



Transfert des polluants du sol vers les plantes potagères

FEDEXSOL - Formation RISQUES

Pr. Gilles Colinet et Dr. Amandine Liénard



Transfert des polluants du sol vers les plantes potagères

1. Quels sont les constats en matière de production potagère en sol contaminé ?
 - Concepts de base
 - Retour d'expérience du projet Pollusol 2
 - Retour d'expérience du projet URBAN SOILS – Jardin de Bressoux
2. Comment échantillonner en jardins potagers et être représentatif ?

Concepts de base

Eléments traces - matrice sol - flux de transfert

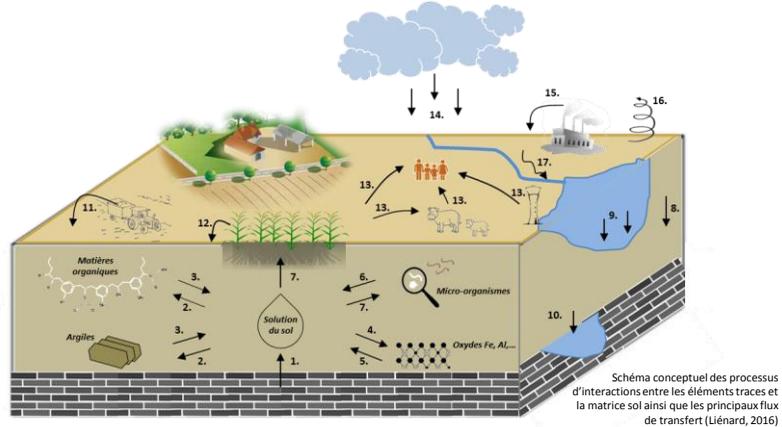


Schéma conceptuel des processus d'interactions entre les éléments traces et la matrice sol ainsi que les principaux flux de transfert (Liénard, 2016)

- 1. Altération (Roche-mère)
- 2. Adsorption
- 3. Désorption
- 4. Inclusion et précipitation
- 5. Libération et dissolution
- 6. Minéralisation
- 7. Absorption
- 8. Lessivage - Lixiviation
- 9. Sédimentation
- 10. Transfert vers les eaux souterraines
- 11. Apports agricoles
- 12. Restitution
- 13. Transfert vers la chaîne alimentaire
- 14. Précipitation
- 15. Dépôts atmosphériques
- 16. Volatilisation
- 17. Ruissellement

Concepts de base

Transfert des éléments traces vers les plantes

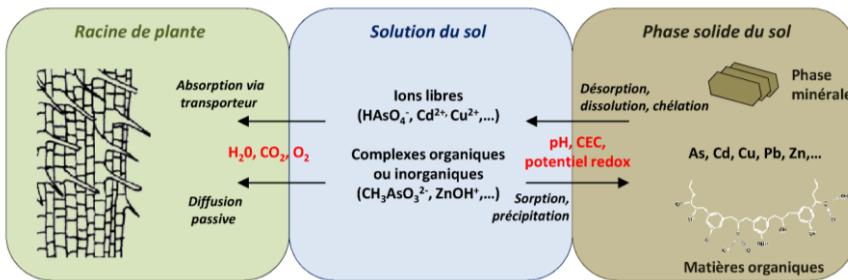
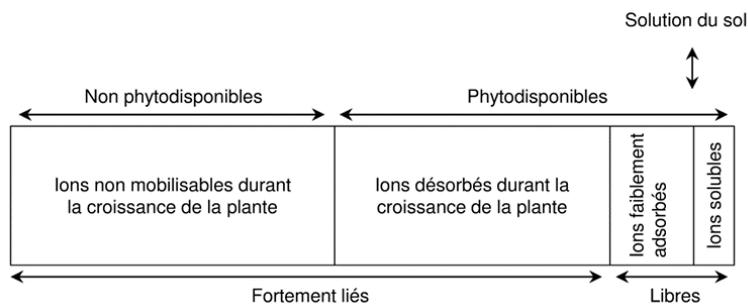


Schéma du transfert en éléments traces de la phase solide à la cellule racinaire en passant par la solution du sol (Liénard, 2016).

