

Centre Interprofessionnel Maraîcher, CIM asbl
Chaussée de Charleroi, 234
5030 Gembloux
Tel : 081/87.58.99
Site : www.legumeswallons.be



Contact :

Claire Olivier - Directrice
Claire.Olivier@legumeswallons.be

Florent Hawotte - Conseiller
Florent.hawotte@legumeswallons.be

Guide pour la gestion du maraîchage en zone de sols pollués par les métaux lourds

1) Quels métaux sont concernés ?

Le décret sol identifie 8 éléments trace métallique (ETM) à prendre en compte dans les problèmes de contamination des sols par les métaux lourds. Il s'agit de :

- l'arsenic (**As**)
- le cadmium (**Cd**)
- le chrome (**Cr**)
- le cuivre (**Cu**)
- le mercure (**Hg**)
- le nickel (**Ni**)
- le plomb (**Pb**)
- le zinc (**Zn**)

Parmi ces métaux, certains sont plus problématiques que d'autres concernant la contamination des productions légumières qui nous intéressent ici. Il s'agit principalement du cadmium et du plomb qui sont les éléments que l'on retrouve le plus souvent en quantités problématiques. Par contre, le mercure se retrouve peu dans les légumes. Les produits de la mer sont plus sensibles à ce type de contamination.

Cette problématique des ETM dépend de nombreux facteurs comme la quantité totale dans le sol, le type de provenance des ETM, le type de sol et ses caractéristiques, le climat et le type de plante cultivé.

2) Quelles sont les doses limites dans le sol et les végétaux ?

2.1) Les sols

Dans les sols, trois types de normes existent en Wallonie : les valeurs de référence, les valeurs seuils et les valeurs d'intervention.

La valeur de référence (VR) est : « une valeur indicative des concentrations de fond en polluants attendues dans le sol en l'absence de variations géologiques naturelles et en l'absence d'influence d'une activité agricole, industrielle ou urbaine généralisée » = concentration moyenne « naturelle »

La valeur seuil (VS) est : « la concentration en polluants dans le sol correspondant à un niveau au-delà duquel une étude de caractérisation doit être entreprise, ainsi qu'en cas de menace grave ou de pollution nouvelle, un assainissement et, le cas échéant, des mesures de sécurité ou des mesures de suivi ». Ce seuil n'est pas défini spécifiquement par rapport aux contaminations que la concentration en ETM dans le sol pourrait induire sur les légumes. Il faut comprendre ici qu'au-delà de ce seuil, il y a des risques et qu'il faut commencer à y faire attention notamment en mettant en place des actions de caractérisation de la pollution. La pollution en ETM dans nos sols est généralement d'origine anthropique et est donc souvent hétérogène à l'échelle de l'exploitation et même de la parcelle.

La valeur d'intervention (VI) est : « la concentration en polluants dans le sol correspondant à un niveau au-delà duquel une intervention est systématiquement entreprise ». Lorsque l'on est dans cette gamme de concentration, il faut s'attendre à ce que les niveaux de concentration dans les productions dépassent les normes fixées pour les légumes.

Par ailleurs, une valeur seuil étoile (VS*) a été définie dans le cadre du projet SANISOL⁽¹⁾. Cette dernière n'a pas de valeur législative mais permet d'estimer si la teneur en ETM présent dans un sol peut poser un problème de contamination dans les légumes. Elle est définie comme tel : « La VS* est une valeur en-dessous de laquelle les concentrations en métaux n'engendreraient pas d'exposition excessive de l'utilisateur et aucun dépassement des teneurs légales dans les végétaux ».

Les différentes valeurs sont représentées ci-dessous en mg par kg de sol sec par métal (=ppm). En rouge, les valeurs supérieures à la valeur VS* :

Métal	VR (mg/kg)	VS (mg/kg)	VI (mg/kg)	VS* (mg/kg)
Arsenic	12	30	220	8
Cadmium	0,2	1	10	0,45
Chrome	34	60	95	78
Cuivre	14	40	80	156
Mercure	0,05	1	6	1,75
Nickel	24	60	100	15
Plomb	25	120	170	50
Zinc	67	120	215	415

Il est également utile de préciser ici que les formes sous lesquelles se trouvent les ETM dans le sol influencent fortement leur biodisponibilité et/ou leur toxicité. Cela est particulièrement vrai pour l'Arsenic qui peut être présent sous des formes peu toxiques ou très toxiques

2.2) Les productions légumières

Des normes pour le cadmium (UE 2021/1323) et le plomb (UE 2021/1317) sont définies pour différents types de légumes par une réglementation européenne datant d'août 2021.

