)	Racines	7,9	+43,6%	-50,3%	+57,9%
Salsifis/Panais (4)	Racines	23,4	-	+46,9%	+159,5%
Oignon (7)	Bulbes	11,4	+3,8%	-28,2%	+3,8%
Poireau (8)	Bulbes	11,3	+18,5%	+65,5%	-13,4%
Tomates (9)	Légumes-fruits	6,3	+4,7%	-7,6%	+25,6%
Concombre (10)	Légumes-fruits	4,3	+16,4%	-36,6%	+7,7%
Poivron (11)	Légumes-fruits	6,8	-24,4%	0,0%	-24,4%
Chou (15)	Choux	15,1	+25,7%	+121,9%	+88,6%
Chou-fleur (16)	Choux	14,6	+62,6%	+115,2%	+80,6%
Chou de Bruxelles (17)	Choux	14,2	-	+108,5%	-16,6%
Laitue (18)	Feuilles	7,3	+33,5%	+8,0%	+83,6%
Mâche (19)	Feuilles	11,1	-	+63,2%	+177,5%
Chicon (20)	Feuilles	9,3	+55,8%	+37,4%	+50,7%
Epinard (21)	Feuilles	10,4	+25,8%	+53,5%	+30,5%
Chicorée (22)	Feuilles	8,5	-	+25,0%	+41,7%
Céleri (23)	Tiges	15,3	-	+125,6%	+91,8%
Haricot (27)	Légumineuses	9,6	-3,5%	+41,9%	-12,3%
Pois (28)	Légumineuses	22,1	-7,3%	+224,7%	+22,7%

Les valeurs proposées par SPAQuE pour l’outil SANISOL (cases soulignées en bleu) plus ou moins éloignées des valeurs proposées précédemment et le plus souvent à la hausse (de +4,70% à +177,5%) pour la plupart des légumes, à l’exception de la pomme de terre, du poivron, du haricot et du pois (SPAQuE, 2011) ou du poireau, du poivron, du chou de Bruxelles et du haricot (S-Risk[®]).

On notera que les écarts observés au sein d’une même catégorie de légume justifient de préférentiellement utiliser les valeurs de teneurs en matière sèche propres à chaque espèce. *A fortiori*, le système de simplification utilisé dans l’évaluation des risques pour la santé humaine avant 2017 (logiciel RISC-Human[®]), consistant à attribuer la même valeur de teneur en matière sèche à des sous-catégories de légumes souterrains (tubercules, légumes-racines et légumes-bulbes) et de légumes aériens (légumes-fruits, choux, légumes-feuilles, légumes-tiges et légumineuses) engendre des approximations parfois importantes dans un sens comme dans l’autre (pour le chou ou à l’inverse pour le radis).

4.2.6. Pistes d’amélioration pour SANISOL 2019 et plus

Depuis le choix des 50 espèces de fruits et légumes effectué par le GT2, en concertation avec le GT1 et le GT4, pour l’outil SANISOL, la base de données a continué à être alimentée et suggère l’addition de nouvelles espèces présentes dans les potagers, telles que l’aubergine ou la cerise (**Annexe 1**).

Cette observation est corroborée par l’étude du CRIOC (2012) sur les habitudes des Belges

² Colonne de gauche : écart par rapport aux valeurs par espèces de légumes. Colonne de droite, écart par rapport à la valeur attribuée au sous-groupe légumes-souterrains ou au sous-groupe légumes-aériens.

en matière de jardinage, laquelle identifie les espèces suivantes (non présentes actuellement dans l'outil SANISOL) comme plébiscitées par les jardiniers particuliers : aubergine (8% des cultivateurs), céleri rave (6%), fenouil (2%) du côté des légumes (Figure 1) et cerise (27%), pêche (10%) kiwi (6%), myrtilles (2%) et abricot (2%) du côté des fruits (

Figure 2).

Figure 1 : Légumes cultivés à domicile par les Belges (CRIOC, avril 2012)

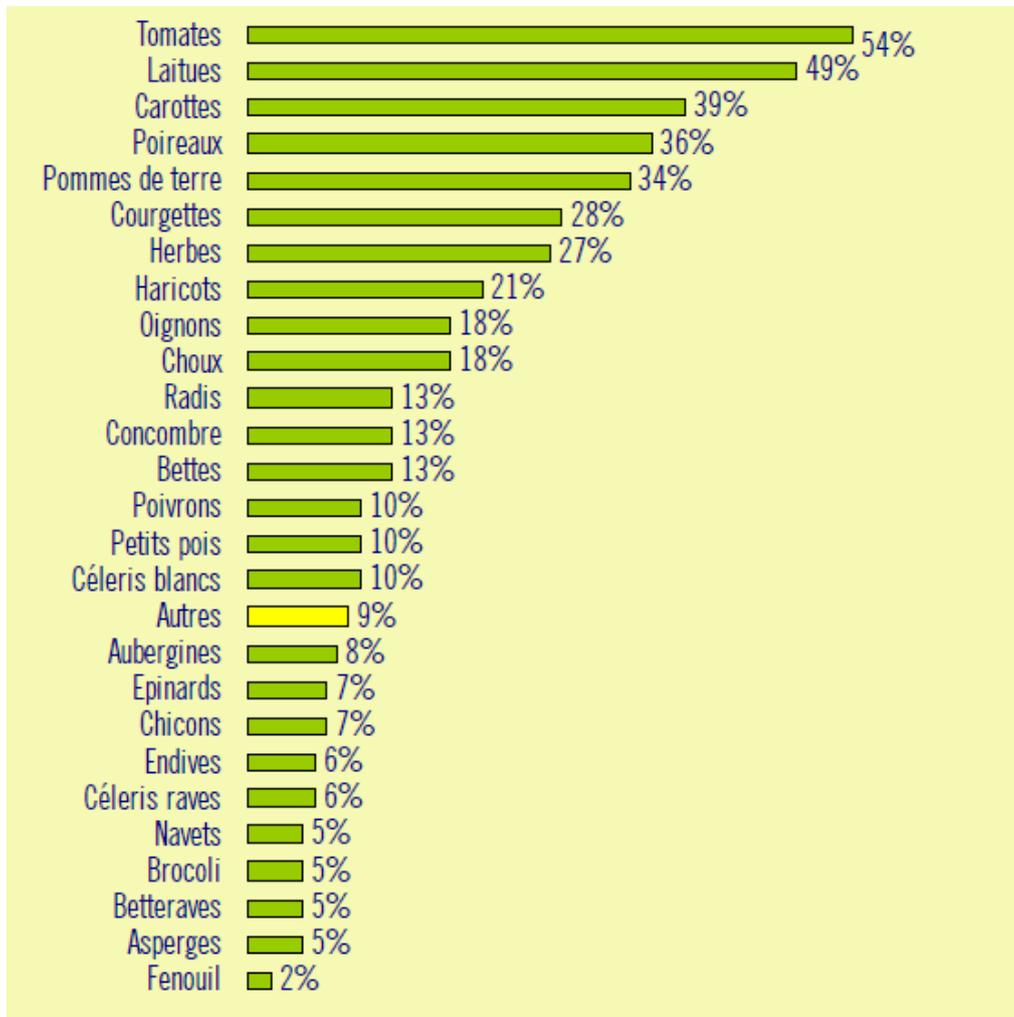
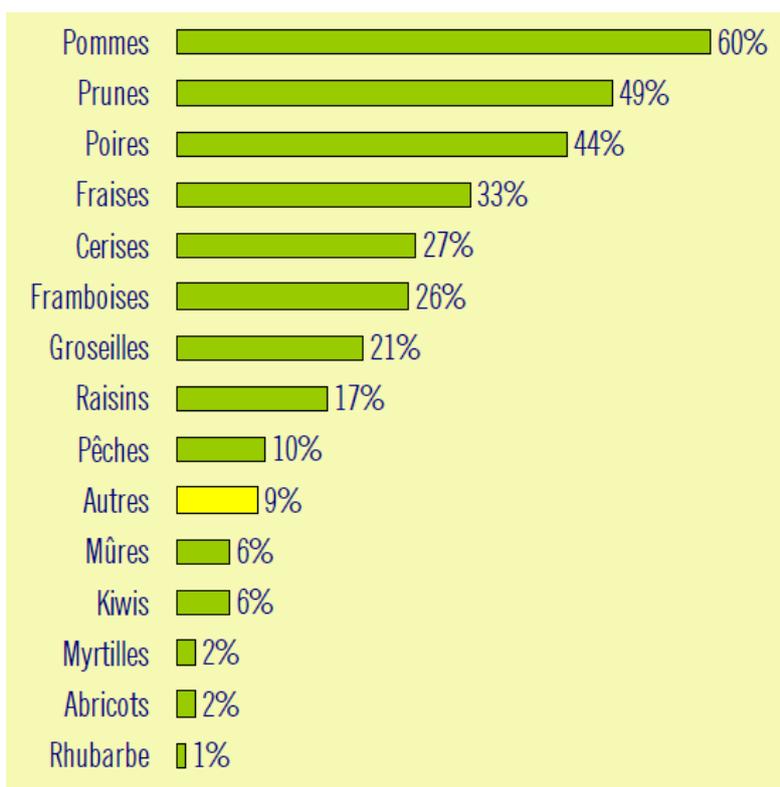


Figure 2 : Fruits cultivés à domicile par les Belges (CRIOC, avril 2012)


Ces observations montrent que l’outil SANISOL est déjà bien abouti en termes d’espèces potagères envisagées, mais qu’il peut encore être amélioré afin de couvrir l’exhaustivité des productions rencontrées dans les potagers privés.

Une mise à jour pourra être proposée périodiquement puisque la base de données initiée sur la période 2017-2020 pour le SPAA et ULiège-GxABT va continuer à s’étoffer avec l’utilisation de l’outil SANISOL pour les particuliers et éventuellement les professionnels, en terme de nombre des données par espèces ainsi qu’en terme d’espèces disponibles.

4.3. Teneur de fond dans les légumes

4.3.1. Définition

La teneur de fond dans les légumes est la concentration habituellement mesurée dans les légumes consommés par la population belge, en provenance du commerce (supermarchés, marchés, producteurs locaux). Ces légumes sont soumis à la réglementation européenne du fait de leur commercialisation (règlement CE 1881/2006 modifié) et sont ainsi susceptibles de subir des contrôles de l’AFSCA (notamment pour leur teneur en cadmium et plomb, l’arsenic ne disposant pas actuellement de teneurs limites dans les productions végétales au niveau européen, national ou régional), au contraire des légumes cultivés par les particuliers pour leur consommation personnelle.

4.3.2. Equation de calcul de la dose d’exposition

L’équation de calcul de l’exposition de la population via la consommation de productions végétales ne tient pas compte des teneurs de fond dans le logiciel S-Risk[®] WAL. Il s’agit d’un choix stratégique régional différent de celui fait par la Flandre et Bruxelles, régions voisines pour lesquelles le logiciel S-Risk[®] FLA/BRU tient compte des teneurs de fond (issues des données du Ministère de l’agriculture, de la pêche et de l’alimentation au Royaume-Uni datant de 1999) dans les légumes dans le calcul des valeurs limites dans les

sols.

Concrètement, lors d'une évaluation des risques pour la santé humaine réalisée en Wallonie dans S-Risk[®] WAL, l'exposition de la population aux légumes se réduit à la part des légumes autoproduits et consommés. Le calcul est réalisé comme si la part des légumes consommés achetés était exempte de toute concentration en polluant, ce qui ne reflète pas la réalité et conduit à des conclusions de sous-exposition.

Les teneurs de fond sont introduites dans l'outil SANISOL, au cœur duquel se pose la question de la qualité chimique des légumes et fruits autoproduits et consommés. Pour ce faire, les quantités de légumes et fruits consommées sont réparties : la fraction autoproduite (couramment appelée taux d'autoconsommation) et la fraction achetée dans le commerce. Afin de calculer l'exposition globale de la population aux productions végétales, l'outil utilise : pour les premières, les concentrations mesurées ou, à défaut, estimées par le modèle ; pour les secondes, les concentrations habituelles mesurées dans le commerce.

Ainsi, l'outil SANISOL évite *in fine* toute recommandation contre-productive, telle qu'une recommandation visant à limiter la consommation de certains légumes et fruits autoproduits alors que la concentration ne serait pas nécessairement plus faible dans ces mêmes légumes et fruits, achetés dans le commerce.

4.3.3. Teneurs de fond dans les légumes dans le logiciel S-Risk[®] FLA/BRU

Voir Tableau 16.

4.3.4. Teneurs de fond dans les légumes dans l'outil SANISOL

Voir Tableau 17.

Tableau 6 : Teneurs de fond dans les légumes (S-Risk® FLA/BRU)

	Plante	C _{commercial_veg}	Pomme de terre (1)	Carotte (2)	Radis et autres (3)	Salsifis/Panais (4)	Oignon (7)	Poireau (8)	Tomates (9)	Concombre (10)	Poivron et autres (11)	Chou (15)
	Type (botanique)		Tubercules	Racines	Racines	Racines	Bulbes	Bulbes	Légumes-fruits	Légumes-fruits	Légumes-fruits	Choux
1	arsenic	mg/kg m.f.	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,005	0,005	0,005	0,005
2	cadmium	mg/kg m.f.	0,036	0,036	0,036	0,036	0,036	0,036	0,013	0,013	0,013	0,013
3	chrome	mg/kg m.f.	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
4	cuivre	mg/kg m.f.	1	1	1	1	1	1	0,85	0,85	0,85	0,85
5	manganèse	mg/kg m.f.										
6	mercure	mg/kg m.f.										
6a	mercure inorganique	mg/kg m.f.	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,0006	0,0006	0,0006	0,0006
6b	méthylmercure	mg/kg m.f.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6c	mercure élémentaire	mg/kg m.f.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	molybdène	mg/kg m.f.										
8	nickel	mg/kg m.f.	0,062	0,062	0,062	0,062	0,062	0,062	0,078	0,078	0,078	0,078
9	plomb	mg/kg m.f.	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,015	0,015	0,015	0,015
10	zinc	mg/kg m.f.	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	2,4	2,4	2,4	2,4

	Plante	C _{commercial_veg}	Chou-fleur et brocoli (16)	Chou de Bruxelles (17)	Laitue (18)	Mâche (19)	Chicon (20)	Epinard (21)	Chicorée (22)	Céleri (23)	Haricot (27)	Pois (28)
	Type (botanique)		Choux	Choux	Feuilles	Feuilles	Feuilles	Feuilles	Feuilles	Tiges	Légumineuses	Légumineuses
1	arsenic	mg/kg m.f.	0,005	0,005	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,005	0,005
2	cadmium	mg/kg m.f.	0,013	0,013	0,033	0,033	0,033	0,033	0,033	0,033	0,013	0,013
3	chrome	mg/kg m.f.	0,04	0,04	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,04	0,04
4	cuivre	mg/kg m.f.	0,85	0,85	0,76	0,76	0,76	0,76	0,76	0,76	0,85	0,85
5	manganèse	mg/kg m.f.										
6	mercure	mg/kg m.f.										
6a	mercure inorganique	mg/kg m.f.	0,0006	0,0006	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004	0,0006	0,0006
6b	méthylmercure	mg/kg m.f.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6c	mercure élémentaire	mg/kg m.f.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	molybdène	mg/kg m.f.										
8	nickel	mg/kg m.f.	0,078	0,078	0,088	0,088	0,088	0,088	0,088	0,088	0,078	0,078
9	plomb	mg/kg m.f.	0,015	0,015	0,61	0,61	0,61	0,61	0,61	0,61	0,015	0,015
10	zinc	mg/kg m.f.	2,4	2,4	3,9	3,9	3,9	3,9	3,9	3,9	2,4	2,4

Source : MAFF. (1999). Total diet study – aluminium, arsenic, cadmium, chromium, copper, lead, mercury, nickel, selenium, tin and zinc.

Tableau 7 : Teneurs de fond dans les légumes (outil SANISOL)

	Plante	C _{commercial_veg}	Pomme de terre (1)	Carotte (2)	Radis et autres (3)	Salsifis/Panais (4)	Betterave rouge (5)	Navet (6)	Oignon (7)	Poireau (8)	Tomates (9)	Concombre (10)
	Type (botanique)		Tubercules	Racines	Racines	Racines	Racines	Racines	Bulbes	Bulbes	Lfruits	Légumes-fruits
1	arsenic	mg/kg m.f.	0,010	0,012	0,011	0,015	0,010	0,012	0,016	0,016	0,011	0,019
2	cadmium	mg/kg m.f.	0,0211	0,0205	0,0205	0,0205	0,0205	0,0205	0,0068	0,0068	0,0068	0,0068
3	chrome	mg/kg m.f.	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
4	cuivre	mg/kg m.f.	1	1	1	1	1	1	1	1	0,85	0,85
5	manganèse	mg/kg m.f.										
6	mercure	mg/kg m.f.										
6a	mercure inorganique	mg/kg m.f.	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,0006	0,0006
6b	méthylmercure	mg/kg m.f.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6c	mercure élémentaire	mg/kg m.f.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	molybdène	mg/kg m.f.										
8	nickel	mg/kg m.f.	0,062	0,062	0,062	0,062	0,062	0,062	0,062	0,062	0,078	0,078
9	plomb	mg/kg m.f.	0,023	0,021	0,016	0,037	0,016	0,026	0,017	0,047	0,016	0,013
10	zinc	mg/kg m.f.	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	2,4	2,4

	Plante	C _{commercial_veg}	Poivron et autres (11)	Courgette (12)	Courge (13)	Potiron (14)	Chou (15)	Chou-fleur et brocoli (16)	Chou de Bruxelles (17)	Laitue (18)	Mâche (19)	Chicon (20)
	Type (botanique)		Légumes-fruits	Légumes-fruits	Légumes-fruits	Légumes-fruits	Choux	Choux	Choux	Feuilles	Feuilles	Feuilles
1	arsenic	mg/kg m.f.	0,024	0,012	0,010	0,010	0,011	0,011	0,011	0,015	0,044	0,021
2	cadmium	mg/kg m.f.	0,0068	0,0068	0,0068	0,0068	0,0068	0,0068	0,0068	0,0231	0,0231	0,0231
3	chrome	mg/kg m.f.	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,02	0,02	0,02
4	cuivre	mg/kg m.f.	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,76	0,76	0,76
5	manganèse	mg/kg m.f.										
6	mercure	mg/kg m.f.										
6a	mercure inorganique	mg/kg m.f.	0,0006	0,0006	0,0006	0,0006	0,0006	0,0006	0,0006	0,0004	0,0004	0,0004
6b	méthylmercure	mg/kg m.f.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6c	mercure élémentaire	mg/kg m.f.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	molybdène	mg/kg m.f.										
8	nickel	mg/kg m.f.	0,078	0,078	0,078	0,078	0,078	0,078	0,078	0,088	0,088	0,088
9	plomb	mg/kg m.f.	0,011	0,014	0,016	0,016	0,017	0,012	0,005	0,042	0,048	0,011
10	zinc	mg/kg m.f.	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	3,9	3,9	3,9

Source : EFSA Journal 2015 12(3) :3597 (As), EFSA Journal (2009):980 (Cd), EFSA Journal 2012 ;10(7) :2831 (Pb), S-Risk © 2019 (autres métaux).

