



De la Wallonie
d'hier, nous
créons celle
de demain

Evaluation des risques pour la santé humaine Exposition par ingestion de légumes et fruits



Marie JAILLER

Formation FEDEXSOL - Jeudi 8 novembre 2018



SPAQuE

Plan de la présentation

- GRER et usages « résidentiel avec/sans jardin potager » proposés par S-RISK WAL
- Constat quant aux restrictions d'utilisation et aux recommandations
- Liste des recommandations d'hygiène et leurs justifications
- Cas concrets : études LEGUMAP (2008) et POLLUSOL 2 (2009-2015)
- Pour aller plus loin : balance nutriments/contaminants dans les légumes

Cette présentation est basée sur la lecture de plusieurs articles scientifiques et reprend certains résultats des études, utiles à cette présentation, sans avoir la prétention de présenter tous les objectifs et résultats de ces études.

GRER - Usages « résidentiel avec/sans jardin potager » dans S-RISK WAL - Quelles différences sur les voies d'exposition ?

Résidentiel avec jardin potager

Résidentiel avec jardin d'agrément

Résidentiel avec sols nus

Table 27: Exposure pathways by scenario

	AGR	RES-veg	RES	RES-ng
Oral				
Ingestion of soil	X	X	X	X
Ingestion of indoor settled dust	X	X	X	X
Intake of vegetables from local production	X	X		
Intake of meat and milk from local production	X			
Intake of eggs from local origin				
Intake of water (drinking-water or groundwater)	X	X	X	X
Dermal				
Absorption from soil	X	X	X	X
absorption from indoor settled dust	X	X	X	X
Absorption from water during showering and bathing	X	X	X	X
Inhalation				
Inhalation of outdoor air (gas-phase + particles)	X	X	X	X
Inhalation of indoor air (gas-phase + particles)	X	X	X	X
Inhalation during showering (gas-phase)	X	X	X	X



GRER - Usages « résidentiel avec/sans jardin potager » de S-RISK WAL

Quelles différences sur les paramètres d'exposition ?

NB : sol (soil) = activités extérieures alors que poussières (dust) = activités intérieures

Symbole		RES-veg	RES	RES-ng
T_out	Durée d'exposition à l'extérieur - âge > 15 ans (h/j)	0,8 à 1,8	0,4 à 1,3	0,3 à 1
IR_soil/dust daily	Quantité de terre et de poussières ingérées (mg/j)	1-3 ans : 152 Adulte : 77	1-3 ans : 152 Adulte : 77	1-3 ans : 125 Adulte : 53
F_oral_soil	Fraction de sol pour l'ingestion de sol à l'extérieur (-)	0,45	0,45	0,20
1-F_oral_soil	Fraction de sol pour l'ingestion de poussières à l'intérieur (-)	0,55	0,55	0,80
SA_out/SA_in	Surface de peau nue (m ²)	Valeurs identiques pour les 3 scénarios		

Utilisation du terrain



GRER - Usages « résidentiel avec/sans jardin potager » dans S-RISK WAL

ESR - usage III : si Conc. Représentative > VS_H → hypothèse de menace grave

Cas 1 : métaux

→ As, Pb : 80 à 90% ingestion de légumes/5 à 15% ingestion de sol

→ Usage avec restriction d'utilisation liée à la culture de légumes dans le sol en place