Concernant le cadmium :

Type de légume	Teneur maximale en mg/kg (poids sec)
- Légumes fruits sauf aubergines, - Légumineuses potagères (pois, fèves, haricots) - Radis	0,02
- Légumes bulbes sauf l'ail (oignons, échalotes, échalion, etc.) - Légumes tiges - Aubergines, fraises	0,03
- Rutabaga, choux raves, poireaux	0,04
- Légumes racines tropicaux - Persil racine, navets, ail	0,05
- Betteraves	0,06
- Légumes racines sauf radis, légumes racines tropicaux, persil racine, navets, betteraves, céleris raves, raifort, panais et salsifis. - Légumes feuilles sauf épinards, chou kale, céleris	0,1
- Céleris raves	0,15
- raifort, panais, salsifis, épinard, herbes fraîches	0,2

Concernant le plomb :

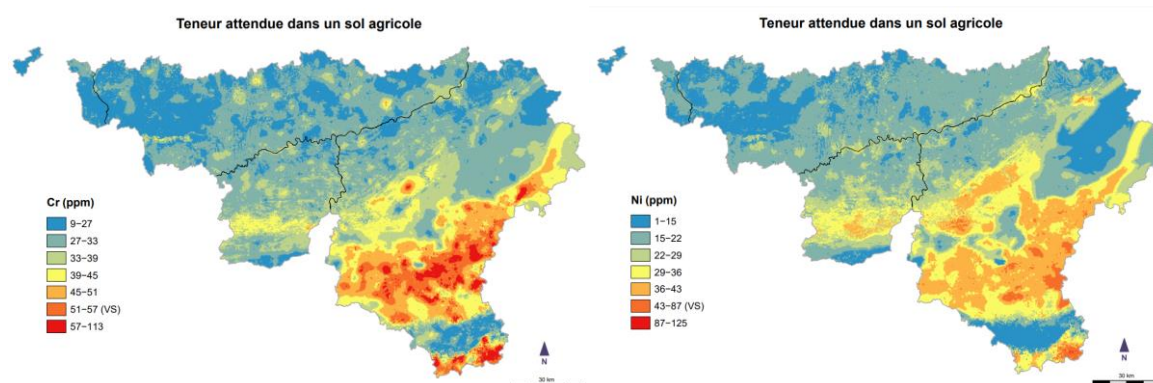
Type de légume	Teneur maximale en mg/kg (poids sec)
- Légumes fruits	0,05
- Légumes racines sauf salsifis - Légumes bulbes - Légumes tiges - Choux (sauf kale) - Choux raves, pois, fèves, haricots , maïs doux, fraises.	0,1
- Chou kale, salsifis, champignons	0,3

Concernant l'arsenic, le chrome, le cuivre, le mercure, le nickel et le zinc, il n'y a pas de norme européenne qui fixe des limites maximales de concentration dans les productions maraîchères. Cela provient du fait que l'ingestion de ces éléments via les légumes est, en proportion, assez faible par rapport aux autres aliments du régime alimentaire. Par exemple, la quantité de mercure ingérée via les produits de la mer est bien plus importante que celle des légumes. Il existe donc des normes concernant ces produits car c'est le levier principal à activer si on veut limiter leur quantité dans l'alimentation.