Tableau 17 (suite) : Teneurs de fond dans les légumes (outil SANISOL)

	Plante	C _{commercial_veg}	Epinard (21)	Chicorée (22)	Céleri (23)	Bette (24)	Rhubarbe (25)	Asperge (26)	Haricot (27)	Pois (28)	Herbe (29)	Maïs (30)
	Type (botanique)		Feuilles	Feuilles	Tiges	Tiges	Tiges	Tiges	Légumineuses	Légumineuses	Graminées	Céréales
1	arsenic	mg/kg m.f.	0,019	0,015	0,018	0,013	0,016	0,008	0,006	0,016	-	0,036
2	cadmium	mg/kg m.f.	0,0615	0,0231	0,1035	0,0205	0,0205	0,0205	0,0077	0,0077	-	0,0171
3	chrome	mg/kg m.f.	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,04	0,04	-	-
4	cuivre	mg/kg m.f.	0,76	0,76	0,76	0,76	0,76	0,76	0,85	0,85	-	-
5	manganèse	mg/kg m.f.										
6	mercure	mg/kg m.f.										
6a	mercure inorganique	mg/kg m.f.	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004	0,0006	0,0006	-	-
6b	méthylmercure	mg/kg m.f.	0	0	0	0	0	0	0	0	-	-
6c	mercure élémentaire	mg/kg m.f.	0	0	0	0	0	0	0	0	-	-
7	molybdène	mg/kg m.f.										
8	nickel	mg/kg m.f.	0,088	0,088	0,088	0,088	0,088	0,088	0,078	0,078	-	-
9	plomb	mg/kg m.f.	0,063	0,081	0,026	0,025	0,025	0,01	0,032	0,02	-	0,032
10	zinc	mg/kg m.f.	3,9	3,9	3,9	3,9	3,9	3,9	2,4	2,4	-	-

	Plante	C _{commercial_veg}	Blé (31)	Riz (32)	Avoine (33)	Persil (34)	Basilic (35)	Menthe (36)	Romarin (37)	Thym (38)	Sauge (39)	Pomme (40)
	Type (botanique)		Céréales	Céréales	Céréales	Aromates	Aromates	Aromates	Aromates	Aromates	Aromates	Aromates
1	arsenic	mg/kg m.f.	0,036	0,157	0,048	0,038	0,049	0,145	0,066	0,230	0,066	0,012
2	cadmium	mg/kg m.f.	0,03	0,0253	0,0171	0,0231	0,0231	0,0231	0,0231	0,0231	0,0231	0,0039
3	chrome	mg/kg m.f.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4	cuivre	mg/kg m.f.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5	manganèse	mg/kg m.f.										
6	mercure	mg/kg m.f.										
6a	mercure inorganique	mg/kg m.f.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6b	méthylmercure	mg/kg m.f.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6c	mercure élémentaire	mg/kg m.f.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7	molybdène	mg/kg m.f.										
8	nickel	mg/kg m.f.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9	plomb	mg/kg m.f.	0,035	0,032	0,047	0,096	0,081	0,443	0,229	1,1	0,229	0,015
10	zinc	mg/kg m.f.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Source : EFSA Journal 2015 12(3) :3597 (As), EFSA Journal (2009):980 (Cd), EFSA Journal 2012 ;10(7) :2831 (Pb), S-Risk © 2019 (autres métaux).

Tableau 17 (suite) : Teneurs de fond dans les légumes (outil SANISOL)

	Plante	C_{commercial_veg}	Poire (41)	Prune (42)	Raisin (43)	Figue (44)	Fraise (45)	Framboise (46)	Mûre (47)	Groseille (48)	Noix (49)	Noisette (50)
	Type (botanique)		Fruits	Fruits	Fruits	Fruits	Fruits	Fruits	Fruits	Fruits	Fruits secs	Fruits secs
1	arsenic	mg/kg m.f.	0,012	0,012	0,012	0,012	0,011	0,011	0,011	0,011	0,032	0,045
2	cadmium	mg/kg m.f.	0,0039	0,0039	0,0039	0,0039	0,0039	0,0039	0,0039	0,0039	0,0434	0,0434
3	chrome	mg/kg m.f.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4	cuivre	mg/kg m.f.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5	manganèse	mg/kg m.f.										
6	mercure	mg/kg m.f.										
6a	mercure inorganique	mg/kg m.f.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6b	méthylmercure	mg/kg m.f.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6c	mercure élémentaire	mg/kg m.f.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7	molybdène	mg/kg m.f.										
8	nickel	mg/kg m.f.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9	plomb	mg/kg m.f.	0,014	0,011	0,035	0,027	0,012	0,016	0,012	0,029	0,036	0,036
10	zinc	mg/kg m.f.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Source : EFSA Journal 2015 12(3) :3597 (As), EFSA Journal (2009):980 (Cd), EFSA Journal 2012 ;10(7) :2831 (Pb), S-Risk © 2019 (autres métaux).

4.3.5. Justification du choix des teneurs de fond dans les légumes dans l'outil SANISOL

Seuls l'arsenic, le cadmium et le plomb ont fait l'objet d'une revue bibliographique. Les choix proposés pour l'outil SANISOL reposent principalement sur l'examen des publications de l'AFSCA au niveau national et de l'EFSA au niveau européen :

- Arsenic :
 - o Source : EFSA Journal 2009 7(10):1351, EFSA Journal 2014 12(3):3597 ;
 - o Sélection : EFSA Journal 2014 12(3) :3597
 - o Justification :
 - Source de données la plus récente ;
 - Données disponibles pour chaque légume (et non par catégorie de légumes, comme dans EFSA Journal 2009) ;
 - Données fournies en concentrations d'arsenic inorganique, bien que la plupart du temps les données d'origine sont pour l'arsenic total et ont été converties en utilisant le facteur de conversion de 0,7. La conversion a été appliquée à l'envers pour obtenir des valeurs en arsenic total (tel qu'analysé en routine par les laboratoires).
- Cadmium :
 - o Source : AFSCA Avis 35-2009, EFSA Journal (2009):980, 1-139, EFSA Journal 2012 10(1) :2551
 - o Sélection : EFSA Journal (2009):980 ;
 - o Justification :
 - Le nombre d'échantillons est beaucoup plus important que dans AFSCA (2009), comparable à EFSA (2012) ;
 - Source de données légèrement plus détaillée au niveau des espèces et catégories de légumes que EFSA 2012.
- Plomb :
 - o Source : AFSCA Avis 07-2011, AFSCA Avis 36-2009, EFSA Journal 2012 ;10(7) :2831 ;
 - o Sélection : EFSA Journal 2012 ;10(7) :2831 ;
 - o Justification :
 - Source de données la plus récente ;
 - Données sont disponibles pour chaque légume (et non par catégorie de légumes, comme dans AFSCA 2011) ;
 - Le nombre d'échantillons est beaucoup plus important que dans AFSCA (2011).

Lorsque deux valeurs étaient disponibles ce qui a été le cas pour la quatrième sous-catégorie correspondant à salsifis/panais pour l'arsenic et le plomb, la valeur proposée pour le panais a été sélectionnée (la valeur proposée pour le salsifis semble anormalement haute par rapport aux autres espèces de légumes de la même catégorie de légumes-racines). Les valeurs proposées dans les différentes sources et les choix d'extrapolation d'une espèce à une autre de la même catégorie (lorsque cela était nécessaire) sont détaillés dans l'**Annexe 2**.

Pour l'arsenic, les teneurs de fond proposées dans l'outil SANISOL sont plus élevées que celles de S-Risk[®] FLA/BRU pour tous les légumes. Le rapport entre la proposition et les teneurs de fond flamandes varie entre 1,1 (haricot) et 14,8 (mâche), montrant que l'incertitude est importante pour certaines espèces ou catégories de plantes.

Pour le cadmium, les teneurs de fond proposées dans l'outil SANISOL sont moins élevées que celles de S-Risk[®] FLA/BRU pour tous les légumes à l'exception du céleri (3,1) et de l'épinard (1,9). Le rapport entre la proposition et les teneurs de fond flamandes varie ensuite entre 0,2 (bulbes) à 0,7 (légumes-feuilles) en passant par 0,5 (légumes-fruits, choux) et 0,6 (tubercules, légumes-racines, légumes-tiges, légumineuses).

Pour le plomb, aucune tendance ne se dessine lors de la comparaison des teneurs de fond proposées dans l'outil SANISOL et celles de S-Risk[®] FLA/BRU, les unes étant plus élevées que les secondes et inversement selon les légumes.

Les différences observées pourraient s'expliquer, aux faibles valeurs, par des limites de quantification trop importantes dans les données de l'EFSA (également dans celles de l'AFSCA) par rapport aux données du MAFF (Ministère de l'agriculture, de la pêche et de l'alimentation au Royaume-Uni, source des teneurs de fond dans S-Risk[®] FLA/BRU), ce qui constitue une incertitude.

4.3.6. Pistes d'amélioration pour SANISOL 2019 et plus

Les teneurs de fond peuvent encore être améliorées, en particulier :

- par l'acquisition de données spécifiques à la Wallonie puisqu'actuellement les teneurs de fond retenues se basent sur des données européennes (EFSA) bien plus fournies (nombre et espèces de légumes) que les données belges (AFSCA) disponibles, elles-mêmes basées sur un prélèvement dans les commerces établis en Belgique, ne garantissant nullement l'origine belge des légumes. Elles sont cependant représentatives de ce que les belges peuvent acheter dans le commerce ;
- par l'abaissement des limites de quantification analytique dans les légumes, en particulier pour l'arsenic, afin de réduire les incertitudes sur l'exposition de la population aux faibles concentrations.

Le travail ayant porté uniquement sur l'arsenic, le cadmium et le plomb, les trois métaux a priori les plus préoccupants dans le cadre des jardins potagers wallons, il pourrait être étendu aux autres métaux, par souci de cohérence, et aux nouveaux légumes/fruits proposés pour l'outil SANISOL, par souci de complétude des données et d'uniformité de la méthodologie de l'évaluation des risques, sous réserve de l'existence de données pour ces métaux.

5. Cible

5.1. Quantités ingérées de sol et de poussières pour le jardinier/agriculteur

5.1.1. Définition

L'ingestion de sol (terre) et de poussières de sol, aussi appelée *ingestion de sol* en abrégé dans le texte, est définie par l'EPA (US-EPA, 2011).

L'homme est susceptible d'ingérer du sol principalement :

- par portage main-bouche chez les enfants en bas âge ;
- lors d'activités de loisirs ;
- lors d'activités de jeux sur les sols extérieurs et intérieurs ;
- par consommation de nourriture mal lavée, tombée par terre ;
- par contact avec les mains sales.

Sont exclus les comportements **extrêmes** suivants :

- le pica : l'ingestion répétée de grande quantité de substances non-alimentaires dont les sols de surface (1000 – 5000 mg/j). Ce comportement cible certains *enfants âgés de 1 à 3 ans* ;
- la géophagie : l'ingestion intentionnelle de terre (argile) associée à des pratiques

Subvention SANISOL

culturelles. Ce comportement cible *certaines adultes et enfants*.

Dans le cadre de la subvention SANISOL, l'exposition par *ingestion de sol* prend en compte aussi bien l'ingestion de terre ou de particules de sol (à l'extérieur) que l'ingestion de poussières (provenant du sol extérieur et se retrouvant à l'intérieur de l'habitation). En effet, la plupart des études disponibles proposent des quantités ingérées globales contenant ces deux types d'exposition combinée.

5.1.2. Equation de calcul de la dose d'exposition

L'équation de calcul de la dose d'exposition par *ingestion de sol* est universelle dans sa forme générale et est la suivante dans S-Risk[®] WAL :

→ **Continuous intake**

(eq. 158)

$$ED_{oral_soil}^{daily} = \frac{IR_{soil/dust_daily} \times RBA_{soil} \times F_{oral_soil} \times C \times CF}{BW}$$

(eq. 159)

$$ED_{oral_dust}^{daily} = \frac{IR_{soil/dust_daily} * RBA_{dust} * (1 - F_{oral_soil}) * C_{settled_dust} * CF}{BW}$$

(eq. 160)

$$ED_{oral_soil/dust}^{daily} = ED_{oral_soil}^{daily} + ED_{oral_dust}^{daily}$$

(eq. 161)

$$ED_{oral_soil}^{yearly} = \frac{ED_{oral_soil}^{daily} * EF}{365}$$

(eq. 162)

$$ED_{oral_dust}^{yearly} = \frac{ED_{oral_dust}^{daily} * EF}{365}$$

(eq. 163)

$$ED_{oral_soil/dust}^{yearly} = ED_{oral_soil}^{yearly} + ED_{oral_dust}^{yearly}$$

Tableau 8 : Paramètres intervenant dans la dose d'exposition par ingestion de sol et de poussières déposées à l'intérieur

Symbole	Paramètre	unité
ED ^{daily} _{oral_soil}	Dose d'exposition quotidienne par ingestion de particules de sol	mg/kg.j
ED ^{daily} _{oral_dust}	Dose d'exposition quotidienne par ingestion de poussières	mg/kg.j
ED ^{yearly} _{oral_soil}	Dose d'exposition quotidienne moyenne par ingestion de particules de sol	mg/kg.j
ED ^{yearly} _{oral_dust}	Dose d'exposition quotidienne moyenne par ingestion de poussières	mg/kg.j
ED ^{yearly} _{oral_soil/dust}	Dose d'exposition quotidienne moyenne par ingestion de particules de sol et de poussières	mg/kg.j
IR _{soil/dust_daily}	Quantité quotidienne de sol et de poussières de sol ingérée	mg/j
RBA _{soil}	Biodisponibilité relative du contaminant dans le sol	-
RBA _{dust}	Biodisponibilité relative du contaminant dans les poussières déposées à l'intérieur	-
F _{oral_soil}	Fraction de sol dans le sol dans le sol et les poussières déposées à l'intérieur	-
C	Concentration totale dans le sol de surface pour l'ingestion de sol	mg/kg
C _{settled_dust}	Concentration dans les poussières déposées à l'intérieur due à la contamination par le sol	mg/kg
CF	Facteur de conversion de mg _{soil} /kg _{soil} en kg _{soil} /mg _{soil}	kg _{soil} /mg
BW	Masse corporelle	kg
EF	Fréquence d'exposition	j/an

5.1.3. Valeurs des paramètres retenues dans le logiciel S-Risk[®] WAL

Tableau 9 : Valeurs des paramètres intervenant dans la dose d'exposition par ingestion de sol et de poussières déposées à l'intérieur (S-Risk[®] WAL)

Age	AGR / RES-veg / RES		RES-ng	
	IR _{soil/dust_daily} (mg/j)	F _{oral_soil} (-)	IR _{soil/dust_daily} (mg/j)	F _{oral_soil} (-)
1 - < 3 ans	152	0,45	125	0,32
3 - < 6 ans	122	0,45	100	0,32
6 - < 10 ans	93	0,45	73	0,25
10 - < 15 ans	89	0,45	68	0,23
15 - < 21 ans	85	0,45	63	0,2
21 - < 31 ans	77	0,45	53	0,2
31 - < 41 ans	77	0,45	53	0,2
41 - < 51 ans	77	0,45	53	0,2
51 - < 61 ans	77	0,45	53	0,2
>= 61 ans	77	0,45	53	0,2

5.1.4. Valeurs des paramètres proposées dans l'outil SANISOL

Une approche réaliste a été retenue initialement, justifiée par les grandes incertitudes liées à la mesure de ce paramètre d'une part et par les études indiquant que la quantité de sol utilisée dans les évaluations des risques surestimait généralement l'exposition en comparaison aux résultats de biomonitoring humain d'autre part. Les valeurs proposées dans la version 1 du rapport (2019) étaient les suivantes : 60 mg/j pour l'enfant et 30 mg/j pour l'adulte.

Au vu des incertitudes liées à ce paramètre, le 1^{er} choix de valeurs (réalistes) a conduit à la crainte de sous-estimer l'exposition liée à une activité de jardinage, dans laquelle le contact avec le sol (puis portage main-bouche) est une voie d'exposition évidente.

En 2020, une mise à jour de ces valeurs a été réalisée et a conduit au choix suivant :

- pour les activités hors jardinage (maison, travail) → adulte : 30 mg/j et enfant : 60 mg/j (inchangé) ;
- pour les activités de jardinage → adulte : 120 mg/j et enfant : 200 mg/j.

De manière plus détaillée, concernant l'activité de jardinage, les taux d'ingestion sont de **200 mg/j** pour toutes les tranches d'âge enfant 1-3 ans, 3-6 ans, etc jusqu'à 10-15 ans inclus puis **120 mg/j** pour 15-21 ans, 21-31 ans etc jusqu'à > 61 ans.

La valeur de 200 mg/j est une tendance conservatoire (P95) recommandée par l'US-EPA (2017) pour les enfants. La valeur de 120 mg/j pour les adultes est issue d'une étude réalisée sur des jardiniers.