Cas 2 : composés volatils

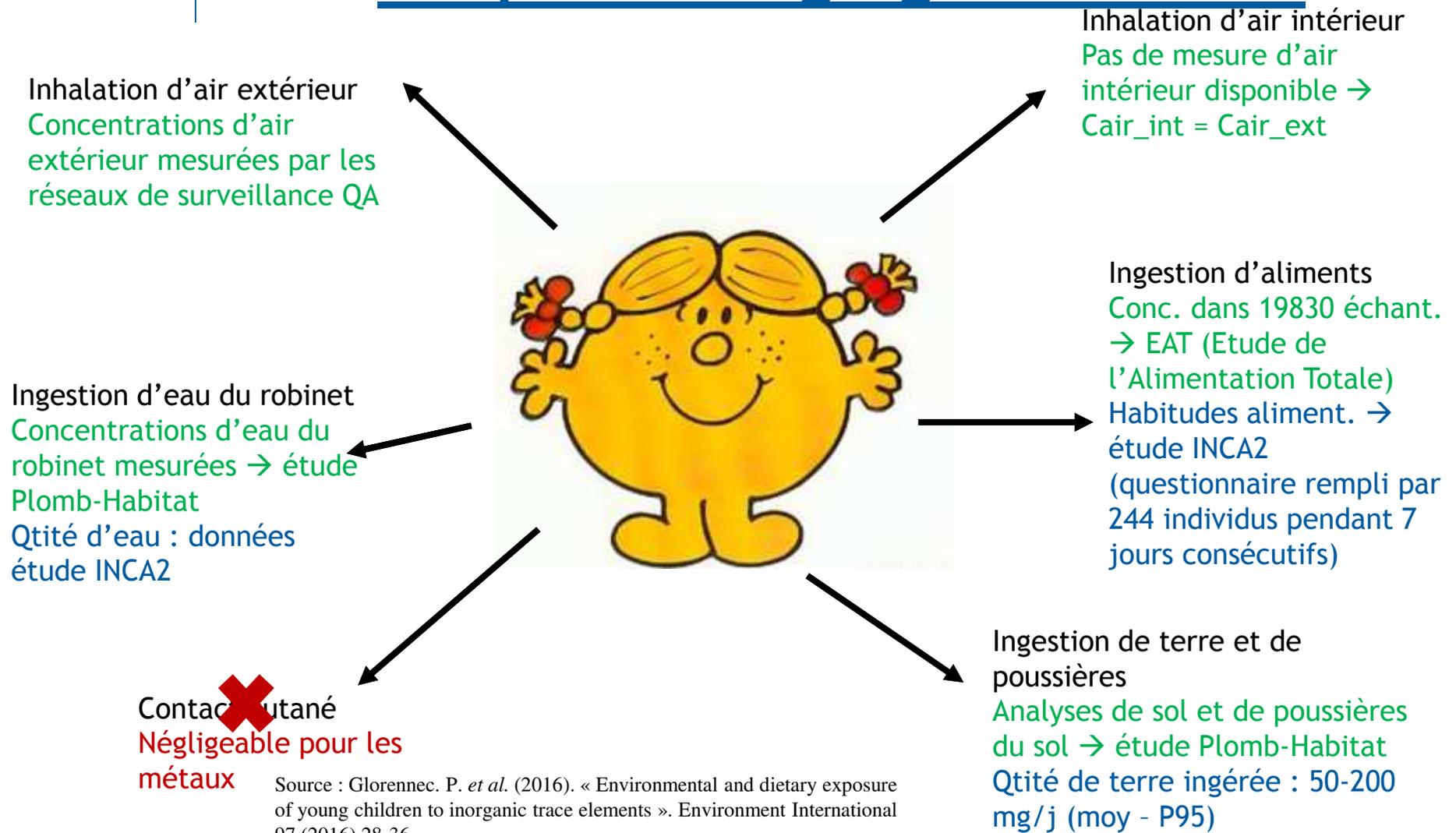
→ Benzène, TCE : 90 % inhalation air intérieur

→ La restriction d'utilisation liée à la culture de légumes dans le sol en place n'est pas adaptée



1. Restrictions à adapter en fonction du polluant
2. Répartition des voies impactée par le choix du modèle - ici S-RISK, quelle réponse aurait-on d'une évaluation de l'exposition basée sur des mesures et non sur une modélisation des concentrations dans les milieux (sol, air, légumes) ?

Répartition des voies d'exposition dans l'exposition agrégée - métaux



Source : Glorennec, P. *et al.* (2016). « Environmental and dietary exposure of young children to inorganic trace elements ». *Environment International* 97 (2016) 28-36

SPAQUE

Répartition des voies d'exposition dans l'exposition agrégée - métaux

Etude réalisée en France (2016)

Évaluation de l'exposition agrégée sur base des concentrations mesurées en métaux dans l'air extérieur, les sols, les poussières, les aliments et l'eau du robinet

Conclusions relatives à l'exposition agrégée aux métaux :

1. L'alimentation est le contributeur principal (90-95 %) à l'exception du plomb (50 % terre / 50 % aliments)
2. L'inhalation d'air int/ext est une voie négligeable
3. Aliments principaux (diète moyenne) :
 - Arsenic : poisson (47%), lait (7%), fruits de mer (6%)
 - Cadmium : pommes de terre (14%), pain (10%), légumes sauf PdT (8%), pâtes (8%)
 - Plomb : lait (15%), boissons sucrées (11%), légumes sauf PdT (6%)

→ Les légumes ne sont pas toujours les aliments préoccupants dans l'exposition agrégée, en tenir compte pour formuler les recommandations

Source : Glorennec. P. *et al.* (2016). « Environmental and dietary exposure of young children to inorganic trace elements ». *Environment International* 97 (2016) 28-36

Restriction d'utilisation « sans jardin potager » ou recommandations relatives à la culture ?