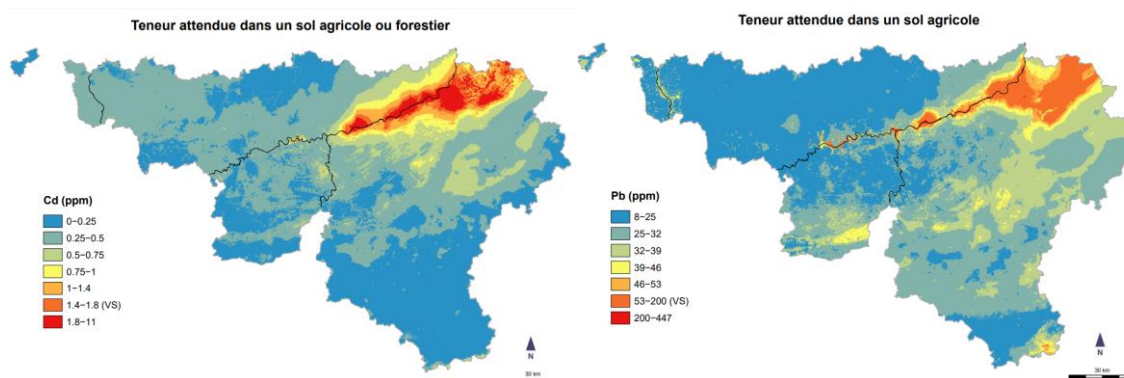
3) Quelles zones sont les plus à risque en Wallonie

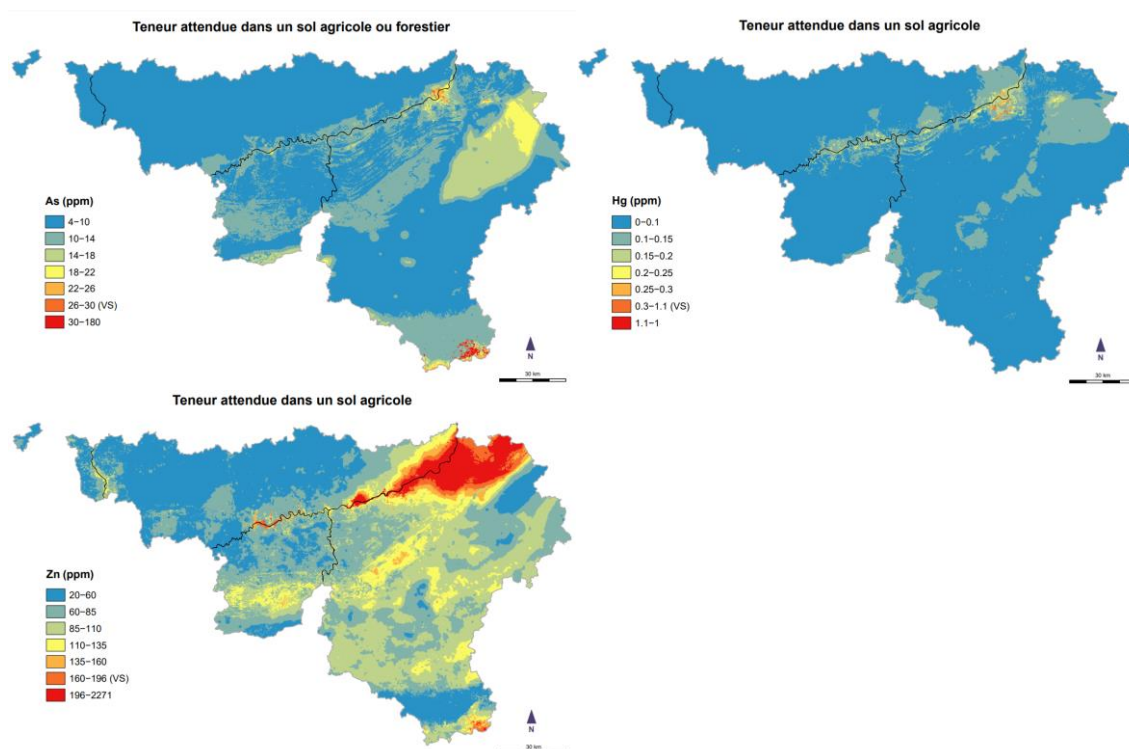
Les teneurs en ETM dans les sols wallons varient selon deux facteurs : la concentration présente dans la roche qui s'est dégradée pour former le sol et les activités anthropiques notamment liées à la métallurgie.