Concernant le choix de la valeur pour la tranche d'âge 10-15 ans

La quantité de terre et de poussières attribuée à la tranche des 10-15 ans est la valeur « enfants » (200 mg/j). En effet, l'approche recommandée par l'US-EPA dans son Exposure Factors Handbook de septembre 2017 est une valeur attribuée pour les « 12 years through adults ». L'US-EPA justifie ce « rassemblement 12 ans → âge adulte » car les études montrent des valeurs similaires pour la tranche 12-20 ans et la tranche adulte.

Or, la tranche 10-15 ans est au milieu de cette limite. Aucune décision sur le choix de la valeur n'est parfaite. Même s'il est raisonnable de penser que le comportement d'un adolescent de 15 ans n'est probablement pas celui d'un petit enfant de 3 ans quant au portage main-bouche, les enfants de 10 ans, compris dans cette tranche aussi, restent encore des enfants qui peuvent jouer dans la terre.

Un test d'impact réalisé en première approche par l'ISSeP indique que l'un ou l'autre choix n'engendre pas de changement drastique des indices de risque (IR).

Donc, en l'absence d'étude ciblée sur cette tranche d'âge, il a été décidé de retenir à ce stade le principe de prudence scientifique qui conclut à conserver la valeur de 200 mg/j pour les 10-15 ans.

En comparaison avec les choix établis en 2019, la valeur est 4 fois plus élevée chez l'adulte jardinier, cette approche précautionneuse (*worst case*) ayant été finalement choisie pour combler les incertitudes (manque d'informations sur ce paramètre).

Tableau 10 : Valeurs des paramètres intervenant dans la dose d'exposition par ingestion de sol et de poussières déposées à l'intérieur – activité de jardinage (outil SANISOL)

Age	AGR / RES-veg	
	IR _{soil/dust_daily} (mg/j)	F _{oral_soil} (-)
1 - < 3 ans	200	0,45
3 - < 6 ans	200	0,45
6 - < 10 ans	200	0,45
10 - < 15 ans	200	0,45
15 - < 21 ans	120	0,45
21 - < 31 ans	120	0,45
31 - < 41 ans	120	0,45
41 - < 51 ans	120	0,45
51 - < 61 ans	120	0,45
>= 61 ans	120	0,45

5.1.5. Quantités de sol et de poussières déposées à l'intérieur ingérées retenues dans d'autres études/législations

A titre de comparaison, les valeurs retenues dans d'autres études/législations pour la quantité ingérées de sol et de poussières déposées à l'intérieur sont également récapitulées dans le Tableau 11.

Tableau 11 : Valeurs des quantités de terre et de poussières déposées à l'intérieur ingérées utilisées dans d'autres modèles d'étude de risques

Pays/région (source, année)	quantité de particules de sol et de poussières ingérée (mg/j)		statistique retenue
	adulte	enfant	
Japon (2001) USA (RBCA, 2007) Wallonie (décret « sols », 2008)	100	200	
RIVM (2001) UK (CLEA, 2008) Australie (NEPC, 2009) USA (EPA, 2011)	50	100	
USA-Massachussets (2002)	-	24	médiane
	-	91	95ème centile
BP (BP-RISC, 2001)	40	90	exposition typique
	100	200	maximum raisonnable
Pollusol 2 et autres études SPAQuE (VITO, 2008)	63	87	moyenne arithmétique
France (ADEME, 2009)	-	91	95ème centile

Flandre, Bruxelles (S-Risk, 2013)	80	134	
Wallonie (GRER, 2013)	100	200	
Suisse (OFEV, 2013)	-	61	moyenne
	-	254	95ème centile
France (Santé publique France, 2018)	-	100	médian
	-	200	défavorable
USA (EPA, Update Septembre 2017)	33	64	central tendency (p50)
	89	192	upper percentile (p95)
Wallonie (GRER, 2019)	80	134	
Flandre, Bruxelles (proposition pour S-Risk, 2019)	66	93	60ème centile

5.1.6. Justification du choix des quantités de sol et de poussières déposées à l'intérieur proposées dans l'outil SANISOL

Diverses études (US-EPA, 2011 ; InVS-INERIS, 2012 et Glorennec, 2005) indiquent que les données sur les quantités de sol ingéré sont encore imprégnées d'incertitudes et souvent trop précautionneuses du fait d'expérimentations peu nombreuses et délicates à mener. Conformément aux recommandations formulées par l'INERIS dans le cadre de la validation de l'outil d'évaluation des risques en Wallonie (INERIS, 2008), une recherche des données les plus récentes a donc été menée. Deux rapports du VITO (2008, 2018) ainsi que l'actualisation de celui de l'US-EPA (mise à jour du Exposure Factors Handbook en septembre 2017) proposent des valeurs qu'ils élaborent sur base d'une large revue bibliographique.

SPAQuE a ainsi retenu pour la **quantité de terre et de poussières ingérées**, les valeurs moyennes de 63 mg/j pour l'adulte et de 87 mg/j pour l'enfant, issues de l'étude du VITO (Van Holderbeke, 2008) dans le cadre des évaluations des risques pour la santé humaine réalisées chez SPAQuE à partir de l'année 2011 et notamment celle de l'étude POLLUSOL 2 (2015), car ces dernières étaient fondées sur une étude de la revue bibliographique réfléchie et la plus récente à cette époque (**Annexe 3**).

Les derniers documents disponibles du VITO et de l'US-EPA confirment la tendance généralisée d'abandonner une approche pessimiste de type *worst-case* conduisant à sélectionner systématiquement des valeurs de quantités de sol et de poussières ingérés dans les percentiles élevés, pour proposer des valeurs raisonnablement majorantes ou même centrales, telles que le 60^{ème} centile pour le VITO (2018) et la médiane pour l'US-EPA (2017).

Dans le cadre du développement de l'outil SANISOL en 2019, SPAQuE avait ainsi proposé de suivre la tendance la plus récente, considérant qu'une approche conservatoire (de type *worst-case* ou *reasonably worst-case*) pouvait se justifier dans le cadre d'un assainissement et de la définition d'un système normatif (principe de prudence scientifique pour un usage projeté) mais qu'elle pouvait aboutir à des conclusions probablement trop alarmistes dans le cas d'une évaluation des risques concernant des jardins potagers, privés ou publics (usage de fait). Les valeurs choisies étaient alors de 60 mg/j chez l'enfant et de 30 mg/j chez l'adulte.

Les discussions au sein du Comité Technique en 2020 (réunions du 13.11.2020 et du 04.12.2020) ont conduit à la nécessité de modifier cette approche pour préférer une approche précautionneuse (*worst case*) en raison des incertitudes liées à ce paramètre, en particulier pour une activité de jardinage. L'objectif demandé était de choisir dans la littérature une valeur représentative de cette activité spécifique.

Parmi les documents récents traitant de ce paramètre, le document « Exposure Factor Handbook » de l'US-EPA (2011, mis à jour en 2017) est le plus récent et le plus complet. Il reprend :

- des études clés (*Key studies*) : 15 études (dont 6 études entre 2011 et 2017). Ces valeurs servent à élaborer des recommandations ;
- des études pertinentes (*Relevant studies*) : 42 études (dont 15 études entre 2011 et 2017). Ces valeurs peuvent être utilisées pour étudier des scénarios spécifiques, non représentatifs de la population générale.

En parcourant les études pertinentes, seules 2 études sont recommandées, selon l'US-EPA, pour une activité de jardinage. Elles sont reprises ci-dessous.

1. Doyle et al. (2012)

Etude chez une communauté autochtone canadienne, vivant dans une région sauvage (chasse, pêche)

Durée : 3 semaines (2011)

7 volontaires adultes

Méthode de traçage : analyses de sols, des aliments, de l'eau, des fèces

Calcul sur 159 échantillons pour 4 traceurs : aluminium, cérium, lanthane, silicium

Moyenne = 75 mg/j

Médiane = 50 mg/j

P90 = 211 mg/j

→ Incertitudes : échantillon petit et non représentatif de la population générale

2. Irvine et al. (2014)

Etude chez une communauté autochtone canadienne (First Nations), vivant dans une région sauvage

Durée : 3 semaines (2012)

9 volontaires adultes – méthode de traçage

Calcul sur 87 échantillons pour 4 traceurs : aluminium, cérium, lanthane, silicium

Moyenne = 32 à 68 mg/j

Médiane = 7 à 37 mg/j

P90 = 152 à 231 mg/j

Malheureusement, ces études ne permettent pas de diminuer les incertitudes car elles portent sur un petit échantillon et ne sont pas représentatives du jardinier wallon.

Malgré le nombre d'études croissantes (57 études retenues par l'US-EPA), ce paramètre est entouré d'incertitudes en raison :

- des limites des méthodologies : disparités importantes dans les résultats selon le traceur choisi ;
- des valeurs « tendance haute » qui ne représentent pas forcément un comportement extrême de contact avec le sol mais souvent une valeur élevée pour un traceur. Les valeurs sont applicables à la population générale ;
- aucune étude robuste spécifique aux jardiniers (quelques valeurs isolées pour des groupes de 7 à 8 jardiniers, appelées étude Gardeners No1 et Gardeners No2).

Tableau X. Valeurs de quantité de sol mises à jour en 2020 (en mg/j)

Sélection pour l'outil SANISOL : **en rouge : activité en dehors du jardin** – **en vert : activité de jardinage**

Subvention SANISOL

Délivrables 2.6 et 2.7 : Proposition de scénarii pour les particuliers et les professionnels
Rapport final – version 2 – Juin 2021

Source	Tendance centrale (médiane ou moyenne arith.)	Tendance conservatoire (P90 ou P95)	Autres valeurs
US-EPA (Exposure Factors Handbook, 2017) 57 études répertoriées et approfondies dont *Doyle et al. (2012) et **Irvine et al. (2014)	40 à 90 mg/j enfant 30 mg/j adulte	200 mg/j enfant 100 mg/j adulte	Population autochtone canadienne Sur 7 adultes, pendant 3 semaines* Médiane = 50 mg/j P90 = 211 mg/j Sur 9 adultes, pendant 3 semaines** Médiane = 7 à 37 mg/j P90 = 152 à 231 mg/j
INERIS (Paramètres d'exposition de l'homme du logiciel Modul'ERS, 2017) Entre parenthèse : adolescent = adulte	(20) à 50 mg/j enfant 20 mg/j adulte	200 (à 400) mg/j enfant 400 mg/j adulte	Jardiniers → cf. étude VITO Enfants (InVS, 2012) : médiane = 24 mg/j P95 = 91 mg/j
Ministère de l'Environnement, de l'Energie et de la Mer (Méthodologie nationale de gestion des sites et sols pollués, France, Avril 2017)		91 mg/j enfant 50 mg/j adulte	
VITO (Review of the soil ingestion pathway in human exposure assessment, 2008)	86,9 mg/j enfant 63,4 mg/j adulte En zone résidentielle avec jardin potager		Adultes Gardeners No1 (8 jardiniers) Médiane = 20 mg/j P95 = 120 mg/j Gardeners No2 (7 jardiniers) Médiane = 17 mg/j P95 = 198 mg/j

i. Pistes d'amélioration pour SANISOL 2019 et plus

Faut-il utiliser des valeurs plus élevées pour les professionnels de la production végétale (maraîchers, agriculteurs) ?

Certaines sources (comme l'état de l'Oregon aux U.S.A.) prônent l'utilisation de valeurs très élevées pour la quantité de sol et de poussières ingérées pour les activités à l'extérieur :

- 400 mg/j pour tous les âges (extrapolation à partir d'une valeur « upper bound » la valeur US-EPA pour les enfants en environnement suburbain) ;
- 1000 mg/j pour les jours d'activités extérieures (fête de campagne, pêche à pied, équitation, construction de huttes ou cabanes) ;

Ce document cite également :

- 330 mg/j pour les travailleurs extérieurs ;
- 480 mg/j pour les travailleurs de la construction et les militaires.

D'autres organismes, comme le RIVM aux Pays-Bas et le DEFRA en Grande-Bretagne, proposent également des valeurs de quantités de sol ingérées plus élevées pour les jardiniers que pour la population générale.

La mise en place de recommandations permet-elle de réduire efficacement l'exposition par ingestion de sol et de poussières ?

Selon une publication récente du RIVM (Otte et Zeilmaker, 2017) s'intéressant au cas d'une municipalité fortement impactée par la présence de plomb dans les sols (Zaanstad, Pays-Bas), cette réduction a été estimée sur base d'une analyse coûts-avantages sociaux. Elle s'élève à 21% pour des recommandations d'ordre général et à 50% pour des recommandations spécifiques. Ainsi, sur base d'une valeur par défaut de 100 mg/j, le RIVM propose d'utiliser les valeurs de 79 et 50 mg/j pour un enfant, selon qu'il habite respectivement dans une zone où des recommandations d'ordre général ou spécifiques ont

Subvention SANISOL

Délivrables 2.6 et 2.7 : Proposition de scénarii pour les particuliers et les professionnels
Rapport final – version 2 – Juin 2021

été données.

La même tendance vers une diminution de cette valeur s'observe également selon l'intensité présumée de contact avec la terre selon l'usage du terrain. Par exemple, en Australie (système normatif HIL A à D), la valeur utilisée par défaut pour la quantité de terre et de poussières déposées ingérée de 100 et 50 mg/j respectivement pour l'enfant et pour l'adulte pour un usage résidentiel peu dense (avec jardin), est réduite à 50% (soit 50 et 25 mg/j) pour des activités récréatives (le logement est considéré non attenant au terrain étudié) et à 25% (soit 25 et 15,5 mg/j) pour un usage résidentiel dense (avec un faible accès à la terre : immeuble).

Ces deux pistes, contradictoires vis-à-vis des résultats, gagneraient à être explorées avec attention dans la poursuite du projet SANISOL.

b. Quantités consommées de productions végétales et/ou animales

i. Définition

Les quantités consommées de productions végétales et/ou animales sélectionnées ici ont pour objectif de définir la diète moyenne d'une personne vivant en Wallonie en 2019. Selon le scénario d'exposition, tout ou partie de la production végétale contenue dans cette diète peut avoir été cultivée sur le site et donc représenter une dose d'exposition pour la population. Elle est différente pour chacune des 10 classes d'âge (1-70 ans) retenues dans l'outil SANISOL.

Compte tenu du temps limité pour la réalisation de la subvention SANISOL, la production animale n'a pas été étudiée.

A noter que l'autre partie de la production végétale consommée, supposée provenir du commerce (supermarché, marché, producteur local), peut également contribuer à l'exposition de la population aux polluants, selon leurs concentrations qui dépendent de la qualité des sols de culture, de la catégorie et de l'espèce de la plante, mais également des conditions climatiques sur la période de culture. Des concentrations moyennes mesurées en Wallonie (par défaut en Belgique ou en Europe) dans les denrées alimentaires sont disponibles dans la littérature.

ii. Equation de calcul de la dose d'exposition

L'équation de calcul de la dose d'exposition par *ingestion de légumes auto-produits* est universelle dans sa forme générale et est la suivante dans S-Risk WAL[©] :

(eq. 171)

$$C_{veg_{category,j}} = \frac{\sum C_{v,i,j} \times Q_{vegetable,i,j}}{\sum Q_{vegetable,i,j}}$$

(eq. 172)

$$ED_{veg_category}^{yearly} = \frac{C_{veg_category} \times Q_{veg_category} \times f_{veg_category}^{garden}}{BW * 1000}$$

(eq. 173)

$$ED_{vegetables}^{yearly} = \sum ED_{veg_category}^{yearly}$$

Tableau 12 : Paramètres intervenant dans la dose d'exposition par ingestion de légumes auto-produits

Symbole	Paramètre	unité
$C_{veg_category,j}$	Concentration moyenne des légumes de la catégorie j	mg/kg poids frais
$C_{v,i,j}$	Concentration du légume i appartenant à la catégorie j	mg/kg poids frais
$Q_{vegetable,i,j}$	Quantité consommée de légume i appartenant à la catégorie j	g poids frais/j
$ED_{veg_category}^{yearly}$	Dose d'exposition quotidienne moyenne par ingestion de légumes auto-produits par catégorie	mg/kg.j
$ED_{vegetables}^{yearly}$	Dose d'exposition quotidienne moyenne par ingestion de légumes auto-produits	mg/kg.j
$C_{veg_category}$	Concentration moyenne dans les légumes auto-produits par catégorie	mg/kg poids frais
$Q_{veg_category}$	Quantité consommée moyenne de légumes par catégorie	g poids frais/j
$f_{garden}^{veg_category}$	Fraction de légumes auto-produite et consommée par catégorie	-
BW	Masse corporelle	kg

iii. Quantités consommées de productions végétales retenues dans le logiciel S-Risk® WAL

Cf. Tableau 13.

iv. Quantités consommées de productions végétales proposées dans l'outil SANISOL

Les quantités consommées proposées pour l'outil SANISOL en 2019 étaient basées sur le choix d'établir une moyenne calculée sur le plus grand nombre d'études, afin de diminuer les incertitudes. Il s'est avéré que cette option (décrite dans la version "Archivée") n'était pas optimale.

Cf. Tableau 14.