Usage
générique ou
projeté



Difficultés de recommander tel ou tel légume / aux métaux (cf. présentation ULg-Gembloux)
Epaisseur de sol utilisée par les racines (cf. guide SSP, 2017)

Usage de fait



Recommander des analyses de légumes avant de se prononcer
Recommandations pour le sol (cf. présentation ULg-Gembloux)
Recommandations d'hygiène à faire valider (cf. études LEGUMAP et POLLUSOL 2)



Profondeur des racines des légumes

Extrait du guide Sites et Sols Pollués, 2017 (France)

Profondeur des racines de certains légumes et arbustes.

Superficielles : jusqu'à 30 cm	Intermédiaires : entre 30 et 60 cm	Profondes : supérieures à 60 cm
Céleri, laitue, oignon, pomme de terre, radis, ail, échalote Fraisiers	Brocoli, carotte, chou, chou-fleur, concombre, courgette, haricot mange-tout, melon brodé, poivron, tomate... Framboisiers	Asperge, citrouille, courge d'hiver, endive, maïs sucré, melon d'eau, panais...



Pour les légumes des potagers, il apparaît qu'une profondeur d'excavation de l'ordre d'au moins 50 cm, voire 1 m, est à considérer lorsque de tels aménagements ont été décidés, afin de garantir une approche sécuritaire.

Source : Méthodologie nationale de gestion des sites et sols pollués- Ministère de l'Environnement, de l'Energie et de la Mer, avril 2017

GRPA → épaisseur de terres saines = 50 cm + géotextile

Lors des assainissements réalisés par SPAQuE → excavation avec remblayage sur une épaisseur de 1 m

Profondeur des racines des arbres fruitiers

Extrait du guide Sites et Sols Pollués, 2017 (France)

Profondeurs des racines arbres fruitiers.

Jusqu'à 5 m de profondeur	De 5 à 10 m de profondeur	Au-delà de 10 m
Figuier, pêcher	Pommier, prunier, poirier : 5 à 10 m	Vignes

Les arbres fruitiers sont fréquents dans les jardins. Ces arbres, selon leur espèces, leur âge, peuvent produire de quelques kilogrammes de fruits à plusieurs dizaines par an. La profondeur de leurs racines peut dans certains cas dépasser 5 mètres.

Le volume de racine d'un arbre correspond globalement à celui de ses branches. Ainsi, une fosse d'un mètre de matériau propre n'est rapidement pas suffisante pour contenir les racines d'un arbre quel que soit l'espèce.

Au regard de ces éléments, la plantation d'arbres fruitiers au droit d'un site réhabilité est fortement déconseillée. où demeurent des pollutions résiduelles en profondeur (ajout SPAQuE)

Dans l'intérêt tant du maître d'ouvrage que des futurs usagers, lorsque de tels usages sensibles sont envisagés, des membranes géosynthétiques limitant le développement racinaire sous-jacent doivent être mis en place. De plus, le contrôle de la conformité des travaux (notamment géosynthétique utilisé, qualité des matériaux d'apport, profondeur d'excavation,...) est fortement recommandé au cours et à l'issue de leur mise en œuvre.