Pour les éléments Cr et Ni, la concentration dans les sols wallons est généralement dictée par la composition de la roche mère. C'est en Ardennes, sur des sols issus de roches schisteuses ou gréseuses, que les concentrations les plus élevées sont trouvées (source CAPASOL 6):

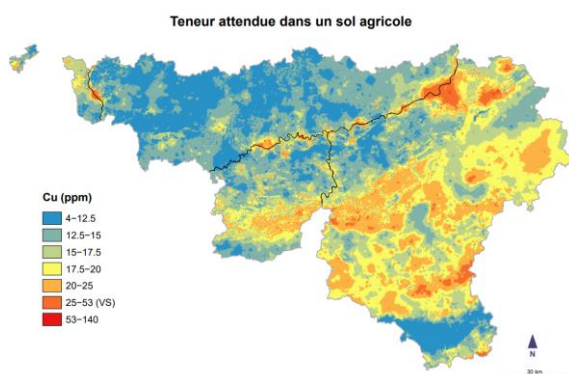


En ce qui concerne le Cd, le Pb, l'As, le Hg et le Zn, les fortes concentrations rencontrées en Wallonie sont principalement expliquées par des dépôts atmosphériques d'origine anthropique. Ces concentrations élevées sont localisées majoritairement le long du sillon Sambre et Meuse et surtout autour de Liège et dans le pays de Herve (sauf As et Hg) (source CAPASOL 6):





Le Cu peut être trouvé en grande concentration en Ardennes (roche mère) et le long du sillon Sambre et Meuse notamment à Liège et Verviers (Anthropique) (source CAPASOL 6):



Si votre exploitation se trouve dans ces zones de forte concentration en ETM, il faut être vigilant et appliquer les actions décrites dans les points suivants.

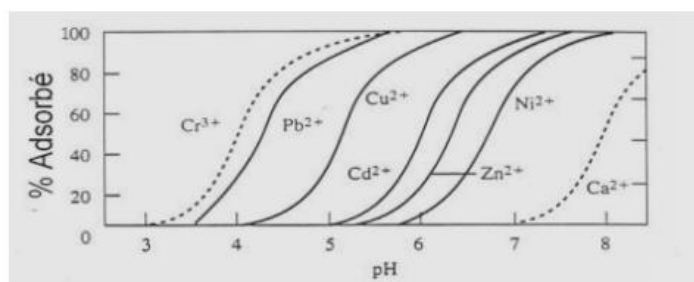
4) Transfert sol-plante : quels sont les leviers au point de vue du sol ?

Nous allons passer ici en revue les principaux facteurs qui influencent la biodisponibilité et la fixation des ETM dans le sol et donc le transfert vers les légumes. Plus la biodisponibilité et la présence des ETM dans la solution du sol est grande, plus le risque de concentration dans les plantes est élevé. Il est important de garder à l'esprit que dans un sol, rien n'est fixe et tout est interdépendant !

4.1) Le pH

Le pH du sol influence la solubilité des ETM. Un pH faible augmente la solubilité des ETM. Etant présents en plus grande quantité dans l'eau du sol, ils sont plus susceptibles d'entrer dans la plante via son système d'absorption racinaire et de s'y accumuler. Cet effet provient de la capacité de l'acidité à « décrocher » les ETM des argiles et de la matière organique (M.O.) et donc les mettre en

solution. Le graphique ci-dessous (source : Sigg et al., 2001), représente le pourcentage d'ETM qui sont théoriquement adsorbés sur les minéraux du sol (= fixés) en fonction du pH.



On remarque lorsque l'on se trouve dans une gamme de pH aux alentours de 7, la plupart des ETM sont fixés à la matrice de sol et sont donc beaucoup moins disponible pour les plantes.

Plus spécifiquement concernant le Cd, d'après une étude menée par Christensen (1984), la capacité de fixation du sol augmente d'un facteur trois avec l'augmentation d'une unité de pH, pour un intervalle de pH compris entre 4 et 7.

Il faut également noter que le pH du sol peut fortement varier en fonction de l'horizon de sol. Dans le cas de terres labourées, le pH est souvent homogène dans les 30 premiers cm de sol. Par contre, un gradient peut apparaître sur des sols peu travaillés du fait de l'apport de fertilisants et du lessivage des cations vers des horizons plus profonds. Les analyses de pH se font généralement sur 30 cm de profondeur. Le pH moyen sur 30 cm peut être correct (6,5 par exemple) mais en réalité le pH de surface est beaucoup plus bas. Dans ce cas, l'absorption par les jeunes plantules peut être élevée et résulter en des problèmes de concentration. Ce problème est d'autant plus fort dans des sols où la contamination est anthropique et où les polluants sont donc retrouvés dans les horizons de surface du sol.