Concepts de base

Transfert des éléments traces vers les plantes



Représentation schématique de la répartition et de la phytodisponibilité des éléments traces dans les sols (modifié d'après Bourrelier et al. (1998))

Transfert des polluants du sol vers les plantes potagères

1. Quels sont les constats en matière de production potagère en sol contaminé ?
 - Concepts de base
 - Retour d'expérience du projet Pollusol 2
 - Retour d'expérience du projet URBAN SOILS – Jardin de Bressoux
2. Comment échantillonner en jardins potagers et être représentatif ?

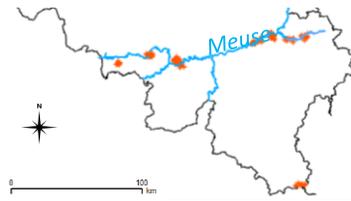


REx POLLUSOL 2

Campagne de prélèvements



- 398 échantillons de sol
 - 19 contaminants inorganiques
 - 38 contaminants organiques
 - 9 paramètres pédologiques
- 1260 légumes
 - 4 types de légumes (feuille-racine-tubercule-fruit)
 - Nombreuses variétés



LIÈGE université
Gemboux
Agro-Bio Tech

7

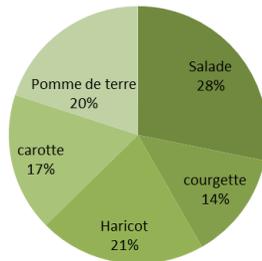


REx POLLUSOL 2

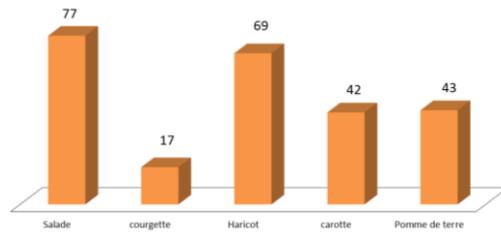
Campagne de prélèvements



Légumes récoltés dans les potagers



Nombre de variétés par type de légumes



LIÈGE université
Gemboux
Agro-Bio Tech

8

REx POLLUSOL 2

Résultats légumes



As (mg/kg MS)		LL		AE		Tr	Ve	Au
Médiane		0,30		0,22		0,20	0,20	0,41
P10		0,08		0,09		0,05	0,06	0,15
P90		0,63		0,75		0,50	0,66	1,05
Cd (mg/kg MS)	Co	LL	Ch	AE	Se	Tr	Ve	Au
Médiane	0,50	0,60	0,66	2,49	1,56	2,10	1,06	0,33
P10	0,25	0,33	0,36	1,16	0,84	1,00	0,46	0,15
P90	0,93	1,31	1,32	6,43	3,40	5,53	4,88	0,64
Pb (mg/kg MS)	Co	LL	Ch	AE	Se	Tr	Ve	Au
Médiane	1,8	1,4	2,1	2,2	2,3	1,5	1,9	0,91
P10	1,1	0,4	0,9	0,7	1,1	0,6	0,8	0,3
P90	4,5	4,5	6,1	8,2	7,5	5,4	8,7	4,3
Zn (mg/kg MS)	Co	LL	Ch	AE	Se	Tr	Ve	Au
Médiane	79	77	91	123	120	129	90	51
P10	53	47	47	69	74	66	54	38
P90	155	124	185	257	385	252	295	86

Tant les sols que les légumes des jardins potagers des zones étudiées présentent des évidences de contamination

REx POLLUSOL 2

Résultats légumes



Toute zone confondue % de données > LQ	Naphtalène	Acénaphthylène	Acénaphthène	Fluorène	Phénanthrène	Anthracène	Fluoranthène	Pyrène	Benzo(a)anthracène	Chrysène	Benzo(b)fluoranthène	Benzo(k)fluoranthène	Benzo(a)pyrène	Dibenzo-(ah)-Anthracène	Benzo(ghi)perylène	Indeno-(123-cd)-Pyrene
Légumes-feuilles	3	0	0	5	14	1	43	10	3	12	1	0	3	0	1	0
Légumes-fruits	1	0	0	0	4	0	13	1	0	0	0	0	1	0	0	0
Légumes-racines	0	0	0	0	8	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Légumes-tubercules	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