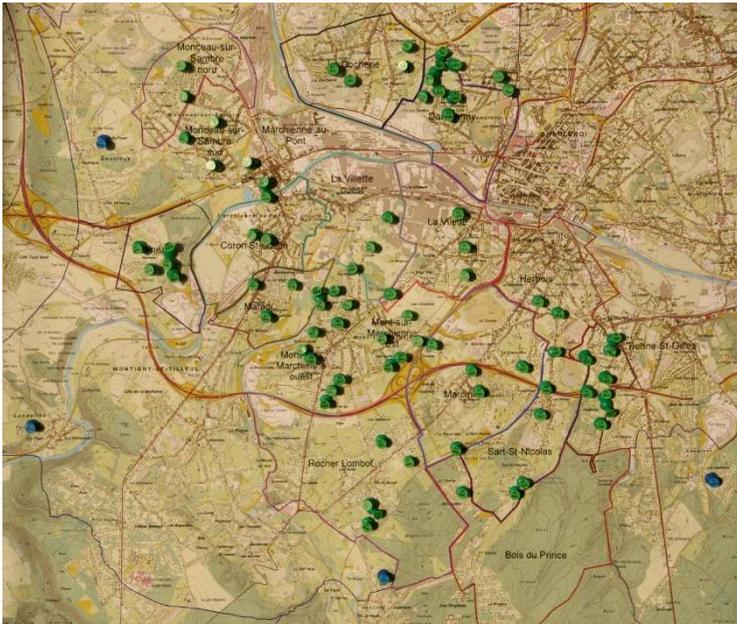
Source : Méthodologie nationale de gestion des sites et sols pollués- Ministère de l'Environnement, de l'Energie et de la Mer, avril 2017

SPAQuE

Recommandations de l'Institut de Veille Sanitaire en France Source : Dépistage du saturnisme infantile autour des sources industrielles de plomb- Juin 2001

- Donner aux enfants une alimentation riche en fer et en calcium.
- Laver abondamment les fruits et légumes provenant des jardins proches du site industriel. Procéder au nettoyage et au retrait des racines à l'extérieur du logement pour éviter tout apport de terre à l'intérieur.
- Varier la provenance des légumes et fruits consommés.
- Nettoyer les chaussures et en changer en entrant dans les logements.
- Se laver les mains et celles des enfants très régulièrement.
- Se couper les ongles courts et les brosser fréquemment.
- Procéder au nettoyage humide des sols et des meubles, plutôt que de passer l'aspirateur.
- Procéder au nettoyage humide des rebords de fenêtres et des dallages à proximité des maisons.
- Laver régulièrement les jouets des enfants

Cas concret : LEGUMAP (2008) Jardins potagers de Marchienne-au-Pont



81 jardins exposés et 9 jardins
témoins

Période de prélèvement : août à
septembre 2007

246 échant. de légumes

77 échant. d'eaux d'arrosage

90 échant. de sol

Composés analysés : 8 métaux et
16 HAP

Cas concret : LEGUMAP (2008)

Jardins potagers de Marchienne-au-Pont

Conc. dans les sols en mg/kg	Moyenne arith.	Maximum	VS_H (2008)
Arsenic	14	34	57
Cadmium	0,99	2,80	3,10
Plomb	182	590	195
Benzo(b)fluoranthène	1,32	10	0,31
Dibenzo(ah)anthracène	0,12	0,91	0,02
Indéno(123cd)pyrène	1,00	7,8	0,21

Conclusions :

- dépassements de VS_H pour les métaux (32 dpts pour Pb) et certains HAP (67 à 74 dpts)
- recommandations d'hygiène : varier l'alimentation, laver les légumes, éviter le recyclage (compost), laver les mains, nettoyer les sols de la maison par voie humide, brosser les animaux domestiques,...

Cas concret : POLLUSOL 2 (2009-2015)

Partenaires

Universités

UCL
Université
catholique
de Louvain



- **Université Catholique de Louvain**
Earth and Life Institute - Environmental sciences (ELIE)