De même que le pH peut varier entre horizons de sol, il est plus faible aux abords des racines des plantes. En effet, on l'a vu, l'acidité permet la libération des éléments minéraux (cations) que ce soit les ETM ou les éléments utiles aux plantes. La plante acidifie son environnement (directement ou via des bactéries et champignons rhizosphériques) pour pouvoir mieux capter les minéraux dont elle a besoin. Dans le cas de sols pollués, cela est délétère puisque cette action libère des ETM qui sont adsorbés également en proportion variable. Cette capacité des plantes à augmenter la solubilité des métaux lourds dans la rhizosphère dépend des espèces et des cultivars.

4.2) La capacité d'échange cationique (CEC)

Plus la CEC est élevée, plus les ETM sont fixés par le sol. Ces éléments sont donc moins assimilables par les plantes. Une CEC élevée du sol implique des quantités importantes de matières organiques, d'argiles (gonflantes) et d'oxydes. C'est pourquoi la quantité et la nature des matières organiques, des argiles et des oxydes dans le sol conditionnent la biodisponibilité des métaux lourds. Il a été démontré que plus la CEC est élevée, plus la sensibilité aux métaux lourds des micro-organismes est faible.

Les argiles

Les argiles peuvent fixer les ETM grâce à leur CEC. La CEC des argiles peut varier d'un facteur 10 en fonction du type d'argile.

La matière organique (M.O.)

La matière organique présente une capacité d'échange cationique jusqu'à 50 fois supérieure à celle des argiles. Cela est dû aux acides organiques qui engendrent une charge négative nette de la matière organique. Les cations métalliques se fixent donc à la matière organique.

Les oxydes et hydroxydes

Les oxydes et hydroxydes, notamment de fer (Fe) et de manganèse (Mn), permettent également de fixer les ETM dans le sol, les rendant moins biodisponibles. En regard du cadmium, les hydroxydes de fer (et la matière organique) ont un pouvoir d'adsorption plus élevé que celui des argiles.

Il est à noter que la CEC diminue lorsque le pH descend. Les ETM fixés sur les argiles, la M.O. et les oxydes peuvent donc facilement être libérés si le pH diminue.

4.3) Les interactions entre éléments du sol

L'absorption par la plante d'un ETM est influencée par la présence d'autres éléments ou molécules dans la solution du sol ou dans la plante. Certains éléments, ayant une charge et une taille proche, peuvent être en compétition pour un même site d'absorption et la forte concentration de l'un diminue l'absorption de l'autre. Le prélèvement des ETM est souvent inhibé par les macronutriments surtout Mg, Ca et P. Les phosphates solubles réduisent par exemple de façon notable le transfert de Pb dans les parties consommées des légumes.

Des ETM peuvent également s'inhiber entre eux. Par exemple, le Zn diminue le prélèvement de Cd. Mais par ailleurs, la teneur en Zn chez certaines plantes décroît lorsque le prélèvement de Cd, Pb et Cu augmente.

Les sels (NaCl, KCl, CaCl₂, etc.) favorisent la solubilité des ETM dans l'eau du sol.

5) Existe-t-il des légumes à privilégier/à éviter ?

Des végétaux d'espèces différentes, cultivés dans les mêmes conditions, n'absorbent pas les mêmes quantités de métaux lourds et ne les stockent pas dans les mêmes organes. La faculté des légumes cultivés à absorber les ETM varie en fonction de nombreux paramètres. En fonction des conditions de sol, de climat et de contamination, l'absorption d'ETM peut être inverse entre deux plantes. Par exemple, pour une situation donnée, la laitue accumulera plus d'un métal lourd que la carotte et dans une autre situation ce sera l'inverse. Pour un autre métal, cela sera encore différent. Il est donc compliqué de faire des généralisations et établir un classement des espèces végétales concernant les ETM.

Néanmoins, le projet Sanisol⁽¹⁾ a classé les familles de légumes en termes d'accumulation en ETM dans les parties consommées. Ce classement n'est pas immuable et comporte de nombreuses exceptions.