REx POLLUSOL 2

Résultats légumes



Nombre de dépassement par rapport au Règlement (CE) n°1881/2006

Légumes-feuilles	Nombre de prélèvements	% de dépassement	
		Cd	Pb
Tous	378	8	11
Colfontaine	34	0	3
La Louvière	48	0	4
Charleroi-Châtelet	93	1	17
Amay-Engis	49	29	14
Seraing	59	12	10
Trooz	31	13	10
Verviers	34	12	12
Aubange	30	0	7

$Cd_{\text{feuilles-max}} = 0,2 \text{ ppm}$; $Pb_{\text{feuilles-max}} = 0,3 \text{ ppm}$



11

Transfert des polluants du sol vers les plantes potagères

- Quels sont les constats en matière de production potagère en sol contaminé ?
 - Concepts de base
 - Retour d'expérience du projet Pollusol 2
 - Retour d'expérience du projet URBAN SOILS – Jardin de Bressoux
- Comment échantillonner en jardins potagers et être représentatif ?



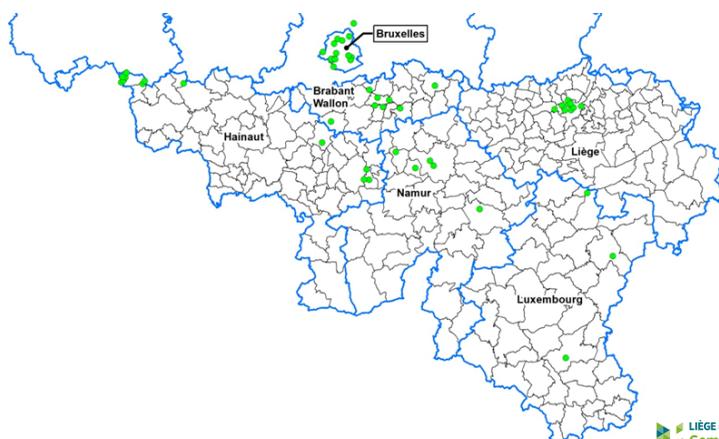
12

REx URBAN SOILS – Jardin de Bressoux

Campagne de prélèvements de sol



206 parcelles / 39 jardins potagers collectifs


 LIÈGE université
 Gembloux
 Agro-Bio Tech

13

REx URBAN SOILS – Jardin de Bressoux

Campagne de prélèvements de sol



206 parcelles / 39 jardins potagers collectifs

Gamme des concentrations en métaux dans les sols (mg/kg ms)

Elément	Moy.	ESM	Min	Max
As	12.9	0.451	5.5	39
Cd	1.12	0.076	0.14	5.9
Cr	29.9	0.591	15	100
Cu	51.7	3.75	6.9	390
Hg	0.379	0.038	0.035	3.1
Ni	26.2	0.775	8.1	55
Pb	148.6	15.4	14	1900
Zn	260.4	20.0	36	1600

 LIÈGE université
 Gembloux
 Agro-Bio Tech

14



REx URBAN SOILS – Jardin de Bressoux

Campagne de prélèvements de sol



206 parcelles / 39 jardins potagers collectifs

Gamme des concentrations en métaux dans les sols (mg/kg ms)

Élément	Moy.	ESM	Min	Max
As	12.9	0.451	5.5	39
Cd	1.12	0.076	0.14	5.9
Cr	29.9	0.591	15	100
Cu	51.7	3.75	6.9	390
Hg	0.379	0.038	0.035	3.1
Ni	26.2	0.775	8.1	55
Pb	148.6	15.4	14	1900
Zn	260.4	20.0	36	1600

Dépassement de la VS en type d'usage III (Cd – 3, Hg – 3)

Dépassement de la VI en type d'usage III (Cu – 290, Pb – 700, Zn – 710)



15



REx URBAN SOILS – Jardin de Bressoux

Campagne de prélèvements de sol



206 parcelles / 39 jardins potagers collectifs

Gamme des concentrations en métaux dans les sols (mg/kg ms)