Aquapôle
Université
de Liège



- **Université de Liège**
 - *Aquapôle*
 - *Gembloux Agro Bio Tech*

 **gembloux**
agro bio tech

- **UMONS - Faculté Polytechnique de Mons**
Service Fluides-Machines

 **POLYTECH.MONS**

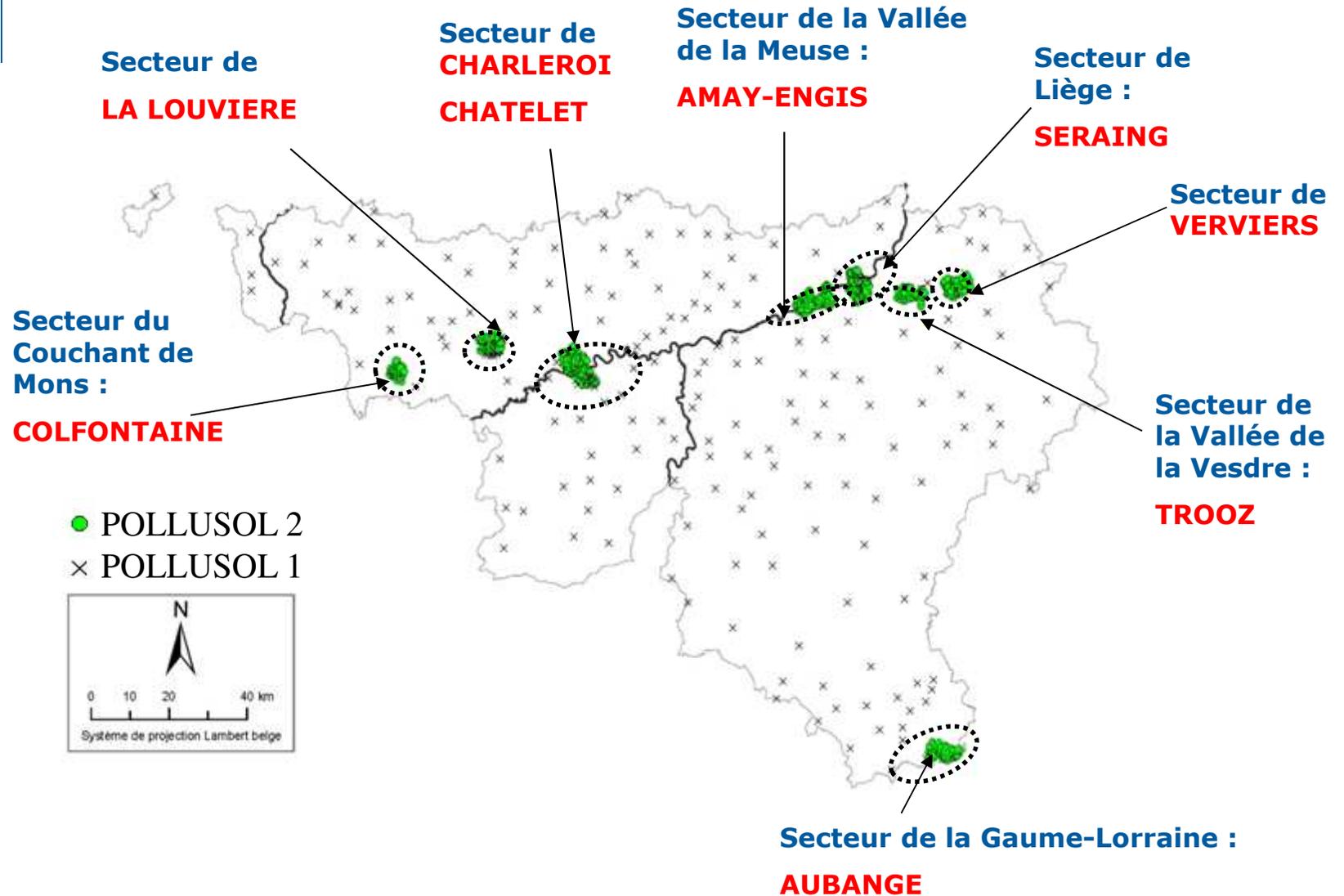
Espace-Environnement

- **Communication avec les Villes et Communes**


Espace Environnement

SPAQUE

Cas concret : POLLUSOL 2 (2009-2015)



Cas concret : POLLUSOL 2 (2009-2015)

Jardins potagers dans les zones de retombées atmosphériques (sillon Sambre & Meuse)

Période de prélèvement : 2009 et 2010

10 communes

398 jardins potagers avec 409 échant. de sol et 1341 légumes analysés

Composés analysés : métaux, BTEX, HAP, HM, cyanures libres

1. Dépassements des VS (2008) pour As, Cd, Cr, Cu, Hg, Pb, Zn, HAP, cyanures libres, C21-C35 et présence de Mo, Mn
2. Evaluation détaillée des risques liés aux composés listés (sur base des teneurs P50, P90 et max) → Dépassements des seuils d'acceptabilité ($IR > 1$ ou $ERI > 10^{-5}$) pour As, Cd, Pb, Mo pour les enfants sur base des concentrations P90
3. Demande d'avis à un groupe de toxicologues et de médecins → pas de lancement de biomonitoring mais des recommandations d'hygiène

Cas concret : POLLUSOL 2 (2009-2015)

Résultats de l'évaluation détaillée des risques (P90)

- pour un adulte : OK

- pour un enfant (cible la plus sensible) :