Tableau 13 : Valeurs des quantités consommées de productions végétales (S-Risk® WAL)

Catégorie d'âge	Quantités consommées de légumes (g/j)									
	1-<3 ans	3-<6 ans	6-<10 ans	10-<15 ans	15-<21 ans	21-<31 ans	31-<41 ans	41-<51 ans	51-<61 ans	>=61 ans
potomne de terre	36,30	85,35	100,81	120,69	140,21	129,90	124,54	129,29	134,31	137,19
tubercules	36,30	85,35	100,81	120,69	140,21	129,90	124,54	129,29	134,31	137,19
légumes (somme)	45,97	72,82	88,54	108,97	146,83	194,48	194,48	194,48	194,48	194,48
carotte	9,12	14,45	15,43	16,68	21,57	24,78	24,78	24,78	24,78	24,78
salsifis et panais	0,24	0,38	0,48	0,60	0,79	0,46	0,46	0,46	0,46	0,46
autres légumes-racines (p.ex. radis)	0,45	0,71	0,81	0,95	1,45	1,70	1,70	1,70	1,70	1,70
légumes-racines	9,81	15,54	16,71	18,24	23,81	26,94	26,94	26,94	26,94	26,94
légumes-bulbes (p.ex. oignons)	2,23	3,53	5,59	8,25	11,68	13,85	13,85	13,85	13,85	13,85
poireau	3,61	5,73	5,35	4,86	5,04	5,30	5,30	5,30	5,30	5,30
légumes-bulbes	5,84	9,25	10,94	13,10	16,72	19,14	19,14	19,14	19,14	19,14
tomate	6,40	10,13	16,17	23,93	36,77	53,14	53,14	53,14	53,14	53,14
concombre	1,61	2,56	3,70	5,18	8,59	16,98	16,98	16,98	16,98	16,98
autres légumes-fruits (p.ex. poivron)	0,88	1,39	1,74	2,19	4,41	9,03	9,03	9,03	9,03	9,03
légumes-fruits	8,89	14,09	21,62	31,30	49,77	79,15	79,15	79,15	79,15	79,15
chou	1,74	2,76	2,40	1,93	1,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50
chou-fleur et brocoli	3,76	5,95	6,49	7,19	10,54	13,50	13,50	13,50	13,50	13,50
choux de Bruxelles	1,74	2,76	2,40	1,93	1,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50
choux	7,24	11,47	11,29	11,06	13,54	18,50	18,50	18,50	18,50	18,50
laitue	0,50	0,79	2,90	5,62	8,45	10,56	10,56	10,56	10,56	10,56
mâche	0,14	0,22	0,44	0,72	1,20	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92
chicon	0,14	0,22	0,44	0,72	1,20	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92
épinard	4,08	6,46	6,38	6,28	5,29	8,54	8,54	8,54	8,54	8,54
chicorée	2,07	3,28	4,72	6,58	8,89	9,33	9,33	9,33	9,33	9,33
légumes-feuilles	7,82	12,39	16,46	21,80	27,11	32,70	32,70	32,70	32,70	32,70
céleri	0,90	1,42	1,58	1,88	2,08	2,43	2,43	2,43	2,43	2,43
légumes-tiges	0,90	1,42	1,58	1,88	2,08	2,43	2,43	2,43	2,43	2,43
haricot	3,47	5,49	6,42	7,63	9,60	11,75	11,75	11,75	11,75	11,75
pois	2,00	3,17	3,51	3,96	4,19	3,87	3,87	3,87	3,87	3,87
légumineuses	5,47	8,66	9,94	11,59	13,80	15,62	15,62	15,62	15,62	15,62

Tableau 14 : Valeurs des quantités consommées de productions végétales (outil SANISOL)
En l'absence de données, des valeurs arbitraires (en rouge) ont été introduites (voir annexe 5)

Légumes/fruits	Catégorie d'âge									
	1-<3 ans	3-<6 ans	6-<10 ans	10-<15 ans	15-<21 ans	21-<31 ans	31-<41 ans	41-<51 ans	51-<61 ans	>=61 ans
potomme de terre	28,82	41,65	66,14	66,71	110,64	79,45	87,39	87,39	83,99	83,99
carotte	9,57	11,10	17,62	11,19	18,55	16,60	18,26	18,26	17,55	17,55
autres légumes-racines (p.ex. radis)	0,01	0,05	0,09	0,05	0,09	0,20	0,22	0,22	0,21	0,21
salsifis et panais	0,01	0,09	0,15	0,11	0,18	0,20	0,22	0,22	0,21	0,21
	0,01	0,33	0,53	0,17	0,29	0,41	0,45	0,45	0,43	0,43
betterave rouge	0,94	0,12	0,18	0,04	0,06	0,43	0,47	0,47	0,45	0,45
navet	0,26	0,19	0,30	0,16	0,26	0,31	0,34	0,34	0,33	0,33
légumes-bulbes (p.ex. oignons)	0,16	5,93	9,41	7,14	11,84	13,20	14,52	14,52	13,96	13,96
poireau	0,29	3,97	6,31	4,69	7,78	9,36	10,29	10,29	9,89	9,89
tomate	1,80	11,27	17,90	14,52	24,08	27,75	30,53	30,53	29,34	29,34
concombre	0,21	3,10	4,93	2,53	4,20	3,38	3,72	3,72	3,58	3,58
autres légumes-fruits (p.ex. poivron)	0,10	2,41	3,83	3,46	5,73	6,39	7,03	7,03	6,75	6,75
courgette	1,36	2,82	4,48	2,80	4,64	6,09	6,69	6,69	6,43	6,43
courge	0,01	0,50	0,50	0,50	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
potiron	0,20	0,93	1,47	0,59	0,97	1,74	1,91	1,91	1,84	1,84
chou	0,44	1,63	2,59	0,98	1,62	4,08	4,49	4,49	4,32	4,32
chou-fleur et brocoli	5,44	2,00	3,17	1,79	2,96	3,88	4,27	4,27	4,10	4,10
	4,41	3,61	5,73	2,96	4,91	5,20	5,72	5,72	5,50	5,50
choux de Bruxelles	0,76	0,45	0,72	0,47	0,78	1,68	1,85	1,85	1,77	1,77
laitue	0,50	1,05	1,67	3,39	5,63	9,39	10,32	10,32	9,92	9,92
mâche	0,05	0,05	0,08	0,06	0,10	0,48	0,52	0,52	0,50	0,50
chicon	2,70	0,70	1,11	1,83	3,04	7,42	8,16	8,16	7,84	7,84
épinard	2,25	4,05	6,44	4,72	7,83	4,49	4,94	4,94	4,75	4,75
chicorée	2,31	0,11	0,18	0,09	0,15	0,91	1,00	1,00	0,97	0,97
céleri	0,06	0,70	1,11	0,70	1,17	1,93	2,12	2,12	2,04	2,04

Légumes/fruits	Catégorie d'âge									
	1-<3 ans	3-<6 ans	6-<10 ans	10-<15 ans	15-<21 ans	21-<31 ans	31-<41 ans	41-<51 ans	51-<61 ans	>=61 ans
bette	0,01	0,03	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
rhubarbe	0,01	0,05	0,10	0,10	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15
asperge	0,05	0,25	0,40	0,14	0,24	0,75	0,83	0,83	0,79	0,79
haricot	5,01	1,61	2,56	2,71	4,49	5,73	6,31	6,31	6,06	6,06
pois	0,73	0,26	0,42	0,20	0,33	0,32	0,35	0,35	0,34	0,34
pomme	19,07	28,73	45,64	20,16	33,43	28,43	31,27	31,27	30,05	30,05
poire	19,63	5,15	8,17	3,53	5,85	8,03	8,83	8,83	8,48	8,48
prune	0,61	0,61	0,97	0,82	1,36	0,95	1,04	1,04	1,00	1,00
raisin	0,54	5,97	9,48	3,37	5,59	3,95	4,34	4,34	4,17	4,17
figue	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06
fraise	1,14	4,38	6,96	2,98	4,94	3,67	4,04	4,04	3,88	3,88
framboise	0,20	0,59	0,94	0,18	0,30	0,39	0,43	0,43	0,42	0,42
mûre	0,05	0,10	0,10	0,10	0,10	0,20	0,22	0,22	0,21	0,21
groseille	0,10	0,17	0,27	0,05	0,08	0,33	0,37	0,37	0,35	0,35
noix	0,01	0,01	0,02	0,00	0,01	0,19	0,21	0,21	0,20	0,20
noisette	0,01	0,09	0,15	0,06	0,09	0,31	0,34	0,34	0,33	0,33
persil	0,01	0,08	0,13	0,12	0,20	0,15	0,16	0,16	0,16	0,16
basilic	0,001	0,001	0,002	0,02	0,03	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
menthe	0,001	0,005	0,005	0,005	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010
romarin	0,001	0,005	0,005	0,005	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010
thym	0,001	0,005	0,005	0,005	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010
sauge	0,001	0,005	0,005	0,005	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010
maïs*	1,90	0,05	0,08	0,10	0,17	0,23	0,25	0,25	0,24	0,24
blé	18,86	0,06	0,10	0,05	0,08	0,13	0,15	0,15	0,14	0,14
riz	4,47	2,90	4,61	5,38	8,92	6,88	7,57	7,57	7,27	7,27
avoine	1,52	0,05	0,05	0,04	0,06	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
herbe*	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001

Justification des quantités consommées de productions végétales

Il n'existe pas de données spécifiques sur la diète de la population wallonne. Les données disponibles les plus spécifiques géographiquement et les plus récentes sont celles des études de consommation belge (2004 et 2014). Ces données ne sont pas appropriées pour les enfants de moins de 3 ans.

La méthodologie de calcul des quantités de légumes et de fruits consommées comprend plusieurs étapes décrites en **Annexe 5**.

Une comparaison des valeurs proposées dans l'outil SANISOL avec les valeurs utilisées par le passé en Wallonie pour l'évaluation des risques pour la santé humaine (établissement des VS_H^3 dans le cadre du décret « sols » 2008, valeurs utilisées par SPAQuE depuis 2011) et avec les valeurs retenues par défaut dans le logiciel S-Risk[®] WAL est réalisée par sous-groupes de légumes, à savoir les légumes souterrains (regroupant tubercules, légumes-racines et légumes-bulbes) et les légumes aériens (légumes-fruits, choux, légumes-feuilles, légumes-tiges et légumineuses).

Tableau 15 : Comparaison des valeurs des quantités consommées de productions végétales dan l'outil SANISOL avec d'autres références, dont S-Risk[®] (g/j)

source	DS 2008 ⁴		SPAQuE 2011 ⁵		S-Risk [®] WAL		SANISOL	
cible	enfant	adulte	enfant	adulte	enfant	adulte	enfant	adulte
catégorie	Quantité consommée de légumes							
légumes souterrains	131	274	88	115	87	173	68	131
légumes aériens	168	329	120	185	41	134	41	93
céréales	-	-	-	-	-	-	113	62
herbes aromatiques	-	-	-	-	-	-	0,01	0,05
fruits	-	-	-	-	-	-	119	118
catégorie	Ecart proposition par rapport à une autre référence							
légumes souterrains	-48%	-52%	-23%	+14%	-22%	-24%	0%	0%
légumes aériens	-76%	-72%	-66%	-50%	0%	-31%	0%	0%

Les valeurs proposées par SPAQuE pour l'outil SANISOL (cases soulignées en bleu) sont essentiellement diminuées de moitié ou plus par rapport aux valeurs initialement utilisées lors de l'élaboration des VS_H pour le décret « sols » en 2008. Les valeurs sont également inférieures ou équivalentes à celles utilisées par SPAQuE en 2011 (à l'exception des légumes souterrains pour les adultes) et à celles proposées par défaut par le logiciel S-Risk[®] WAL depuis 2017.

En outre, les herbes aromatiques et les fruits, absents du logiciel S-Risk[®] WAL, ont été ajoutés dans l'outil SANISOL au vu de leur popularité dans les jardins potagers wallons. Les céréales ont également été ajoutées, en prévision du module applicable pour les

³ VS_H : Valeurs Seuils pour la protection de la santé humaine.

⁴ Ces valeurs provenaient du Centre d'Economie Agricole du Ministère des Classes Moyennes et de l'Agriculture pour l'année 1999/2000.

⁵ Ces valeurs provenaient de la base de données CIBLEX, Juin 2003. Rations alimentaires par ZEAT NORD. Départements : Nord (59), Pas de Calais (62).

grandes cultures, mais ne font actuellement l'objet d'aucun calcul d'évaluation des risques dans l'outil SANISOL.

v. Pistes d'amélioration pour SANISOL 2019 et plus

Rares sont les références bibliographiques qui donnent des données complètes de consommation de légumes pour toutes les espèces et/ou toutes les classes d'âge utiles pour alimenter l'outil SANISOL. Les données du VITO et de l'AFSCA sont les plus fournies. Quelques publications des Pays-Bas se sont avérées particulièrement utiles pour compléter les valeurs de certaines espèces de légumes et fruits ajoutées par rapport à S-Risk[®] en donnant des données très précises sur la diète des jeunes enfants. L'extrapolation de la répartition de la consommation des jeunes enfants à la population générale engendre néanmoins une incertitude majeure sur les valeurs proposées pour les autres classes d'âge.

Les données spécifiques à la Wallonie restent lacunaires et devraient être étoffées.

La consolidation des valeurs de quantités consommées de productions végétales proposées, en particulier pour les légumes ajoutés par rapport au logiciel S-Risk[®] WAL (et ceux qui pourront encore être ajoutés suite aux demandes d'analyses des particuliers dans la cadre de l'utilisation de l'outil SANISOL), les herbes aromatiques et les fruits serait à privilégier.

Les études à venir sur la même thématique, le biomonitoring général wallon et/ou la prochaine enquête de consommation en Belgique devraient s'inscrire comme réceptacle privilégié de telles informations.

c. Fractions de légumes auto-produites et consommées

i. Définition

Les fractions de légumes auto-produites et consommées représentent les proportions de légumes cultivés sur site et consommés par rapport à la quantité totale de légumes consommés, comprenant également les légumes achetés dans le commerce (supermarché, marché, producteurs locaux).

ii. Fractions de légumes auto-produites et consommées retenues dans le logiciel S-Risk[®] WAL

Tableau 16 : Fractions de légumes auto-produites et consommées (S-Risk[®] WAL)

Catégorie	AGR	RES-veg
Tubercules	0,5	0,39
Racines	1	0,36
Bulbes	1	0,52
Légumes-fruits	1	0,39
Choux	1	0,21
Feuilles/Tiges	1	0,36
Légumineuses	1	0,42

iii. Fractions de légumes auto-produites et consommées proposées dans l'outil SANISOL

Contrairement au logiciel S-Risk[®] WAL, dans lequel les valeurs des fractions de légumes auto-produites et consommées sont imposées par le choix du scénario, l'outil SANISOL propose à l'utilisateur de déterminer lui-même son taux d'autoconsommation des légumes/fruits et autres productions végétales cultivés dans son potager.

Ce choix est indirect et facilité par l'utilisation d'un questionnaire à choix multiples dont la réponse est traduite en termes de fractions de légumes auto-produites et consommées (Tableau 17).

Tableau 17 : Valeurs générales des fractions de légumes auto-produites et consommées (outil SANISOL)

Réponse dans l'outil SANISOL	Taux AC
Je ne cultive pas (ou peu) de fruits/légumes comestibles	0%
Je cultive quelques espèces potagères à la belle saison, juste pour le plaisir	25%
Je cultive les espèces classiques retrouvées régulièrement dans les jardins potagers, mais sans optimisation, il m'arrive de mettre mes légumes en conserve	50%
Je cultive de nombreuses espèces potagères, j'arrose mon potager dès que nécessaire, j'y introduis des amendements régulièrement, j'effectue des rotations de cultures, je surgèle et/ou mets mes fruits/légumes en conserve, je possède éventuellement une serre	75%
Je n'achète jamais de fruits/légumes au marché/dans la grande distribution, tout provient de mon jardin potager	100%
Je ne sais pas	42%

Une valeur unique d'autoconsommation (0, 25, 50, 75 ou 100%) est alors attribuée à l'ensemble des catégories de légumes et fruits contenues dans l'outil SANISOL.

Dans le cas de la réponse « Je ne sais pas », une valeur générale d'autoconsommation de 42% est allouée. Cette valeur varie en revanche sur l'ensemble des espèces (pomme de terre, carotte, laitue, etc.) et des catégories de légumes et de fruits (tubercule, légumes-racines, légume-feuilles, etc.) contenues dans l'outil SANISOL (Tableau 18).

Tableau 18 : Valeurs détaillées des fractions de légumes et de fruits auto-produites et consommées (outil SANISOL)

Espèce	Catégorie	%
Légumes (0)	Toutes	42
Pomme de terre (1)	Tubercules	42
Carotte (2)	Racines	28
Radis et autres (3)	Racines	26
Salsifis/Panais (4)	Racines	35
Betterave rouge (5)	Racines	30
Navet (6)	Racines	29
Oignon (7)	Bulbes	35
Poireau (8)	Bulbes	33
Tomates (9)	Légumes-fruits	32
Concombre (10)	Légumes-fruits	41
Poivron et autres (11)	Légumes-fruits	41

Subvention SANISOL

Courgette (12)	Légumes-fruits	34
Courge (13)	Légumes-fruits	34
Potiron (14)	Légumes-fruits	41

Espèce (suite)	Catégorie	%
Chou (15)	Choux	20
Chou-fleur et brocoli (16)	Choux	20
Chou de Bruxelles (17)	Choux	20
Laitue (18)	Feuilles	34
Mâche (19)	Feuilles	34
Chicon (20)	Feuilles	34
Epinard (21)	Feuilles	37
Chicorée (22)	Feuilles	37
Céleri(23)	Tiges	37
Bette (24)	Tiges	37
Rhubarbe (25)	Tiges	37
Asperge (26)	Tiges	37
Haricot (27)	Légumineuses	47
Pois (28)	Légumineuses	45
Herbe (29)	Graminées	0
Maïs (30)	Céréales	0
Blé (31)	Céréales	0
Riz (32)	Céréales	0
Avoine (33)	Céréales	0
Persil (34)	Aromates	85
Basilic (35)	Aromates	85
Menthe (36)	Aromates	85
Romarin (37)	Aromates	85
Thym (38)	Aromates	85
Sauge (39)	Aromates	85
Pomme (40)	Fruits	6
Poire (41)	Fruits	6
Prune (42)	Fruits	34
Raisin (43)	Fruits	7
Figue (44)	Fruits	16
Fraise (45)	Fruits	28
Framboise (46)	Fruits	31
Mûre (47)	Fruits	16
Groseille (48)	Fruits	16
Noix (49)	Fruits secs	16
Noisette (50)	Fruits secs	16

iv. Justification du choix des fractions de légumes auto-produites et consommées proposées dans l'outil SANISOL

La voie d'exposition par ingestion de légumes étant la deuxième voie prépondérante dans le cadre de l'évaluation des risques pour les populations exploitant un jardin potager ou une parcelle dans un jardin communautaire, et l'exposition directement proportionnelle aux fractions de légumes auto-produites et consommées, le GT2 a estimé opportun d'actualiser ces valeurs.