Élément	Moy.	ESM	Min	Max
As	12.9	0.451	5.5	39
Cd	1.12	0.076	0.14	5.9
Cr	29.9	0.591	15	100
Cu	51.7	3.75	6.9	390
Hg	0.379	0.038	0.035	3.1
Ni	26.2	0.775	8.1	55
Pb	148.6	15.4	14	1900
Zn	260.4	20.0	36	1600

JP collectif du
Coin de Terre
de Bressoux

Dépassement de la VS en type d'usage III (Cd – 3, Hg – 3)

Dépassement de la VI en type d'usage III (Cu – 290, Pb – 700, Zn – 710)



16

Rex URBAN SOILS – Jardin de Bressoux

Campagne de prélèvements sol-légumes



6 ha - 250 parcelles - 200 familles



LIÈGE université
Gembloux
Agro-Bio Tech 17

Rex URBAN SOILS – Jardin de Bressoux

Campagne de prélèvements sol-légumes



Subvention SANISOL
SPW-DGO3-DPS
Septembre 2018

LIÈGE université
Gembloux
Agro-Bio Tech



LIÈGE université
Gembloux
Agro-Bio Tech 18



REx URBAN SOILS – Jardin de Bressoux

Campagne de prélèvements sol-légumes



Famille de plantes	Diversité prélevée	Nombre d'échantillons
Fines herbes (persil, basilic, menthe)	3	7
Fruit (figue, mûre, prune,...)	7	28
Légume feuille (bette, salade,...)	4	31
Légume fruit (concombre, courgette, haricot,...)	7	67
Légume racine (betterave rouge, carotte,...)	4	21
Légume bulbe (oignon)	1	5
Légume tubercule (pomme de terre)	1	10
Total	27	169

LIÈGE université
Gembloux
Agro-Bio Tech

19



REx URBAN SOILS – Jardin de Bressoux

Analyses effectuées

**10 métaux**

Arsenic, cadmium, chrome, cuivre, mercure, manganèse, magnésium, nickel, plomb, zinc

10 métaux

Arsenic, cadmium, chrome, cuivre, mercure, manganèse, magnésium, nickel, plomb, zinc

Bilan de fertilité

pH, matière organique, éléments nutritifs

LIÈGE université
Gembloux
Agro-Bio Tech

20

REx URBAN SOILS – Jardin de Bressoux

Résultats légumes/fruits



Contamination Level	Safe (Green Checkmark)	Contaminated (Red X)
$n > 10$	Cucumbers, Tomatoes, Grapes	Carrots, Spinach, Kale
$5 \leq n \leq 10$	Blackberries	Peas, Potatoes, Herbs, Onions
$n < 5$	Avocado, Cucumbers, Zucchini, Bell Pepper, Plums, Apples	Raspberries, Strawberries, Radishes, Beets, Carrots, Peppers, Broccoli

LIÈGE université
Gembloux
Agro-Bio Tech

21

Transfert des polluants du sol vers les plantes potagères

- Quels sont les constats en matière de production potagère en sol contaminé ?
 - Concepts de base
 - Retour d'expérience du projet Pollusol 2
 - Retour d'expérience du projet URBAN SOILS – Jardin de Bressoux
- Comment échantillonner en jardins potagers et être représentatif ?

LIÈGE université
Gembloux
Agro-Bio Tech

22

Méthode d'échantillonnage en jardin potager

Sol

Compendium Wallon des Méthodes d'Échantillonnage et d'Analyses (CWEA)

Méthode d'échantillonnage des horizons cultivés repose sur la P-11v1



CWEA

année 2014

Méthode pour certains prélèvements spéciaux	<u>P-9</u>	2	ISO 5667-13 ISO 10381-3
Méthode pour la dénomination des échantillons	<u>P-10</u>	2	
Méthode d'échantillonnage des terres agricoles	<u>P-11</u>	1	ISO 10381-1 ISO 10381-4 NF X 31-100
Méthode de prélèvement des effluents industriels au moyen d'un échantillonneur automatique	<u>P-13</u>	1	ISO 5667-10
Méthode de mesure du débit d'un effluent industriel en canalisations ouvertes ou non en charge	<u>P-14</u>	1	ISO1438 ISO 4359
Méthode de mesure du pH de l'eau in situ par la méthode électrochimique	<u>P-15</u>	1	ISO 10523