Commune	Substances dépassant le seuil de toxicité (60% d'autoconsommation)	Substances dépassant le seuil de toxicité (20% d'autoconsommation)
Amay	\	\
Aubange	Arsenic	Arsenic
Charleroi	Molybdène	\
Châtelet	\	\
Colfontaine	\	\
Engis	Cadmium - Plomb	\
La Louvière	\	\
Trooz	Arsenic - Plomb	Arsenic
Seraing	\	\
Verviers	Plomb	Plomb

Cas concret : POLLUSOL 2 (2009-2015)

Jardins potagers dans les zones de retombées atmosphériques (sillon Sambre & Meuse)

Conc. dans les sols en mg/kg	Moyenne arith. sans outlier (« moyenne outlier » - commune*)	Maximum sans outlier (« maximum outlier » - commune*)	VS usage III (2008)
Arsenic	15,1 (52,0 à Aubange)	77 (123 à Aubange)	40
Cadmium	2,1 (9,1 à Engis)	22 (51 à La Louvière)	3
Plomb	211 (400 à Amay, Trooz, Verviers)	1943 (3517 à Amay)	200
Molybdène	1,6 (4,7 à Aubange)	12 (24 à La Louvière)	/

Cas concret : POLLUSOL 2

Avis du groupe de toxicologues et médecins

Dans l'avis qu'il a rendu à SPAQuE, le collège d'experts estime que :

« (l'étude) [...] ne justifie pas d'alarmer la population. »

« Les hypothèses du modèle de calcul sont très précautionneuses. » (*ndlr : worst-case*)

« Les résultats de l'évaluation des risques ne signifient pas l'existence d'un risque sanitaire avéré. »

« Les mesures habituelles de prévention (p. ex. nettoyage des habitations à l'eau, épluchage des légumes du jardin, etc.) restent d'application. »



SPAQuE

Fiche répertoriant les mesures habituelles de prévention : www.pollusol2.spaque.be

SPAQUE

RECOMMANDATIONS A LA POPULATION DES COMMUNES EN ZONES URBAINES ET INDUSTRIELLES

Dans les potagers et les jardins, afin de limiter l'exposition par ingestion de terre et inhalation de particules de sol, les recommandations suivantes sont proposées :



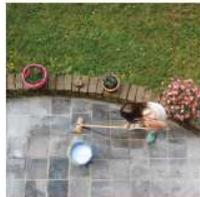
Couvrir le sol du potager à l'aide d'un paillage (herbe tondue, copeaux, etc.), de film plastique biodégradable, d'engrais vert ou de cultures couvre sol en hiver



Laver régulièrement les jouets des enfants



Se laver soigneusement les mains et le visage en revenant du jardin



Nettoyer régulièrement les alentours de la maison et les appuis de fenêtres



Se couper les ongles courts et les nettoyer fréquemment

Afin d'éviter de ramener de la terre du jardin dans la maison, il peut être utile de :



Brosser les animaux domestiques à l'extérieur



Enlever chaussures et vêtements de jardin à l'extérieur de la maison



Nettoyer le sol et les meubles de la maison par voie humide

Pour limiter l'exposition par ingestion de légumes du jardin, il peut être recommandé de :



Laver soigneusement tous les légumes



Eplucher les légumes-racines et tubercules (pommes de terre, carottes, navets, etc.) et éliminer les feuilles extérieures des légumes-feuilles (salades, choux, etc.)



Varier les types et les variétés de légumes qui sont cultivés

Enfin, pour limiter un enrichissement du sol en métaux et hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP), il peut être adéquat de limiter l'apport en cendres au potager, bien que la cendre soit un excellent engrais à dose limitée étant donné sa richesse en minéraux (phosphore, calcium, magnésium, potassium). La cendre de bois (bois non traité issu d'arbres feuillus, feu qui n'a pas été allumé avec du papier contenant de l'encre) est bonne pour le jardin, mais en quantité limitée : environ 70 grammes par m² et par an, soit deux poignées moyennes.

L'eau souterraine qui a été prélevée dans les potagers investigués peut servir à l'arrosage du jardin, au lavage des véhicules, du linge, etc. Par contre, s'il est envisagé de consommer l'eau de puits à des fins alimentaires ou comme eau de boisson, il est préconisé de faire réaliser des analyses d'eau plus poussées, incluant des analyses bactériologiques.