Ce travail a été effectué sur base de la littérature, parfois ancienne mais détaillée quant à la variété des espèces de légumes évaluées, à plus récente. Les études réalisées par SPAQuE (LEGUMAP et POLLUSOL 2) ont bien entendu été prises en compte pour leur caractère récent et spécifique à la pollution wallonne, mais les données ne présentent pas la diversité des études françaises.

Les données récoltées par l'intermédiaire des questionnaires aux 88 volontaires qui ont participé au biomonitoring organisé par l'ISSeP dans le cadre de la subvention SANISOL amènent une certaine connaissance de l'utilisation du jardin communautaire du Coin de Terre de Bressoux par les usagers en terme de fréquentation (fréquence en pleine saison, fréquence hors-saison, heure par jour au moment du questionnaire, heure par jour l'année précédente) et d'exploitation (nombre d'années, consommation par jour, consommation 2x/semaine pendant 3 mois, conservation, 2 catégories les plus consommées, culture des différentes catégories : pommes de terre, légumes-racines, légumes-feuilles, légumes-fruits, légumineuses, aromates, fruits).

La question 38 du questionnaire adressé aux volontaires reprend presque mot pour mot les termes du Tableau 28 et pourrait être exploitée à ce titre, la triple catégorisation des comportements décrits (A,B,C) correspondant à des taux d'autoconsommation respectifs d'environ 75, 50 et 25%.

38) Dans quel profil d'utilisateur du CTB vous retrouvez-vous le mieux?

(A) Je cultive de nombreuses espèces potagères et pratique une rotation des cultures avec peu ou pas de pause entre les espèces. J'arrose dès que nécessaire. J'amende le sol régulièrement. J'utilise éventuellement une serre. Je conserve et surgèle une quantité importante de ce que je produis.

(B) Je cultive des espèces classiques cultivées régulièrement mais sans optimisation avec éventuellement quelques conserves.

(C) Je cultive quelques espèces potagères à la belle saison, juste pour le plaisir.

Le Tableau 19 présente les données récoltées et le calcul réalisé afin d'obtenir la proposition de fractions de légumes auto-produites et consommées. Les moyennes des valeurs récoltées ont été calculées par colonne (par étude pour l'ensemble de légumes) et par ligne (par catégorie de légumes pour l'ensemble des études). La colonne de droite colorée en bleu présente les valeurs proposées pour l'outil SANISOL pour l'ensemble des légumes et par catégorie de légumes ou espèce de légumes. Il englobe également les fruits qui étaient cités dans la revue de la littérature.

Ces valeurs sont reprises dans la proposition finale de fractions de légumes auto-produites et consommées (Tableau 18). Les valeurs pour les espèces de légumes, aromates, fruits et fruits secs supplémentaires sélectionnées pour l'outil SANISOL sur base de l'observation des espèces couramment cultivées dans les jardins potagers en Wallonie, dont le jardin communautaire du Coin de Terre de Bressoux, ont été attribuées par duplication des valeurs obtenues pour la catégorie globale ou l'espèce la plus proche. Pour les aromates, la valeur de 85%, correspondant au plus haut de taux d'autoconsommation observé dans la littérature pour les légumes-feuilles et tiges, est retenu en estimant que ces espèces sont facilement cultivables et qu'un autre approvisionnement ne semble pas pertinent dans le cas où l'espèce est présente dans le potager.

Tableau 19 : Calcul des fractions de légumes et fruits auto-produites et consommées à partir des données de la littérature (2019) dans l’outil SANISOL

Source	Dubeaux D.	Aubervilliers	CIBLEX	IRSN Tricastin	Risc-Human	Caillavet Nichele	LEGUMAP	Pollusol 2	SPAQuE	S-Risk	Toutes
	1994	2011	2003	2005	2008	1999	2007	2013	2011	2018	2019
nombre de potagers	2224	58	population FR	25	-	± 2402	90	400	population NPdC	-	-
Légumes	31	26	22	80	20	41	67	59	35	40	42
<u>Tubercules</u>											
Pommes de terre	26	27	23,67	79	20	41	67	59	40	39	42
<u>Légumes-feuilles et tiges</u>			26,38	85	20	41	67	59	30	36	37
Salades	24	43								36	34
Poireaux	45	18								36	33
Choux	24	14								21	20
<u>Légumes-fruits</u>			13,08	80	20	41	67	59	30	39	41
Tomates	22	35								39	32
Haricots verts	62	37								42	47
Courgettes	26	38								39	34
Petits pois	57	35								42	45
<u>Légumes-racines</u>			24,33	74	20	41	67	59	40	36	35
Carottes	25	22								36	28
Radis	33	9								36	26
Betteraves rouges	33	22								36	30
Oignons	17	-								52	35
Navets	14	22								52	29
Céleris	19	12								52	28
Autres	-	-								52	-
<u>Fruits</u>				64							16
Pommes	9	2									6
Fraises	33	23									28
Framboises	33	28									31
Cerises	38	5									22
Prunes	46	21									34
Poires	11	0,2									6
Abricots	6	9									8
Pêches	6	0,6									3
Melons	9	2									6
Pastèques	9	0,4									5
Raisin	4	9									7

Tableau 20 : Fractions de légumes auto-produites et consommées dans l'outil SANISOL et comparaison avec les valeurs retenues dans S-Risk®

Source	Outil SANISOL	S-Risk WAL	Ecart SANISOL par rapport à S-Risk®
Catégorie	RES-veg	RES-veg	RES-veg
Tubercules	0,42	0,39	+8%
Racines	0,30	0,36	-17%
Bulbes	0,34	0,52	-35%
Légumes-fruits	0,37	0,39	-5%
Choux	0,20	0,21	-5%
Feuilles/Tiges	0,36	0,36	0%
Légumineuses	0,46	0,42	+9%
Graminées	0	0	-
Céréales	0	0	-
Aromates	0,85	0	+100%
Fruits	0,17	0	+100%

Les valeurs proposées par SPAQuE pour l'outil SANISOL (cases soulignées en bleu) sont dans l'ensemble proches (-5% et +9%) des valeurs proposées par défaut par le logiciel S-Risk® WAL à l'exception des légumes-racines et des légumes-bulbes qui présentent des valeurs sensiblement moindres (-17 et -35%). Enfin, les aromates et les fruits, absents du logiciel S-Risk® WAL, apparaissent dans l'outil SANISOL.

v. Pistes d'amélioration pour SANISOL 2019 et plus

Les données spécifiques à la Wallonie restent lacunaires et devraient être étoffées.

Les études à venir sur la même thématique, le biomonitoring général wallon et les demandes d'analyse de sols et de légumes pour les particuliers dans le cadre de l'utilisation de l'outil SANISOL devraient s'inscrire comme réceptacle privilégié de telles informations.

Afin d'améliorer la qualité et l'exploitabilité des données engrangées, la méthodologie suivie par Mienne et al. (2014) auprès des usagers des jardins familiaux à Aubervilliers peut être utilisée.

6. Conclusion

Ce livrable traite du **volet « potager »** de l'outil SANISOL, à destination des particuliers (personne résidant sur place, jardinier et consommateur) au départ du scénario standard d'exposition « résidentiel avec jardin potager » de S-Risk[®] WAL. Le **volet « agricole »** de l'outil SANISOL, dédié aux professionnels, sera quant à lui limité dans un premier temps à la comparaison des concentrations (estimées au départ des concentrations dans le sol ou mesurées directement dans les productions végétales) aux teneurs limites dans les denrées alimentaires du règlement n°1881/2006 modifié de la Commission européenne. Néanmoins, les professionnels qui consomment leur production peuvent utiliser le volet « potager » de l'outil SANISOL pour évaluer leur propre exposition aux métaux lourds et recevoir les recommandations adéquates dans ce cadre.

L'objectif de l'outil SANISOL est d'adapter certains paramètres utilisés dans le logiciel S-Risk[®] WAL, les plus sensibles, à des données spécifiques à la Wallonie, ou à des données plus pertinentes pour cet usage « jardin potager ». L'un des principes de S-Risk[®] WAL est basé sur le calcul des doses d'exposition par classe d'âge (10 classes d'âge, de 1 à 70 ans), avec des paramètres spécifiques à chaque classe d'âge. Cette approche est conservée dans l'outil SANISOL car elle vise à estimer une dose d'exposition plus réaliste mais elle complexifie la recherche des paramètres, qui doivent être disponibles, par classe d'âge.

Les acquis relatifs aux paramètres proposés dans l'outil SANISOL sont repris dans le Tableau 21.

Tableau 21 : Acquis relatifs aux paramètres sensibles identifiés dans l'outil SANISOL

Paramètres sensibles	Acquis dans le cadre de la subvention SANISOL
Bioaccessibilité et biodisponibilité des polluants (arsenic et plomb) du sol pour l'homme	Valeurs de bioaccessibilité et biodisponibilité basées sur des données wallonnes pour 2 métaux (As et Pb) dans le sol
Spéciation minéralogique et chimique des métaux (As, Pb) dans les sols et les légumes	-
Facteur de transfert sol/plante (BCF) pour les métaux lourds et métalloïdes (8 du décret « sols » et autres si possible)	Modèles de transfert basés sur des données wallonnes pour 10 métaux lourds et 45 espèces de légumes et de fruits appartenant à 10 catégories de plantes potagères
Teneur des légumes en matières sèches	Valeurs individuelles basées sur des données wallonnes pour 46 espèces de légumes et de fruits
Teneur de fond dans les légumes	Valeurs en As, Cd et Pb basées sur des données européennes pour 49 espèces de légumes et de fruits appartenant à 14 catégories de plantes potagères
Quantités ingérées de sol et de poussières pour le jardinier	Valeurs pour 10 classes d'âge (1-70 ans) (non spécifiques à la Wallonie)
Quantités consommées de productions végétales et/ou animales	Valeurs basées sur des données belges, françaises et néerlandaises pour 10 classes d'âge (1-70 ans), 38 espèces de légumes et de fruits appartenant à 14 catégories de plantes potagères
Fractions de légumes auto-produites et consommées	Valeurs individuelles basées sur des données wallonnes, françaises et néerlandaises pour 50 espèces de légumes et de fruits appartenant à 14 catégories de plantes potagères

Tout au long du livrable, des observations quant aux données manquantes, lacunaires et autres difficultés rencontrées dans l'amélioration des paramètres sensibles dans l'outil SANISOL permettent de dresser le bilan des améliorations à envisager dans la poursuite du programme de recherche (Tableau 22).

Tableau 22 : Reste à faire / poursuite du programme de recherche relatifs aux paramètres sensibles identifiés dans l'outil SANISOL

Paramètres sensibles	Reste à faire / poursuite du programme de recherche
Bioaccessibilité et biodisponibilité des polluants (arsenic et plomb) du sol pour l'homme	- Déterminer des valeurs de bioaccessibilité et biodisponibilité basées sur des données wallonnes pour 8 métaux (autres que As et Pb) dans le sol
Spéciation minéralogique et chimique des métaux (As, Pb) dans les sols et les légumes	-
Facteur de transfert sol/plante (BCF) pour les métaux lourds et métalloïdes (8 du décret « sols » et autres si possible)	<ul style="list-style-type: none"> - Faire une étude comparative de l'impact du choix des modèles de transfert ; - Faire une comparaison entre concentrations modélisées avec le choix retenu et les concentrations réellement mesurées dans des jardins potagers ; - Faire un bilan des choix 'libres' et des choix 'dérogatoires' effectués, afin de mettre à jour les logigrammes initialement proposés par le GT4 ; - Faire une actualisation/consolidation des choix des équations et modèles de transfert sol-plante pour les métaux régulièrement (tous les 2 ans) sur base des nouvelles analyses de couples légumes/sol réalisées dans les potagers ou les grandes cultures en Région wallonne
Teneur des légumes en matière sèche	- Déterminer les teneurs en matière sèche des légumes et fruits supplémentaires qui pourraient être ajoutés dans une version ultérieure de l'outil SANISOL, sur base des espèces plébiscitées par les jardiniers wallons : aubergine, céleri rave, fenouil, cerise, pêche, kiwi, myrtilles et abricot (2%).
Teneur de fond dans les légumes	<ul style="list-style-type: none"> - Acquérir des données spécifiques à la Wallonie (actuellement données européennes) ; - Abaisser les limites de quantification dans les légumes, en particulier pour l'arsenic, afin de réduire les incertitudes sur l'exposition de la population aux faibles concentrations ; - Actualiser les teneurs de fond pour les 7 métaux autres que As, Cd et Pb ; - Étendre le travail aux nouveaux légumes/fruits proposés dans l'outil SANISOL
Quantités ingérées de sol et de poussières pour le jardinier	<ul style="list-style-type: none"> - Proposer des valeurs spécifiques pour les maraîchers ? - Estimer l'impact des recommandations sur la réduction des quantités ingérées de sol et de poussières

Quantités consommées de productions végétales et/ou animales	<ul style="list-style-type: none"> - Les données spécifiques à la Wallonie restent lacunaires et devraient être étoffées ; - Consolider les valeurs proposées, en particulier pour les légumes ajoutés par rapport au logiciel S-Risk[®] WAL (et ceux qui pourront encore être ajoutés dans une version ultérieure de l'outil SANISOL) ; - Le biomonitoring général wallon et/ou la prochaine enquête de consommation en Belgique devraient s'inscrire comme réceptacle privilégié de telles informations
Fractions de légumes auto-produites et consommées	<ul style="list-style-type: none"> - Les données spécifiques à la Wallonie restent lacunaires et devraient être étoffées ; - Le biomonitoring général wallon et les demandes d'analyse de sols et de légumes pour les particuliers dans le cadre de l'utilisation de l'outil SANISOL devraient s'inscrire comme réceptacle privilégié de telles informations ; - Pour optimiser la qualité et l'exploitabilité des données récoltées, la méthodologie suivie par Mienne et al. (2014) auprès des usagers des jardins familiaux à Aubervilliers peut être utilisée

7. Bibliographie

AFSCA. (2009). AVIS 35-2009. Estimation de l'exposition alimentaire au cadmium par la population Belge (dossier Sci Com N°2009/13). Avis approuvé par le Comité scientifique le 13 novembre 2009.

AFSCA. (2009). AVIS 36-2009. Estimation de l'exposition au plomb par la population belge (dossier Sci Com N°2009/14). Avis approuvé par le Comité scientifique le 11 décembre 2009. http://www.afsca.be/comitescientifique/avis/2009/_documents/AVIS36-2009_FR_DOSSIER2009-14_000.pdf

AFSCA. (2011). Réévaluation des risques liés à l'exposition de la population belge au plomb (dossier Sci Com N°2010/28 : auto-saisine). Avis approuvé par le comité scientifique le 24 juin 2011

Agence Régionale de Santé Île-de-France-InVS. Mercerie D. Legout C. et Kairo C. (2010). Jardins Familiaux du Fort d'Aubervilliers : Avis de la Cire Île de France sur l'étude d'HPC Envirotec pour AFTRP (rapport HPC-F2B/2.09.4462a du 1^{er} février 2010). Version finale du 26 août 2010 intégrant les précisions demandées par la DT-ARS 93. 78p.

ANSES. (2007). Étude Individuelle Nationale des Consommations Alimentaires 2 (INCA 2) (2006-2007) : données sélectionnées pour la partie Nord de la France

ANSES. (2017). Étude Individuelle Nationale des Consommations Alimentaires 3 (INCA 3) (2017) : données sélectionnées pour la partie Nord de la France

Belgian Food Consumption Survey. Devriese, S., Huybrechts, I., Moreau, M., & Van Oyen, H. (2006). De Belgische Voedselconsumptiepeiling 1 - 2004

C.T.M. van Rossum et al. RIVM. (2016). The diet of Dutch. Results of the first two years of the Dutch National Food Consumption Survey 2012-2016. RIVM Letter report 2016-0082

Caillavet F. et Nichele V. (1999). Autoconsommation et jardin : arbitrage entre production domestique et achats de légumes. *Economie rurale*. N°250. pp.11-20

Centre d'Economie Agricole du Ministère des Classes Moyennes et de l'Agriculture pour l'année 1999/2000

Cornelis et al. VITO. (2017). S-Risk version for the Walloon region: Technical guidance document. Final report. 2016/MRG/R/0771

CRIOC. (2012). Les Belges et le jardinage. 26p.

Décret du Parlement wallon du 1^{er} mars 2018 relatif à la gestion et à l'assainissement des sols (M.B. 22 mars 2018), aussi appelé *décret « sols » 2018* dans ce document

Décret du Parlement wallon du 5 décembre 2008 relatif à la gestion des sols (M.B. 18 février 2009), aussi appelé *décret « sols » 2008* dans ce document

Dubeaux D. et al. (1994). Les Français ont la main verte. INSEE Première n°338. 4p.

EFSA. (2012). Cadmium dietary exposure in the European population. *EFSA Journal* 2012;10(1):2551, 37 pp.

EFSA. (2012). Lead dietary exposure in the European population. *EFSA Journal* 2012;10(7):2831, 59 pp.

EFSA. (2012). Scientific Opinion on the risk for public health related to the presence of mercury and methylmercury in food. *EFSA Journal* 2012;10(12):2985, 241 pp.

EFSA. (2014). Dietary exposure to inorganic arsenic in the European population. *EFSA Journal* 2014;12(3):3597, 68 pp.

GRER. (2017). Code Wallon de Bonnes Pratiques. Guide de référence pour l'étude de risques. version 03 du 1^{er} septembre 2017

GRER. (2019). Code Wallon de Bonnes Pratiques. Guide de référence pour l'étude de risques. version 04 du 1^{er} janvier 2019

http://www.afsca.be/comitescientifique/avis/2009/_documents/AVIS35-2009_FR_DOSSIER2009-13_000.pdf

<https://efsa.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.2903/j.efsa.2012.2985>

<https://efsa.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.2903/j.efsa.2012.2831>

<https://efsa.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.2903/j.efsa.2014.3597>

<https://efsa.onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.2903/j.efsa.2012.2551>

INERIS. (2008).

INERIS. (2012). Quantités de terres et poussières ingérées par un enfant de moins de six ans et bioaccessibilité des polluants. 85p.