Méthode d'échantillonnage en jardin potager

Sol – CWEA – P-11v1

1. Types d'échantillon

Un échantillon **composite** :

- Diminution des coûts analytiques en évitant l'analyse d'un grand nombre d'échantillons
- Meilleure représentativité de la zone échantillonnée

Un échantillon **punctuel** : un seul échantillon

Méthode d'échantillonnage en jardin potager

Sol – CWEA – P-11v1

2. Matériel nécessaire

Sonde tubulaire de faible diamètre en acier inoxydable



Seau en PEHD d'une contenance de 10 litres pour rassembler les échantillons élémentaires

Sac en plastique ou flaconnage en verre



Méthode d'échantillonnage en jardin potager

Sol – CWEA – P-11v1

3. Délimitation d'une zone homogène

Dans la parcelle, délimiter les zones :

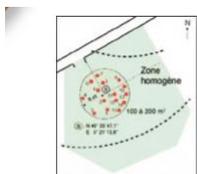
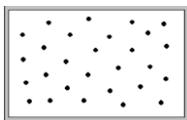
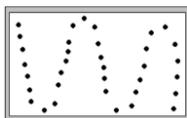
- de même culture dans un même état végétatif,
- de même précédent cultural,
- caractérisées par un relief homogène,
- caractérisées par un sol homogène du point de vue couleur, structure, texture, profondeur, éléments grossiers et humidité.

Un échantillon d'environ 500 g sera réalisé pour chacune des zones homogènes de la parcelle.

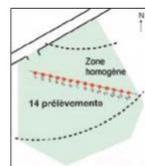
Méthode d'échantillonnage en jardin potager

Sol – CWEA – P-11v1

4. Méthode de prélèvement d'un échantillon composite en zone homogène



Dans une zone circulaire pour le suivi régulier de l'état de fertilité.



Sur une diagonale pour estimer les potentialités de cette zone.

Profondeur :

- 25 cm pour sol labouré – jardin potager
- 15 cm en prairie
- 30 à 50 cm en arboriculture

Méthode d'échantillonnage en jardin potager

Plantes potagères : fruits et légumes



Seconde édition
(2014)



Méthode d'échantillonnage en jardin potager

Plantes potagères : fruits et légumes

1. Mise en œuvre de la stratégie d'échantillonnage



Poffusol 2

Entrevue préalable avec le jardinier

- historique du potager
- abondance des plantes potagères
- autoconsommation

Année 1		Année 2	
Fiche d'identification d'un prélèvement de légumes dans un potager (à compléter et remplir au moment de l'échantillonnage, l'un pour le rapport d'étude, l'autre pour la conservation) Pour chaque prélèvement dans une fiche d'identification.			
Nom du jardinier		Date de prélèvement	
Localité		Adresse du potager	
Commune		Parcelle (carré n°)	
Parcelle totale (m²) / mètre Mètre de coordonnées géographiques (si les coordonnées) Conditions climatiques au cours de l'échantillonnage et des jours précédents :			
Type de végétal prélevé :			
Légume-feuille		Légume-racine	
Légume-fruit		Légume-tubercule	
		autre	
Espèce :			
Espèce associée : autres		arrangement particulier :	
Nombre d'unités prélevées :		Morceau prélevé (si nécessaire) :	
Méthode de culture (si connue) :		soin utilisé :	
Au stade de consommation : oui / non			
Si non, quel usage :			
Substrat à analyser :		Laboratoire destinataire :	
Conditions de stockage, Références, autres :			

Méthode d'échantillonnage en jardin potager

Plantes potagères : fruits et légumes

2. Sélection et échantillonnage des espèces végétales

Echantillonnage par **type** de légumes :

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



Méthode d'échantillonnage en jardin potager

Plantes potagères : fruits et légumes

2. Sélection et échantillonnage des espèces végétales

Echantillonnage par **type** de légumes :