Etudes justifiant la recommandation « nettoyer les sols de la maison par voie humide »

Etude Saturn-Inf (2013) et étude Plomb-Habitat en France (2012)

Échantillon : 3831 enfants de 6 mois à 6 ans dont 484 enfants pour Plomb-Habitat

Analyses de plombémie (taux de Pb dans le sang)

Enquêtes environnementales

Mesures de Pb dans le logement (aire de jeux, eau, vaisselle, poussières, peinture)

« Les facteurs de risque mis en évidence sont la consommation d'eau du robinet, la présence de branchements en plomb au domicile, les peintures écaillées ou les travaux de rénovation dans un logement antérieur à 1949, le tabagisme passif, le comportement main-bouche de l'enfant et le pays de naissance de la mère dans un pays à fort usage de plomb. »

Une des conclusions : l'effet des poussières de la maison contaminées en Pb sur la plombémie apparaît dès les faibles niveaux.

Source : Etchevers A. et al. (2013). « Imprégnation des enfants français par le plomb en 2008-2009. Enquête Saturn-Inf 2008-2009. Enquête nationale de prévalence du saturnisme chez les enfants de 6 mois à 6 ans. »

Institut de veille sanitaire, 51 pages

SPAQUE

Etude justifiant la recommandation « laver abondamment les légumes »

Etude en Italie

63 jardins potagers dans 3 zones (2 zones impactées par les industries d'alliages ferreux et 1 zone témoin)

	Type de légume	Conc. dans le légume non lavé (mg/kg poids frais)	Conc. dans le légume lavé (mg/kg poids frais)
Cadmium	Épinard	0,06 (0,02-0,13)	0,02 (0,01-0,06)
Plomb	Épinard	0,95 (0,21-3,69)	0,07 (0,04-0,19)

Source : Ferri R. *et al.* (2015). « Metal contamination of home gardens soils and cultivated vegetables in the province of Brescia, Italy : implications for human exposure ». *Sci. Tot. Environ.*0:507-517

Etudes justifiant la recommandation « éplucher les légumes »

Source (étude)	Type de légume	Conc. dans le légume non pelé (mg/kg)	Conc. dans la chair (pelé) (mg/kg)	Conc. dans la peau (mg/kg)
Norton	PdT cuites		Cd : $8,3 \cdot 10^{-3}$ Pb : $8,0 \cdot 10^{-3}$	Cd : $23,7 \cdot 10^{-3}$ Pb : $162,7 \cdot 10^{-3}$
Divya	PdT	Cd : 18,8 Pb : 12,4	Cd : 14,8 Pb : 8,4	
Divya	Patate douce	Cd : 1,2 Pb : 14,4	Cd : 0,2 Pb : 4,4	
Divya	tapioca	Cd : 1,8 Pb : 14,4	Cd : 1,4 Pb : 12,4	

Conseil : éplucher les PdT sur une épaisseur d'au moins 1 mm

Sources :

Norton G. *et al.* (2015). « Cadmium and lead in vegetable and fruit produce selected from specific regional areas of the UK ». *Sci. Tot. Environ.* 533, 520-527

Divya L. *et al.* (2015). « Heavy metal contamination of some common tubers sold in local markets of Ernakulam District, Kerala, India ». *Int. Res. J. Biological Sci.* vol(4)3, 49-52

Pour aller plus loin...

Balance nutriments/pesticides présents dans les légumes et fruits

Etude réalisée au Québec

Questionnaires remplis par 4727 québécois

Évaluation des expositions sur base de la concentration moyenne de 169 pesticides analysés dans 48 légumes et 41 fruits

Conclusion :

Effets cancérigènes : $ERI = 3,25 \cdot 10^{-4} \times 8,33 \text{ Millions d'hbts} = 2707 \text{ cas}$
sur une vie entière soit 39 nouveaux cas de cancer/an

Effets protecteurs : $52,9 \text{ cas évités/an/100 000 hbts} \times 8,33 \text{ millions}$
d'hbts = 3300 à 4400 cas évités/an

→ Pour chaque cas de cancer induit (lié aux pesticides), 87 à 113 cas de cancer évités (liés à la consommation de L et F)

Source : Valcke M. *et al.* (2017). « Human health risk assessment on the consumption of fruits and vegetables containing residual pesticides : a cancer and non-cancer risk/benefit perspective ». *Environment International* 108(2017) 63-74

SPAQ_{uE}