IRSN – ADEME. (2003). CIBLEX – Banque de données de paramètres descriptifs de la population française au voisinage d'un site pollué. Version 0 (cédérom)

ISSeP. Jérôme Petit (2019). Extraits du questionnaire du biomonitoring humain effectué sur les Coins de Terre de Bressoux, communiqués par mail le mercredi 6/02/2019 à 14:28

M.C. Ocké, C.T.M Van Rossum, H.P Fransen et al. RIVM. (2006). Dutch National Food Consumption Survey - Young Children 2005/2006. Report 350070001/2007

Mienne A. et al. (2014). Enquête alimentaire auprès des usagers des jardins familiaux à Aubervilliers (Seine-Saint-Denis) en situation de sols pollués. Environnement, Risques et Santé. Volume 13, n°2, pp.123-134

OFEV. (2013). Mercure dans les sols : établissement d'un seuil d'investigation selon l'OSol en cas d'utilisation du sol avec risques par ingestion. Station de recherche Agroscope Reckenholz-Tänikon ART. Rapport sur mandat de l'Office fédéral de l'environnement. 12p.

Oregon U.S.A. (2011). CTUIT Soil Ingestion. Appendix 2. Soil Ingestion Rate. 5/31/2011.14p.
<https://health.oregonstate.edu/sites/health.oregonstate.edu/files/research/pdf/tribal-grant/Soil-APPENDIX.pdf>

P.E. Boon et al. RIKILT – Institute of Food Safety. (2004). Dietary habits and exposure to pesticides in Dutch infants. Report 2004.017

P.E. Boon et al. RIKILT – Institute of Food Safety. (2009). Trends in diet and exposure to chemicals in Dutch children. Report 2009.002

RIVM. C.T.M. van Rossum et al. (2015). Voedselconsumptie in 2012-2014 vergeleken met de Richtlijnen goede voeding 2015. RIVM Briefrapport 2017-0095

RIVM. Otte et Zeilmaker (2017). Ex ante evaluatie lokaal beleid aanpak diffuus bodemlood. RIVM Rapport 2017-0174. 36p.

Santé publique France. Bassi C. (2018). Etude de la pertinence d'un dépistage du saturnisme infantile sur un site d'épandage de boues et d'eaux usées. Plaines d'Achères, Pierrelaye, Triel-sur-Seine et Carrières-sous-Poissy. 58p.

Sciencesano. (2015). Enquête nationale de consommation 2014-2015, Belgique

SPAA- ULiège Gembloux Agro-Bio Tech. Valérie Genot & Amandine Liénard (2019). Extraits de la base de données sols-légumes constituée dans le cadre de la subvention SANISOL, communiqués par mail le mardi 14/05/2019 à 14:04

SPAQuE. (2011). Proposition de valeurs pour l'interprétation en termes de santé humaine (V_{SH}) des concentrations en polluants dans les sols. 75p.

SPAQuE. Le Bel M., P. Dengis et H. Halen (2008). LEGUMAP - Qualité des légumes produits dans les jardins riverains de Marchienne-au-Pont (Charleroi). 160 p.

U.S. EPA (2005). Guidance on Selecting Age Groups for Monitoring and Assessing Childhood Exposures to Environmental Contaminants, EPA/630/P-03/003F, November 2005

U.S. EPA. (2011). Exposure Factors Handbook 2011 Edition (Final Report). U.S. Environmental Protection Agency, Washington, DC, EPA/600/R-09/052F

U.S. EPA. (2017). Update for Chapter 5 of the Exposure Factors Handbook. Soil and Dust Ingestion. U.S. Environmental Protection Agency, Washington, DC, EPA/600/R-17/384F

Union européenne. (2006). Règlement (CE), n°1881/2006 de la commission du 19 décembre 2006 portant fixation de teneurs maximales pour certains contaminants dans les denrées alimentaires. In : Journal officiel de l'Union européenne, 364/5-364/24

Universités de Liège ULg-Aquapôle, ULg-Gembloux-Agro Bio Tech, de Mons (FPMS), Université catholique de Louvain (UCL) et SPAQuE. (2015). Projet Pollusol 2, Étude de la qualité des sols et des eaux souterraines en zones urbaines et industrielles en région wallonne

VITO. Cornelis, C., & Swartjes, F. (2007). Ontwikkeling van een geharmoniseerde methodiek voor de beoordeling van gezondheidsrisico's door bodemverontreiniging in de Kempenregio – eindrapport

VITO. Van Holderbeke M., C. Cornelis, J. Bierkens, R. Torfs. (2008). Review of the soil ingestion pathway in human exposure assessment – Final report – Study in support of the BeNeKempen project – subproject on harmonization of the human health risk assessment methodology

Voedingscentrum. (2002). Zo eten jonge peuters in Nederland 2002 - resultaten van het Voedingsstoffen Inname Onderzoek 2002

XtraFood model. Seuntjens, P., Steurbaut, W., & Vangronsveld, J. (2006). Chain model for the impact analysis of contaminants in primary food products. Scientific Support Plan for a Sustainable Development Policy (SPSDII) - Part 1: Sustainable production and consumption patterns

Annexes

Annexe 1 : Calcul des teneurs des légumes en matière sèche à partir de la base de données SANISOL

Plantes	Catégorie	MS moyen (%)	n
Pomme de terre	Tubercules	21,3	28
Betterave	Racines	12,3	9
Carotte	Racines	12,0	32
Céleri rave	Racines	10,1	1
Panais	Racines	23,4	7
Navet	Racines	7,9	8
Radis noir	Racines	7,9	3
Topinambour	Racines	22,7	3
Ail	Bulbes	22,7	3
Ciboulette	Bulbes	13,9	1
Échalote ronde	Bulbes	16,3	1
Oignon	Bulbes	11,4	9
Poireau	Bulbes	11,3	17
Aubergine	Légumes-fruits	7,4	3
Courge Butternut	Légumes-fruits	12,9	1
Concombre	Légumes-fruits	4,3	5
Cornichon	Légumes-fruits	4,0	2
Courge	Légumes-fruits	8,6	1
Courgette	Légumes-fruits	4,5	30
Piment	Légumes-fruits	7,2	3
Poivron	Légumes-fruits	6,8	2
Potiron	Légumes-fruits	10,7	6
Tomate	Légumes-fruits	6,3	29
Chou frisé	Choux	15,1	16
Choux de Bruxelles	Choux	14,2	4
Endive	Feuilles	8,5	1
Épinard	Feuilles	10,4	9
Mâche	Feuilles	11,1	3
Racine d'endive	Feuilles	24,0	1
Salade	Feuilles	7,3	38
Asperge	Tiges	8,7	1
Bette	Tiges	10,1	26
Céleri	Tiges	15,3	7
Rhubarbe	Tiges	6,2	17
Fève	Légumineuses	37,7	4
Haricot	Légumineuses	12,2	30
Haricot flageolet	Légumineuses	28,1	2
Pois	Légumineuses	22,1	7
Basilic	Aromates	11,1	3
Cerfeuil	Aromates	14,9	5
Coriandre feuille	Aromates	16,7	1
Estragon	Aromates	26,1	1
Fines herbes	Aromates	31,0	1
Herbe aromatique	Aromates	22,9	4
Menthe	Aromates	26,8	15
Persil	Aromates	16,5	22
Romarin	Aromates	32,4	10
Sauge	Aromates	25,9	9
Thym	Aromates	34,9	8

Plantes (suite)	Catégorie	MS moyen (%)	n
Cassis	Fruits	16,5	1
Cerise	Fruits	12,5	7
Figue	Fruits	13,9	4
Fraise	Fruits	8,3	18
Framboise	Fruits	14,0	19
Groseille	Fruits	13,7	13
Groseille verte	Fruits	8,7	2
Mirabelle	Fruits	25,9	1
Mûre	Fruits	14,4	6
Poire	Fruits	17,4	5
Pomme	Fruits	14,3	11
Prune	Fruits	16,6	4
Prunelle	Fruits	31,6	1
Raisins	Fruits	19,4	15
Reine Claude	Fruits	14,1	1
Châtaigne	Fruits Secs	48,9	1
Noisette	Fruits Secs	78,6	6
Noix	Fruits Secs	79,1	3
Amarante - Feuille	Autres	21,9	2
Amarante - Graine	Autres	83,3	1
Camomille	Autres	22,5	1
Cardon	Autres	9,6	1
Champignon séché	Autres	84,8	1
Cyclanthere - Fruit	Autres	6,2	1
Fenouil	Autres	8,8	1
Feuille de vignes	Autres	23,1	1
Guimauve	Autres	27,0	1
Maïs grain	Autres	49,4	1
Mauve sylvestre	Autres	19,0	1
Oseille	Autres	6,1	1
Patidou	Autres	10,8	1
Physalis	Autres	17,0	1
Pourpier	Autres	11,9	2
Raifort	Autres	26,2	1
Sarriette	Autres	27,2	1
Yakon	Autres	10,4	1
Tous	Tous	19,6	587

Annexe 2 : Détermination des teneurs de fond dans les légumes du commerce (AFSCA, EFSA)

ARSENIC		EFSA Journal 2009;7(10):1351			EFSA Journal 2014;12(3):3597			SELECTION	
Espèce	Catégorie	Groupe	Total As Mean - upper bound (mg/kg)	%<LOD	Groupe	Inorganique As Mean - upper bound (µg/kg)	Inorganique As Mean - upper bound (mg/kg)	Conversion en Total As (Méthodo EFSA 2014 :0,7)	% d'arsenic inorganique par rapport aux valeurs EFSA 2009
Légumes (0)	Toutes								
Pomme de terre (1)	Tubercules	PDT pelées	0,002	17	PDT	7,2	0,0072	0,010	360
Carotte (2)	Racines	légumes racines	0,0145	74	carotte	8,7	0,0087	0,012	60
Radis et autres (3)	Racines	légumes racines	0,0145	74	radis	7,5	0,0075	0,011	52
Salsifis/Panais (4)	Racines	légumes racines	0,0145	74	panais	10,2	0,0102	0,015	70
			0,0145	74	salsifi	56,9	0,0569	0,081	392
Betterave rouge (5)	Racines	légumes racines	0,0145	74	betterave	6,9	0,0069	0,010	48
Navet (6)	Racines	légumes racines	0,0145	74	navet	8,6	0,0086	0,012	59
Oignon (7)	Bulbes	autres légumes	0,0192	70	légume bulbe	11,1	0,0111	0,016	58
Poireau (8)	Bulbes	autres légumes	0,0192	70	légume bulbe	11,1	0,0111	0,016	58
Tomates (9)	Légumes-fruits	autres légumes	0,0192	70	tomate	7,7	0,0077	0,011	40
Concombre (10)	Légumes-fruits	autres légumes	0,0192	70	concombre	13,6	0,0136	0,019	71
Poivron et autres (11)	Légumes-fruits	autres légumes	0,0192	70	poivron	16,6	0,0166	0,024	86
Courgette (12)	Légumes-fruits	autres légumes	0,0192	70	courgette	8,3	0,0083	0,012	43
Courge (13)	Légumes-fruits	autres légumes	0,0192	70	potiron	6,8	0,0068	0,010	35
Potiron (14)	Légumes-fruits	autres légumes	0,0192	70	potiron	6,8	0,0068	0,010	35
Chou (15)	Choux	brassicaceae	0,0108	74	brassicaceae	7,8	0,0078	0,011	72
Chou-fleur et brocoli (16)	Choux	brassicaceae	0,0108	74	brassicaceae	7,8	0,0078	0,011	72
Chou de Bruxelles (17)	Choux	brassicaceae	0,0108	74	brassicaceae	7,8	0,0078	0,011	72
Laitue (18)	Feuilles	légumes feuilles	0,0235	58	laitue	10,8	0,0108	0,015	46
Mâche (19)	Feuilles	légumes feuilles	0,0235	58	mâche	31,1	0,0311	0,044	132
Chicon (20)	Feuilles	légumes feuilles	0,0235	58	chicon	14,7	0,0147	0,021	63
Épinard (21)	Feuilles	légumes feuilles	0,0235	58	épinard	13,2	0,0132	0,019	56
Chicorée (22)	Feuilles	légumes feuilles	0,0235	58	légume feuille indéfini	10,4	0,0104	0,015	44
Céleri(23)	Tiges	légumes tiges	0,0211	89	céleri	12,6	0,0126	0,018	60
Bette (24)	Tiges	légumes tiges	0,0211	89	légume tige indéfini	8,9	0,0089	0,013	42
Rhubarbe (25)	Tiges	légumes tiges	0,0211	89	rhubarbe	11,3	0,0113	0,016	54
Asperge (26)	Tiges	légumes tiges	0,0211	89	asperge	5,9	0,0059	0,008	28
Haricot (27)	Légumineuses	légumineuses	0,0153	77	haricot	4	0,004	0,006	26
Pois (28)	Légumineuses	légumineuses	0,0153	77	pois	11,5	0,0115	0,016	75
Herbe (29)	Graminées		-				0	0,000	-
Maïs (30)	Céréales	Grains de céréales	0,0405	77	grain de maïs pour consommation humaine	25	0,025	0,036	62
Blé (31)	Céréales	Grains de céréales	0,0405	77	blé pour consommation humaine	25,2	0,0252	0,036	62
Riz (32)	Céréales	Grains de riz	0,1424	9,8	Riz	109,9	0,1099	0,157	77
Avoine (33)	Céréales	Grains de céréales	0,0405	77	grains d'avoine pour consommation humaine	33,5	0,0335	0,048	83
Persil (34)	Aromates	Herbes fraîches	0,031	41	persil	26,5	0,0265	0,038	85
Basilic (35)	Aromates	Herbes fraîches	0,031	41	basilic	34,1	0,0341	0,049	110
Menthe (36)	Aromates	Herbes fraîches	0,031	41	herbes indéfini	101,4	0,1014	0,145	327
Romarin (37)	Aromates	Herbes fraîches	0,031	41	romarin	46,2	0,0462	0,066	149
Thym (38)	Aromates	Herbes fraîches	0,031	41	thym	160,8	0,1608	0,230	519
Sauge (39)	Aromates	Herbes fraîches	0,031	41	sauge	46,2	0,0462	0,066	149
Pomme (40)	Fruits	autres fruits	0,0172	85	fruits à pépins	8,4	0,0084	0,012	49
Poire (41)	Fruits	autres fruits	0,0172	85	fruits à pépins	8,4	0,0084	0,012	49
Prune (42)	Fruits	autres fruits	0,0172	85	fruits à noyaux	8,2	0,0082	0,012	48
Raisin (43)	Fruits	autres fruits	0,0172	85	fruits à pépins	8,4	0,0084	0,012	49
Figue (44)	Fruits	autres fruits	0,0172	85	fruits à pépins	8,4	0,0084	0,012	49
Fraise (45)	Fruits	baies et petits fruits	0,0129	84	baies et petits fruits	8	0,008	0,011	62
Framboise (46)	Fruits	baies et petits fruits	0,0129	84	baies et petits fruits	8	0,008	0,011	62
Mûre (47)	Fruits	baies et petits fruits	0,0129	84	baies et petits fruits	8	0,008	0,011	62
Groseille (48)	Fruits	baies et petits fruits	0,0129	84	baies et petits fruits	8	0,008	0,011	62
Noix (49)	Fruits secs	noix	0,0363	86	noix	22,7	0,0227	0,032	63
Noisette (50)	Fruits secs	noix	0,0363	86	noisette	31,4	0,0314	0,045	87