De façon générale, on peut considérer que les **légumes-fruits** et les **légumes-graines** sont à privilégier. Cette famille (qui comprend les aubergines, courgettes, concombres, potiron, etc.) a moins tendance à fixer les polluants présents dans le sol, à l'exception des haricots et des tomates dont le comportement est variable.

Les **légumes-racines** (radis, carottes, navets, rutabagas, betteraves, oignons) présentent quant à eux une tendance intermédiaire à accumuler les polluants. Etant donné le contact direct des légumes avec la terre, il est important de procéder à un lavage méticuleux avant la consommation et, si possible, à un épluchage.

Les **légumes-feuilles** (salades, choux, bettes, etc.) ont une plus forte propension à concentrer les polluants. L'aptitude maximale est observée chez les **aromates** (persil, menthe, basilic, etc.) qui accumulent les polluants de façon très importante. La culture de ces deux dernières catégories de légumes (feuilles et aromates) à même le sol est donc délicate.

Les études concernant le Cd sont plus étoffées et permettent de faire un classement spécifique pour cet élément qui concorde avec le classement général du projet Sanisol (il existe aussi des exceptions) : les légumes feuilles dont les blettes, épinards, persil, chou vert et laitues sont les plus susceptibles d'accumuler cet élément. Ensuite, les légumes racines sont moyennement accumulateurs (sauf les carottes et les PDT qui accumulent plus). Enfin, les légumes fruits sont les moins sensibles, surtout les courges, concombres, haricots et pois.

6) Solutions à mettre en place

Nous allons voir les actions qui peuvent être mises en place pour limiter les transferts des ETM du sol vers les plantes cultivées. Ces solutions sont tantôt généralistes, tantôt spécifiques à tel ou tel métal. Il existe 2 types de solutions, les amendements et les pratiques culturales.

Il est à noter que l'efficacité de ces solutions est variable et qu'en cas de forte contamination du sol, elles peuvent, même en conjugaison, ne pas suffire à éviter un dépassement des concentrations dans les légumes cultivés.

6.1) Les amendements

- Rectifier le pH pour atteindre la neutralité (pH = 7) en apportant des amendements calciques qui réduisent la disponibilité de la plupart des ETM. Cette solution est communément admise comme étant le 1^{er} levier à actionner pour fixer les ETM dans le sol !
- Augmenter le taux de M.O. dans le sol en apportant du compost, du fumier, etc. Les matières organiques fixent les métaux lourds et les rendent moins biodisponibles. Il est à noter une diminution systématique du transfert de Cd dans les parties consommées de la tomate, de l'épinard, du radis et du chou chinois cultivés sur des terres amendées avec des pailles.
- Apporter du phosphore et de la magnésie qui inhibent l'absorption des ETM. Attention, les engrais minéraux peuvent contenir des ETM en quantités réglementées.
- Apporter un amendement contenant des oxydes de fer ou de manganèse qui permettent de fixer les ETM et les rendent moins biodisponibles. Les concentrations en As, Cd, Cu, Pb et Zn mesurées dans les productions cultivées sur les terres amendées avec les oxydes sont inférieures à celles mesurées dans les légumes issus des terres non traitées.
- Apporter des amendements d'argiles à grande CEC comme la bentonite si la teneur en argile du sol est faible.
- Le biochar peut limiter l'absorption des ETM dans les plantes dans certaines conditions comme le pH du sol qui doit être acide. L'effet est discutable et dépend aussi des matières premières utilisées lors de sa fabrication qui peuvent contenir des ETM. Par exemple, si c'est du bois qui a poussé sur un sol pollué, il faut demander des infos sur la qualité au revendeur. Il est à noter qu'une seule étude a détecté une diminution systématique de la biodisponibilité de Cd, Cu, Pb et Zn pour la laitue. Pour d'autres légumes les résultats sont variables.