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

80 % des quantités de végétaux autoconsommés



Méthode d'échantillonnage en jardin potager

Plantes potagères : fruits et légumes

2. Sélection et échantillonnage des espèces végétales

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

Tableau-2

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

Méthode d'échantillonnage en jardin potager

Plantes potagères : fruits et légumes

3. Recommandations complémentaires

- Prélèvement au stade végétatif auquel le légume ou le fruit est consommé



Echantillon à réception



Méthode d'échantillonnage en jardin potager

Plantes potagères : fruits et légumes

3. Recommandations complémentaires

- Eviter les parties souillées ou endommagées par des parasites



Echantillon à réception





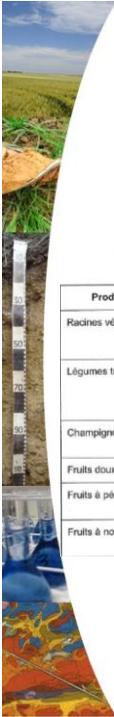
Méthode d'échantillonnage en jardin potager

Plantes potagères : fruits et légumes

4. Protocole de préparation (NF EN 13804) et de digestion (NF EN 13805) des végétaux



rsité
lux
o Tech 35



Méthode d'échantillonnage en jardin potager

Plantes potagères : fruits et légumes

4. Protocole de préparation (NF EN 13804) et de digestion (NF EN 13805) des végétaux

Tableau 2 — Exemples de modes opératoires pour la préparation des échantillons de certains produits alimentaires (fin)

Produit alimentaire	Préparation de l'échantillonnage		
Racines végétales	Enlever les extrémités, les parties sales ou pourries, gratter et laver les échantillons. Si la racine végétale est destinée à la consommation (par exemple, le radis), gratter n'est pas nécessaire.		
Légumes transformés	Aucune préparation spécifique n'est nécessaire. Les conservateurs, lorsque le liquide de brossin n'est pas destiné à la consommation (par exemple, les concombres marinés dans du saumure) doivent être analysés sans le liquide. Sinon, il convient d'homogénéiser les légumes transformés complets.		
Champignons	Enlever les restes d'insectes ainsi que les parties pourries ou sales. Enlever la peau du chapeau et laver l'échantillon.		
Fruits doux	Enlever les parties sales, les baies abîmées, les tiges et les séminales ; laver l'échantillon.	Céréales	Les grains comestibles doivent être séparés de la balle de céréales. Il convient, si possible, de moulin l'échantillon jusqu'à une taille particulaire inférieure à 300 µm, conformément à 6.4.3.
Fruits à pépins	Enlever les parties sales ou pourries, les tiges et les feuilles ; enlever les graines et les péripérpes.	Légumineuses, oléagineux, noixettes	Retirer les fruits endommagés ainsi que les parties sales. Enlever les coquilles des noixettes.
Fruits à noyau	Enlever les parties sales ou pourries, les tiges et les feuilles ; enlever le noyau.	Pommes de terre	Enlever les germes et la terre. Il convient de laver les pommes de terre et de les peler lorsque c'est la coutume dans les pays, et de les rincer à l'eau.
		Légumes à feuilles alimentaires	Enlever les parties sales, sèches ou pourries, ainsi que les tiges puis laver l'échantillon.
		Turions	Enlever les feuilles sales, sèches ou pourries. Enlever les tiges si elles ne sont pas destinées à la consommation. Rincer l'échantillon. Les échantillons dont les peaux ne sont destinées à la consommation (par exemple, les oignons, le chou-croce) doivent être pelés et lavés à l'eau.
		Légumes à fruit	Enlever les tiges, les sépales, les pétales, les parties sales ou pourries. Laver l'échantillon et enlever les pépins si nécessaire. Il convient de ne pas rincer les fruits qui ne sont pas destinés à être consommés avec leur peau, mais de les peler et d'en retirer les pépins (par exemple, la citrouille, le melon).



Merci pour votre attention...



Gilles Colinet – Gilles.Colinet@uliege.be – 081/62.25.39
Amandine Liénard – Amandine.Lienard@uliege.be – 081/62.25.44