CADMIUM		AFSCA Avis 35-2009				EFSA Journal (2009)980, 1-139				EFSA Journal (2012);10(1):2551			
Espèce	Catégorie	Groupe	Total Cd Mean - middle bound (mg/kg)	Nb échantillons	Nb<LOQ	Groupe	Total Cd Mean - middle bound (mg/kg)	Nb échantillons	%<LOQ	Groupe	Total Cd Mean - middle bound (µg/kg)	Total Cd Mean - middle bound (mg/kg)	Nb échantillons
Légumes (0)	Toutes												
Pdt (1)	Tubercules	PDT	0,023	88	21	PDT	0,0211	2116	15	PDT	21,7	0,0217	2280
Carotte (2)	Racines	carotte	0,025	96	13	légumes tiges et racines	0,0205	2452	19	légumes racines	46,3	0,0463	2091
Radis et autres (3)	Racines	radis	0,007	5	4	légumes tiges et racines	0,0205	2452	19	légumes racines	46,3	0,0463	2091
Salsifis/Panais (4)	Racines	carotte	0,025	96	13	légumes tiges et racines	0,0205	2452	19	légumes racines	46,3	0,0463	2091
Salsifis/Panais (4)	Racines	carotte	0,025	96	13	légumes tiges et racines	0,0205	2452	19	légumes racines	46,3	0,0463	2091
Betterave rouge (5)	Racines	carotte	0,025	96	13	légumes tiges et racines	0,0205	2452	19	légumes racines	46,3	0,0463	2091
Navet (6)	Racines	carotte	0,025	96	13	légumes tiges et racines	0,0205	2452	19	légumes racines	46,3	0,0463	2091
Oignon (7)	Bulbes	oignon	0,014	33	18	autres légumes que ceux listés	0,0068	3993	26	légumes bulbes	12,7	0,0127	777
Poireau (8)	Bulbes	poireau	0,03	30	10	autres légumes que ceux listés	0,0068	3993	26	légumes bulbes	12,7	0,0127	777
Tomates (9)	Légumes-fruits	tomate	0,008	10	7	autres légumes que ceux listés	0,0068	3993	26	légumes fruits	7,27	0,00727	2694
Concombre (10)	Légumes-fruits	courgette	0,012	7	5	autres légumes que ceux listés	0,0068	3993	26	légumes fruits	7,27	0,00727	2694
Poivron et autres (11)	Légumes-fruits	tomate	0,008	10	7	autres légumes que ceux listés	0,0068	3993	26	légumes fruits	7,27	0,00727	2694
Courgette (12)	Légumes-fruits	courgette	0,012	7	5	autres légumes que ceux listés	0,0068	3993	26	légumes fruits	7,27	0,00727	2694
Courge (13)	Légumes-fruits	courgette	0,012	7	5	autres légumes que ceux listés	0,0068	3993	26	légumes fruits	7,27	0,00727	2694
Potiron (14)	Légumes-fruits	courgette	0,012	7	5	autres légumes que ceux listés	0,0068	3993	26	légumes fruits	7,27	0,00727	2694
Chou (15)	Choux	choux	0,005	56	52	autres légumes que ceux listés	0,0068	3993	26	légumes brassicaceae	6,43	0,00643	1952
Chou-fleur et brocoli (16)	Choux	choux	0,005	56	52	autres légumes que ceux listés	0,0068	3993	26	légumes brassicaceae	6,43	0,00643	1952
Chou de Bruxelles (17)	Choux	choux	0,005	56	52	autres légumes que ceux listés	0,0068	3993	26	légumes brassicaceae	6,43	0,00643	1952
Laitue (18)	Feuilles	salade	0,022	59	24	légumes feuilles	0,0231	2389	22	légumes feuille	36,4	0,0364	3414
Mâche (19)	Feuilles	salade	0,022	59	24	légumes feuilles	0,0231	2389	22	légumes feuille	36,4	0,0364	3414
Chicon (20)	Feuilles	endive	0,009	6	4	légumes feuilles	0,0231	2389	22	légumes feuille	36,4	0,0364	3414
Epinard (21)	Feuilles	épinard	0,079	50	0	épinard	0,0615	867	21	légumes feuille	36,4	0,0364	3414
Chicorée (22)	Feuilles	endive	0,009	6	4	légumes feuilles	0,0231	2389	22	légumes feuille	36,4	0,0364	3414
Céleri(23)	Tiges	céleri	0,044	29	3	céleri	0,1035	20	15	légumes tige	24,9	0,0249	732
Bette (24)	Tiges	céleri	0,044	29	3	légumes tiges et racines	0,0205	2452	19	légumes tige	24,9	0,0249	732
Rhubarbe (25)	Tiges	céleri	0,044	29	3	légumes tiges et racines	0,0205	2452	19	légumes tige	24,9	0,0249	732
Asperge (26)	Tiges	céleri	0,044	29	3	légumes tiges et racines	0,0205	2452	19	légumes tige	24,9	0,0249	732
Haricot (27)	Légumineuses	pois	0,05	15	15	légumineuses	0,0077	1322	30	légumineuses	4,39	0,00439	233
Pois (28)	Légumineuses	pois	0,05	15	15	légumineuses	0,0077	1322	30	légumineuses	4,39	0,00439	233
Herbe (29)	Graminées											0	
Mais (30)	Céréales	froment	0,051	10	0	autres céréales	0,0171	4216	16	grains pour conso humaine	33,4	0,0334	9297
Blé (31)	Céréales	froment	0,051	10	0	grains de blé et farine	0,03	4243	12	grains pour conso humaine	33,4	0,0334	9297
Riz (32)	Céréales	froment	0,051	10	0	riz	0,0253	1000	12	grains pour conso humaine	33,4	0,0334	9297
Avoine (33)	Céréales	froment	0,051	10	0	autres céréales	0,0171	4216	16	grains pour conso humaine	33,4	0,0334	9297
Persil (34)	Aromates	persil	0,032	16	3	légumes feuilles	0,0231	2389	22	herbes aromatiques	43,9	0,0439	554
Basilic (35)	Aromates	persil	0,032	16	3	légumes feuilles	0,0231	2389	22	herbes aromatiques	43,9	0,0439	554
Menthe (36)	Aromates	persil	0,032	16	3	légumes feuilles	0,0231	2389	22	herbes aromatiques	43,9	0,0439	554
Romarin (37)	Aromates	persil	0,032	16	3	légumes feuilles	0,0231	2389	22	herbes aromatiques	43,9	0,0439	554
Thym (38)	Aromates	persil	0,032	16	3	légumes feuilles	0,0231	2389	22	herbes aromatiques	43,9	0,0439	554
Sauge (39)	Aromates	persil	0,032	16	3	légumes feuilles	0,0231	2389	22	herbes aromatiques	43,9	0,0439	554
Pomme (40)	Fruits	raisin	0,005	6	6	fruit	0,0039	4300	56	fruits à pépins	5,04	0,00504	1505
Poire (41)	Fruits	raisin	0,005	6	6	fruit	0,0039	4300	56	fruits à pépins	5,04	0,00504	1505
Prune (42)	Fruits	raisin	0,005	6	6	fruit	0,0039	4300	56	fruits à noyaux	3,53	0,00353	470
Raisin (43)	Fruits	raisin	0,005	6	6	fruit	0,0039	4300	56	fruits à pépins	5,04	0,00504	1505
Figue (44)	Fruits	raisin	0,005	6	6	fruit	0,0039	4300	56	fruits à pépins	5,04	0,00504	1505
Fraise (45)	Fruits	fraise	0,005	11	11	fruit	0,0039	4300	56	fruits à pépins	5,04	0,00504	1505
Framboise (46)	Fruits	fraise	0,005	11	11	fruit	0,0039	4300	56	fruits à pépins	5,04	0,00504	1505
Mûre (47)	Fruits	fraise	0,005	11	11	fruit	0,0039	4300	56	fruits à pépins	5,04	0,00504	1505
Groseille (48)	Fruits	groseille	0,005	9	9	fruit	0,0039	4300	56	fruits à pépins	5,04	0,00504	1505
Noix (49)	Fruits secs	graines et fruits oléa	0,005	5	2	noix	0,0434	1418	32	noix des arbres	36,2	0,0362	1368
Noisette (50)	Fruits secs	graines et fruits oléa	0,005	5	2	noix	0,0434	1418	32	noix des arbres	36,2	0,0362	1368

PLOMB		AFSCA Avis 07-2011		AFSCA AVIS 36-2009				EFSA Journal 2012;10(7):2831				
Espèce	Catégorie	Groupe	Total Pb Mean - upper bound (mg/kg)	Groupe	Total Pb - Mean - middle bound (mg/kg)	Nb d'échantillons	Nb>LQ	Groupe	Total Pb - Mean - upper bound (µg/kg)	Total Pb - Mean - upper bound (mg/kg)	N d'échantillons	Left-censored proportion (%)
Légumes (0)	Toutes											
Pomme de terre (1)	Tubercules	PDT	0,02	PDT	0,012	86	3	PDT	23	0,023	1028	49
Carotte (2)	Racines	légumes racines	0,0276	carotte	0,018	106	24	carotte	21	0,021	1305	35
Radis et autres (3)	Racines	légumes racines	0,0276	radis	0,014	5	2	radis	16	0,016	259	55
Salsifis/Panais (4)	Racines	légumes racines	0,0276					salsifi	147	0,147	25	20
Salsifis/Panais (4)	Racines							panais	37	0,037	50	10
Betterave rouge (5)	Racines	légumes racines	0,0276					betterave	16	0,016	254	54
Navet (6)	Racines	légumes racines	0,0276					navet	26	0,026	34	74
Oignon (7)	Bulbes	autres légumes	0,02	oignon	0,011	33	2	oignon	17	0,017	552	62
Poireau (8)	Bulbes	autres légumes	0,02	poireau	0,011	29	2	poireau	47	0,047	303	63
Tomates (9)	Légumes-fruits	autres légumes	0,02	tomate	0,013	10	1	tomate	16	0,016	708	68
Concombre (10)	Légumes-fruits	autres légumes	0,02					concombre	13	0,013	533	72
Poivron et autres (11)	Légumes-fruits	autres légumes	0,02					poivron	11	0,011	830	71
Courgette (12)	Légumes-fruits	autres légumes	0,02	courgette	0,01	7	0	courgette	14	0,014	301	77
Courge (13)	Légumes-fruits	autres légumes	0,02					potiron	16	0,016	19	53
Potiron (14)	Légumes-fruits	autres légumes	0,02					potiron	16	0,016	19	53
Chou (15)	Choux	brassicaceae	0,0188	choux	0,01	56	4	chou	17	0,017	829	60
Chou-fleur et brocoli (16)	Choux	brassicaceae	0,0188	choux	0,01	56	4	brocoli	12	0,012	180	59
Chou-fleur et brocoli (16)	Choux							chou-fleur	11	0,011	262	62
Chou de Bruxelles (17)	Choux	brassicaceae	0,0188	choux	0,01	56	4	chou de bxl	5	0,005	32	97
Laitue (18)	Feuilles	légumes feuille	0,18	salade	0,185	75	46	laitue	42	0,042	1149	51
Mâche (19)	Feuilles	légumes feuille	0,18	salade de blé	0,097	15	12	mâche	48	0,048	260	20
Chicon (20)	Feuilles	légumes feuille	0,18	endive	0,019	6	1	chicon	11	0,011	21	76
Épinard (21)	Feuilles	légumes feuille	0,18	épinard	0,083	50	20	épinard frais	63	0,063	334	22
Chicorée (22)	Feuilles	légumes feuille	0,18					chicorée, endive	81	0,081	135	63
Céleri(23)	Tiges	légumes tiges	0,02	céleri, céleri-rave	0,017	45	7	céleri	26	0,026	146	51
Bette (24)	Tiges	légumes tiges	0,02					légume tige frais	25	0,025	1267	60
Rhubarbe (25)	Tiges	légumes tiges	0,02					rhubarbe	25	0,025	249	36
Asperge (26)	Tiges	légumes tiges	0,02					asperge	10	0,01	419	80
Haricot (27)	Légumineuses							haricot	32	0,032	60	42
Pois (28)	Légumineuses			pois	0,01	15	0	pois sans cosse	20	0,02	358	61
Herbe (29)	Graminées									0		
Maïs (30)	Céréales	céréales et produits céréaliers	0,0215					grain de maïs	32	0,032	330	45
Blé (31)	Céréales	céréales et produits céréaliers	0,0215					grain de blé	35	0,035	1932	44
Riz (32)	Céréales	céréales et produits céréaliers	0,0215					riz	32	0,032	1168	64
Avoine (33)	Céréales	céréales et produits céréaliers	0,0215					grain d'avoine	47	0,047	76	37
Persil (34)	Aromates	herbes fraîches aromatiques	0,1649	persil	0,305	12	12	persil	96	0,096	215	19
Basilic (35)	Aromates	herbes fraîches aromatiques	0,1649					basilic	81	0,081	72	35
Menthe (36)	Aromates	herbes fraîches aromatiques	0,1649					menthe	443	0,443	33	27
Romarin (37)	Aromates	herbes fraîches aromatiques	0,1649					feuilles de sauge, romarin,	229	0,229	2337	29
Thym (38)	Aromates	herbes fraîches aromatiques	0,1649					thym	1100	1,1	21	0
Sauge (39)	Aromates	herbes fraîches aromatiques	0,1649					feuilles de sauge, romarin,	229	0,229	2337	29
Pomme (40)	Fruits	autres fruits	0,02					pomme	15	0,015	913	57
Poire (41)	Fruits	autres fruits	0,02					poire	14	0,014	279	69
Prune (42)	Fruits	autres fruits	0,02					prune	11	0,011	329	78
Raisin (43)	Fruits	autres fruits	0,02	raisin	0,01	6	0	raisin de table	35	0,035	216	40
Figue (44)	Fruits	autres fruits	0,02					figue	27	0,027	16	25
Fraise (45)	Fruits	baies et petits fruits	0,02	fraise	0,01	11	0	fraise	12	0,012	723	70
Framboise (46)	Fruits	baies et petits fruits	0,02					framboise	16	0,016	240	63
Mûre (47)	Fruits	baies et petits fruits	0,02					mûre	12	0,012	32	66
Groseille (48)	Fruits	baies et petits fruits	0,02	groseille	0,011	9	1	groseille	29	0,029	130	33
Noix (49)	Fruits secs							noix	36	0,036	164	51
Noisette (50)	Fruits secs							noisette	36	0,036	126	46

Subvention SANISOL

Annexe 3 : Détermination de la quantité de terre et de poussières déposées à l'intérieur ingérée. Exemple de Van Holderbeke, 2008

Les **quantités quotidiennes ingérées de terre et poussières déposées à l'intérieur** (exprimées en mg/j) pour l'adulte et pour l'enfant sélectionnées dans le rapport du VITO (Van Holderbeke, 2008) se basent sur les éléments suivants :

Les études de traçage sont les plus fiables (par comparaison aux études établissant des liens entre les données de biomonitoring et les données environnementales) et donnent une quantité de sol ingéré (*et non de poussières*) :

- Le VITO a calculé la moyenne arithmétique des valeurs moyennes arithmétiques obtenues sur 18 études de traçage ;
- Le VITO a ensuite pris en compte la proportion de sol extérieur dans les poussières intérieures à hauteur de 50 % (Cornelis, 2007).

L'estimation de la quantité de sol ingéré à partir d'une étude de traçage consiste à réaliser un bilan de masse des éléments ingérés par l'homme (aliments, boissons, terre, médicaments) et des éléments excrétés (fèces, urines).

Lors de ce type d'étude, plusieurs éléments-traceurs (aluminium Al, silicium Si, titane Ti, yttrium Y, etc) sont analysés dans les sols des jardins des volontaires (et, parfois, les poussières à l'intérieur de la maison) ainsi qu'à une fréquence quotidienne, dans les aliments, les boissons, les médicaments consommés par les volontaires, dans leurs urines et fèces, et ceci pendant plusieurs semaines. Les volontaires remplissent un questionnaire en précisant leurs activités et le poids des aliments, boissons et médicaments consommés.

Ces éléments-traces (Al, Si, Ti, Y) sont sélectionnés car ils sont présents naturellement dans la croûte terrestre et qu'ils ne *semblent* pas être métabolisés en d'autres substances après ingestion (Van Holderbeke, 2008).

La quantité de sol ingéré est alors estimée selon l'équation suivante :

$$[\text{traceur}_{\text{aliments}}] \times Q_{\text{aliments}} + [\text{traceur}_{\text{médicaments}}] \times Q_{\text{médicaments}} + [\text{traceur}_{\text{sol}}] \times \text{quantité de sol consommé} = [\text{traceur}_{\text{fèces}}] \times Q_{\text{fèces}} + [\text{traceur}_{\text{urines}}] \times Q_{\text{urines}}$$

D'où :

$$\text{Quantité de sol consommé} = \frac{[\text{traceur}_{\text{fèces}}] \times Q_{\text{fèces}} + [\text{traceur}_{\text{urines}}] \times Q_{\text{urines}} - [\text{traceur}_{\text{aliments}}] \times Q_{\text{aliments}} - [\text{traceur}_{\text{médicaments}}] \times Q_{\text{médicaments}}}{[\text{traceur}_{\text{sol}}]}$$

$[\text{traceur}_i]$: concentration analysée du traceur dans le milieu i (en mg/kg)

Q_i : quantité de milieu i consommé (en kg)

L'étude de Stanek *et al.* (1997) ajoute à ce protocole l'ingestion par le volontaire d'une capsule de gélatine contenant une quantité fixée de sol stérilisé. Ainsi, son expérience se déroule en 4 semaines de la façon suivante :

- semaine 1 : ingestion d'une capsule vide ;
- semaines 2/3/4 : ingestion d'une capsule contenant 20/100/500 mg de sol stérilisé.

Dans cette étude, l'estimation de la quantité de sol ingéré est construite en soustrayant la teneur en traceurs dans la capsule à la teneur en traceurs dans les fèces. L'équation ci-dessus est ensuite utilisée avec la « teneur corrigée dans les fèces ».

La méthodologie suivie par VITO (Van Holderbeke, 2008) est schématisée dans le graphe ci-dessous ainsi que l'équation utilisée (extraits de Van Holderbeke, 2008).

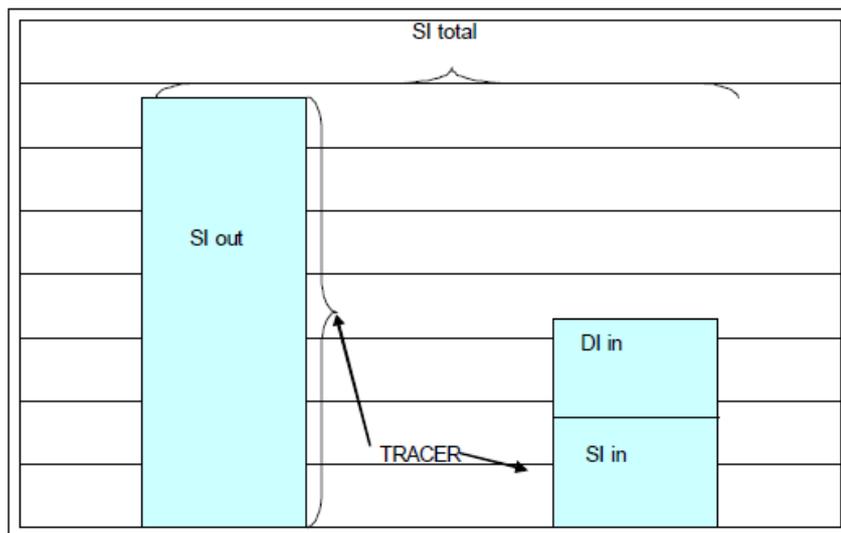


Figure 25 Relationship between total soil ingestion, soil ingestion outdoor, indoor and dust ingestion (figure build with fictious data).

$$f_r = \frac{\left(\frac{55\% \text{ of daily soil ingestion (mg)}}{T_{in}} \right)}{\left(\frac{45\% \text{ of daily soil ingestion (mg)}}{T_{out}} \right)} \quad \text{Equation 10}$$

When f_r in equation 5 is substituted by the equation above the following formula is obtained:

$$SI_{total} = \frac{TRACER \times [1 + 0.55 / 0.45]}{[1 + f_r^{soil} \times 0.55 / 0.45]} \quad \text{Equation 11}$$

Le déroulement des calculs réalisés par VITO (Van Holderbeke, 2008) est détaillé du Tableau 23 au Tableau 25.