6.2) Les pratiques culturales

- Veiller à limiter la salinité dans les sols qui sont sous abris. La biodisponibilité des métaux lourds augmente avec elle.
- Eviter l'apport d'azote sous forme ammoniacale car elle a pour effet de diminuer le pH du sol.
- Limiter les apports de Potasse (K) car les ions K⁺ peuvent se substituer aux ETM fixés sur la M.O., les argiles et les oxydes du sol. Pas
- Evitez de récolter des légumes immatures (baby légumes). Les légumes accumulent les ETM jusqu'à un certain stade, ensuite, les éléments sont « dilués » dans la plante. La quantité de métaux lourds diminue donc avec le développement de la plante.
- Préférez des plantations à des semis, ainsi la durée de contact entre la plante et le sol contaminé sera limitée.
- En année sèche, les racines descendent plus profondément dans le profil du sol et prélèvent moins de métaux lourds qu'en années humides si les éléments sont d'origine anthropique (concentrés en surface). Veillez donc à un apport d'eau raisonné afin d'éviter que les racines ne prélèvent des minéraux que dans les horizons de surface.
- Veillez à avoir un sol bien structuré. En cas de surplus d'humidité et d'une faible oxygénation du sol (compaction de sol), la biodisponibilité de certains ETM peut augmenter.

7) Actions mettre en place avant et après l'achat/location du terrain

7.1) Avant d'acheter/louer

Si vous envisagez de commencer une activité agricole sur nouveau terrain qui sera loué ou acheté, demandez une analyse de sol⁽²⁾ spécifique aux ETM susmentionnés. Cette action est vivement conseillée si le terrain se trouve dans les zones à forte concentration en ETM attendues qui ont été exposées plus haut.

Si les concentrations en ETM et plus particulièrement en Cd et Pb sont au-dessus des valeurs d'intervention (VI) du décret sol, alors mieux vaut ne pas en faire l'acquisition.

Si elles sont non-négligeables mais bien en-dessous de la VI, il faut en tenir compte dans ses pratiques si on compte quand même l'utiliser !

7.2) Si vous possédez déjà un terrain

Si vous possédez un terrain qui se situe dans les zones à plus grande concentration en ETM susmentionnées, il est conseillé d'effectuer une analyse de sol en ETM pour vérifier le taux effectif en ETM. Effectuez également une analyse du pH, du taux de M.O., un dosage des oxydes de Fe, de la salinité et de la texture du sol. Cela vous permettra de connaître les meilleures ou premières actions à mettre en place.

Si les concentrations sont supérieures à la VI, les actions du point 6) sont indispensables pour essayer de limiter le risque de contamination des légumes cultivés. Appliquez les actions adaptées à votre analyse de sol. Toutefois, il est fort probable que pour certains types de légumes comme les bettes, les épinards ou les carottes par exemple ces actions ne suffisent pas. Dès lors, il sera conseillé de proscrire l'implantation de ces légumes.

Si les concentrations sont non-négligeables mais bien inférieures à la VI, il est conseillé d'appliquer les actions du point 6) en fonction de vos analyses de sol. Certains types de légumes sont à éviter comme les légumes-feuilles.

Que ce soit dans la 1^{ère} ou la deuxième situation, il est utile d'utiliser l'outil Sanisol⁽¹⁾ afin de voir le risque propre à votre taux en ETM et votre sol. Vous pouvez enregistrer votre taux de M.O., votre pH et votre teneur en fer. Vous pouvez aussi les comparer à la moyenne wallonne pour savoir si ce sont des leviers intéressants à activer chez vous.

Vous pouvez aussi faire analyser vos légumes afin de vérifier leur concentration en ETM⁽²⁾. Sachez cependant que dans le cas où les résultats sont non conformes, une notification obligatoire dans la chaîne alimentaire doit être transmise à l'AFSCA en vertu de l'Arrêté ministériel du 22 janvier 2004 relatif aux modalités de notification obligatoire dans la chaîne alimentaire publié dans le Moniteur Belge le 12 février 2004.

8) Contact et liens utiles

(1) Site du projet Sanisol pour évaluer le degré de risque de consommation des légumes issus d'un sol contaminé : <http://maps.elie.ucl.ac.be/potager/accueil> . L'outil diagnostique demande en données d'entrée au minimum une analyse en ETM dans le sol.

(2) Il existe plusieurs laboratoires agréés dont le laboratoire provincial - Espace Tinlot pour une analyse de sol ou de légumes. Rue de Dinant, 110 4557 TINLOT, 042/79.38.00, spaa@provincedeliege.be . Si l'analyse de sol présente des teneurs en métaux lourds élevés, vous pouvez demander une analyse de 5 légumes gratuitement si vous habitez la province de Liège.