Tableau 23 : Quantité de terre ingérée pour les enfants – exprimée en mg/j

Etude	moyenne arithmétique	médiane
Davis et al (1990)	61	42
Davis et al (2006)	37	30
Calabrese et al (1997)	66	20
Stanek et al (2000)	31	17
Clausing et al (1987)	56	-
Van Wijnen et al (1990)	69	-
Van Wijnen et al (1990)	120	-
moyenne arithmétique	62,9	27,3

Tableau 24 : Quantité de terre ingérée pour les adultes – exprimée en mg/j

Etude	moyenne arithmétique	médiane
Calabrese et al (1990)	77	57
Calabrese et al (1990)	5	1
Calabrese et al (1990)	53	65
Calabrese et al (1990)	22	-
Stanek et al (1997)	44	18
Stanek et al (1997)	49	-
Davis et al (2006)	92	-
Davis et al (2006)	23	5
Davis et al (2006)	68	23
Davis et al (2006)	26	0,2
moyenne arithmétique	45,9	24,2

Tableau 25 : Calcul de la quantité de terre et de poussières ingérées

En mg/j	adulte	enfant
quantité de terre ingérée obtenue par étude de traçage - Moyenne arithmétique	46	63
SI total = quantité de terre et de poussières ingérées	63	87

Pour rappel, SPAQuE a ainsi retenu pour la **quantité de terre et de poussières ingérées**, les valeurs moyennes de 63 mg/j pour l'adulte et de 87 mg/j pour l'enfant, issues de l'étude du VITO (Van Holderbeke, 2008) dans le cadre de Pollusol 2 et d'autres évaluations détaillées des risques réalisées à partir de l'année 2011 chez SPAQuE, car ces dernières étaient fondées sur une étude de la revue bibliographique réfléchie et la plus récente.

Annexe 4 : Calcul des quantités de sol et de poussières ingérées à partir des données de l'US-EPA (2017) pour l'outil SANISOL (version 1, 2019)

quantité de particules de sol et de poussières ingérée (mg/j)			classe d'âge		IR _{soil/dust_daily}	commentaires
enfant	adolescent	adulte	plage	durée (an)	mg/j	moyenne par catégorie d'âge
S-Risk WAL et S-Risk FLA-BRU (2013-2018). Tendance extrême défavorable (95ème centile)						
152			1 - < 3 ans	2	134	moyenne enfant
122			3 - < 6 ans	3	91	moyenne adolescent
	93		6 - < 10 ans	4	78	moyenne adulte
	89		10 - < 15 ans	5	80	moyenne adolescent et adulte
		85	15 - < 21 ans	6		
		77	21 - < 31 ans	10		
		77	31 - < 41 ans	10		
		77	41 - < 51 ans	10		
		77	51 - < 61 ans	10		
		77	>= 61 ans	10		
S-Risk FLA (proposition 2019). Tendance centrale légèrement supérieure (60ème centile)						
106			1 - < 3 ans	2	93	moyenne enfant
85			3 - < 6 ans	3	68	moyenne adolescent
	69		6 - < 10 ans	4	66	moyenne adulte
	68		10 - < 15 ans	5	66	moyenne adolescent et adulte
		67	15 - < 21 ans	6		
		66	21 - < 31 ans	10		
		66	31 - < 41 ans	10		
		66	41 - < 51 ans	10		
		66	51 - < 61 ans	10		
		66	>= 61 ans	10		
EFH 2017. Update for Chapter 5 of the Exposure Factors Handbook. Soil and Dust Ingestion. September 2017. Central tendency (moyenne des valeurs p50)						
40			<6 mois	0,5	64	moyenne enfant
70		(60 à 80)	6 mois-1 an	0,5	76	moyenne enfant (bis)
90			1 - < 2 ans	1	75	1 - < 3 ans
60			2 - < 6 ans	4	42	10 - < 15 ans
80		(60 à 100)	1 - < 6 ans	5	33	moyenne adolescent et adulte
(60 à 60)		60	6 - < 12 ans	7		
(4 à 50)		30	>= 12 ans	59		
EFH 2017. Update for Chapter 5 of the Exposure Factors Handbook. Soil and Dust Ingestion. September 2017. Upper percentile (moyenne des valeurs p95)						
100			<6 mois	0,5	192	moyenne enfant
200			6 mois-1 an	0,5	192	moyenne enfant (bis)
200			1 - < 2 ans	1	200	1 - < 3 ans
200			2 - < 6 ans	4	140	10 - < 15 ans
200			1 - < 6 ans	5	111	moyenne adolescent et adulte
		200	6 - < 12 ans	7		
		100	>= 12 ans	59		
Outil SANISOL. Sur base de la proposition US-EPA 2017 "central tendency" la plus élevée pour chaque classe d'âge en-dessous de 21 ans						
80			1 - < 3 ans	2	80	moyenne enfant
80			3 - < 6 ans	3	60	moyenne adolescent
	60		6 - < 10 ans	4	30	moyenne adulte
	60		10 - < 15 ans	5	34	moyenne adolescent et adulte
		30	15 - < 21 ans	6		
		30	21 - < 31 ans	10		
		30	31 - < 41 ans	10		
		30	41 - < 51 ans	10		
		30	51 - < 61 ans	10		
		30	>= 61 ans	10		
Outil SANISOL (bis). Sur base de la proposition US-EPA 2017 "central tendency" la plus centrée pour chaque classe d'âge en-dessous de 21 ans						
75			1 - < 3 ans	2	66	moyenne enfant
60			3 - < 6 ans	3	50	moyenne adolescent
	60		6 - < 10 ans	4	30	moyenne adulte
	42		10 - < 15 ans	5	33	moyenne adolescent et adulte
		30	15 - < 21 ans	6		
		30	21 - < 31 ans	10		
		30	31 - < 41 ans	10		
		30	41 - < 51 ans	10		
		30	51 - < 61 ans	10		
		30	>= 61 ans	10		
Outil SANISOL (ter). Sur base de la proposition EFH 2017 "upper tendency"						
200			1 - < 3 ans	2	200	moyenne enfant
200			3 - < 6 ans	3	167	moyenne adolescent
	200		6 - < 10 ans	4	100	moyenne adulte
	140		10 - < 15 ans	5	109	moyenne adolescent et adulte
		100	15 - < 21 ans	6		
		100	21 - < 31 ans	10		
		100	31 - < 41 ans	10		
		100	41 - < 51 ans	10		
		100	51 - < 61 ans	10		
		100	>= 61 ans	10		

Annexe 5 : Calcul des quantités de légumes et fruits consommés pour l'outil SANISOL

Sujets âgés de plus de 3 ans

Les données de consommation des sujets âgés de plus de 3 ans sont présentées au sein de 9 classes d'âge, à savoir : 3-<6 ans, 6-<10 ans, 10-<15 ans, 15-<21 ans, 21-<31 ans, 31-<41 ans, 41-<51 ans, 51-<61 ans, >=61 ans.

Les données de l'enquête de consommation alimentaire (2014-2015) (De Ridder et al., 2016) disponibles dans la base de données exhaustive de l'EFSA sur la consommation alimentaire européenne (<https://www.efsa.europa.eu/en/microstrategy/foodex2-level-1>) ont été extraites à l'aide des filtres "Belgium" et "National-FCS-2014". Les données sont exprimées en g/kg de poids corporel·jour.

Les valeurs moyennes ont été sélectionnées pour l'expression des résultats "All subjects". La base de données EFSA présente les résultats sous la forme "Consumers only" et "All subjects". L'usage des résultats sous la forme "Consumers only" conduirait à une surestimation de la consommation des fruits et légumes rarement consommés.

Les données du 7^{ième} niveau du système de l'EFSA pour la classification et la description des aliments en vue de l'évaluation de l'exposition (FOODEX) ont été utilisées. Les variables correspondant aux 52 catégories du projet ont été extraites des 381 modalités des catégories "Vegetables and vegetable products", "Fruit and fruit products", "Starchy roots or tubers and products thereof, sugar plants", "Legumes, nuts, oilseeds and spices" et "Grains and grain-based products". Certaines données ont dû être agrégées tels que par exemple: Onions, Onions and similar-, Silverskin onions, Shallots et Spring onions.

Aucune donnée n'a pu être extraite pour certains fruits et légumes, à savoir: Courge, Rhubarbe, Romarin, Thym, Sauge, Menthe et Herbe. Pour ces fruits et légumes, des données arbitraires (en rouge dans la Table 25) ont été introduites.

L'usage de la moyenne est justifié par la volonté d'établir un profil général. L'usage d'un percentile élevé (p.ex. 90^{ième} percentile) conduirait à établir un profil extrême inexistant. Un "gros" mangeur de pommes n'est pas un "gros" mangeur de poire !

Les groupes d'âges "other children" et "adolescents" ont été répartis respectivement dans les classes d'âge (ans): 3-<6 et 6-<10, et, 10-<15 et 15-<21. Les données "adults" ont alimenté les classes d'âge de > 21 ans.

Les poids par classe d'âge ont été estimés sur base des courbes staturopondérales garçons flamands (VUB,2004 <https://www.vub.be/groecurven/francais.html>) pour les sujets de moins de 21 ans. Les poids aux âges de 4, 8, 12 et 18 ans ont été utilisés respectivement pour les catégories 3-<6, 6-<10, 10-<15 et 15-<21 ans.

Pour les adultes, les données anthropométriques de l'enquête de consommation alimentaire 2014-2015 (Lebacqz, 2015) ont été sélectionnées. La classe d'âge 18-34 ans a été utilisée pour les 21-<31 ans, la classe d'âge 35-50 ans pour les catégories 31-<41 et 41-<51 ans et la classe d'âge 51-64 ans pour les classes les plus âgées.

Les valeurs des quantités consommées de productions végétales sont présentées à la Table 25.

Sujets âgés de moins de 3 ans

Les données utilisées sont issues des travaux de Boon (2004) portant sur des enfants de 8 à 12 mois. Les données sont exprimées en g/j. Les données présentées par Boon (2004) ont été traitées de manière similaire à celles de l'EFSA.

Aucune donnée n'a pu être extraite pour certains fruits et légumes, à savoir: radis, salsifis et panais, courge, laitue, mâche, bette, rhubarbe, asperge, figue, groseille, noix, persil, basilic, menthe, romarin, thym, sauge et herbe. Pour ces fruits et légumes, des données arbitraires (en rouge dans la Table 25) ont été introduites

Références

De Ridder K, Bel S, Brocatus L, Lebacq T, Ost C & Teppers E. Résumé des résultats.2014-2015. Dans: Tafforeau J (éd.) Enquête de consommation alimentaire. WIV-ISP, Bruxelles, 2016.

Lebacq, 2015. Enquête de consommation alimentaire 2014-2015. Anthropométrie (IMC, tour de taille et ratio tour de taille/taille). Dans: Tafforeau J (éd.) Enquête de consommation alimentaire. WIV-ISP, Bruxelles, 2016.

Boon PE et al., 2004. Dietary habits and exposure to pesticides in Dutch infants. Institute of Food Safety. Report 2004.017. Wageningen, The Netherlands.

1-<3 ans	0,01	64,72	52,49	3,06	3,11		6,12	1,02	0,51	0,01	134,17		10,00	5,15	135,88
3-<6 ans	0,01	3,49	2,83	0,17	1,73		0,33	0,06	0,03	0,01	103,84			2,27	104,81
6-<10 ans	0,02	5,40	4,38	0,26	2,63		0,51	0,09	0,04	0,02	96,65			0,95	96,97
10-<15 ans	0,03	28,05	22,75	1,33	3,83		2,65	0,44	0,22	0,13	88,20			1,20	88,60
15-<21 ans	0,04	50,59	41,03	2,39	5,03		4,78	0,80	0,40	0,24	87,16			1,73	88,03
21-<31 ans	0,05	55,35	44,89	2,62	5,51		5,23	0,87	0,44	0,27	99,03			3,90	100,98
31-<41 ans	0,05	57,04	46,26	2,70	5,68		5,39	0,90	0,45	0,27	102,62			3,90	104,57
41-<51 ans	0,05	57,36	46,52	2,71	5,71		5,42	0,90	0,45	0,28	122,47			4,27	124,60
51-<61 ans	0,05	59,80	48,50	2,83	5,96		5,65	0,94	0,47	0,29	137,72			4,93	140,18
>=61 ans	0,05	58,63	47,55	2,77	5,84		5,54	0,92	0,46	0,28	149,65			4,63	151,97

n : nombre de données disponibles sur les 14 références bibliographiques

Catégorie d'âge	herbes aromatiques	pomme	poire	prune	raisin	figue	fraise	framboise	mûre	groseille	fruits	noix	noisette	fruits secs	fruits frais et secs
1-<3 ans	1	1	1	1	2	0	2	1	1	1	6	0	1	2	6
3-<6 ans	1	0	0	0	1	0	1	0	0	1	7	0	0	3	7
6-<10 ans	1	0	0	0	1	0	1	0	0	1	6	0	0	2	6
10-<15 ans	1	0	0	0	1	0	1	0	0	1	6	0	0	2	6
15-<21 ans	1	0	0	0	1	0	1	0	0	1	6	0	0	3	6
21-<31 ans	1	0	0	0	1	0	1	0	0	1	6	0	0	3	6
31-<41 ans	1	0	0	0	1	0	1	0	0	1	6	0	0	3	6
41-<51 ans	1	0	0	0	1	0	1	0	0	1	6	0	0	3	6
51-<61 ans	1	0	0	0	1	0	1	0	0	1	6	0	0	3	6
>=61 ans	1	0	0	0	1	0	1	0	0	1	6	0	0	3	6

Moyenne générale (bis : somme par catégorie)

Catégorie d'âge	herbes aromatiques	pomme	poire	prune	raisin	figue	fraise	framboise	mûre	groseille	fruits	noix	noisette	fruits secs	fruits frais et secs
1-<3 ans	0,01	64,72	52,49	3,06	3,11		6,12	1,02	0,51	0,01	131,02		10,00	10,00	141,02
3-<6 ans	0,01	3,49	2,83	0,17	1,73		0,33	0,06	0,03	0,01	8,64			0,00	8,64
6-<10 ans	0,02	5,40	4,38	0,26	2,63		0,51	0,09	0,04	0,02	13,32			0,00	13,32
10-<15 ans	0,03	28,05	22,75	1,33	3,83		2,65	0,44	0,22	0,13	59,39			0,00	59,39
15-<21 ans	0,04	50,59	41,03	2,39	5,03		4,78	0,80	0,40	0,24	105,25			0,00	105,25
21-<31 ans	0,05	55,35	44,89	2,62	5,51		5,23	0,87	0,44	0,27	115,17			0,00	115,17
31-<41 ans	0,05	57,04	46,26	2,70	5,68		5,39	0,90	0,45	0,27	118,69			0,00	118,69
41-<51 ans	0,05	57,36	46,52	2,71	5,71		5,42	0,90	0,45	0,28	119,36			0,00	119,36
51-<61 ans	0,05	59,80	48,50	2,83	5,96		5,65	0,94	0,47	0,29	124,43			0,00	124,43
>=61 ans	0,05	58,63	47,55	2,77	5,84		5,54	0,92	0,46	0,28	122,00			0,00	122,00

% espèces par rapport à la catégorie

Catégorie d'âge	herbes aromatiques	pomme	poire	prune	raisin	figue	fraise	framboise	mûre	groseille	fruits	noix	noisette	fruits secs	fruits frais et secs
1-<3 ans	0,01	0,49	0,40	0,02	0,02		0,05	0,01	0,00	0,00	131,02		1,00	10,00	258,23
3-<6 ans	0,01	0,40	0,33	0,02	0,20		0,04	0,01	0,00	0,00	8,64			0,00	2,07
6-<10 ans	0,02	0,41	0,33	0,02	0,20		0,04	0,01	0,00	0,00	13,32			0,00	3,16
10-<15 ans	0,03	0,47	0,38	0,02	0,06		0,04	0,01	0,00	0,00	59,39			0,00	6,61
15-<21 ans	0,04	0,48	0,39	0,02	0,05		0,05	0,01	0,00	0,00	105,25			0,00	10,05
21-<31 ans	0,05	0,48	0,39	0,02	0,05		0,05	0,01	0,00	0,00	115,17			0,00	11,01
31-<41 ans	0,05	0,48	0,39	0,02	0,05		0,05	0,01	0,00	0,00	118,69			0,00	11,34
41-<51 ans	0,05	0,48	0,39	0,02	0,05		0,05	0,01	0,00	0,00	119,36			0,00	11,41
51-<61 ans	0,05	0,48	0,39	0,02	0,05		0,05	0,01	0,00	0,00	124,43			0,00	11,90
>=61 ans	0,05	0,48	0,39	0,02	0,05		0,05	0,01	0,00	0,00	122,00			0,00	11,66

Moyenne générale (ter : recalcul des espèces selon répartition au départ de la catégorie)

Catégorie d'âge	herbes aromatiques	pomme	poire	prune	raisin	figue	fraise	framboise	mûre	groseille	fruits	noix	noisette	fruits secs	fruits frais et secs
1-<3 ans	0,01	66,27	53,75	3,13	3,18		6,26	1,04	0,52	0,01	134,17		5,15	5,15	139,32
3-<6 ans	0,01	41,96	34,03	1,98	20,79		3,97	0,66	0,33	0,12	103,84			2,27	106,11
6-<10 ans	0,02	39,17	31,77	1,85	19,09		3,70	0,62	0,31	0,15	96,65			0,95	97,60
10-<15 ans	0,03	41,65	33,78	1,97	5,69		3,94	0,66	0,33	0,19	88,20			1,20	89,40
15-<21 ans	0,04	41,89	33,98	1,98	4,17		3,96	0,66	0,33	0,20	87,16			1,73	88,89
21-<31 ans	0,05	47,59	38,60	2,25	4,74		4,50	0,75	0,37	0,23	99,03			3,90	102,93
31-<41 ans	0,05	49,32	40,00	2,33	4,91		4,66	0,78	0,39	0,23	102,62			3,90	106,52
41-<51 ans	0,05	58,86	47,73	2,78	5,86		5,56	0,93	0,46	0,29	122,47			4,27	126,73
51-<61 ans	0,05	66,18	53,67	3,13	6,60		6,25	1,04	0,52	0,32	137,72			4,93	142,65
>=61 ans	0,05	71,92	58,33	3,40	7,16		6,80	1,13	0,57	0,34	149,65			4,63	154,28

Subvention SANISOL

