



DE LA WALLONIE D'HIER, NOUS CRÉONS CELLE DE DEMAIN

POLLUSOL 2

Investigations des zones de pollution atmosphérique de proximité en Wallonie



La Wallonie, au cœur de la révolution industrielle

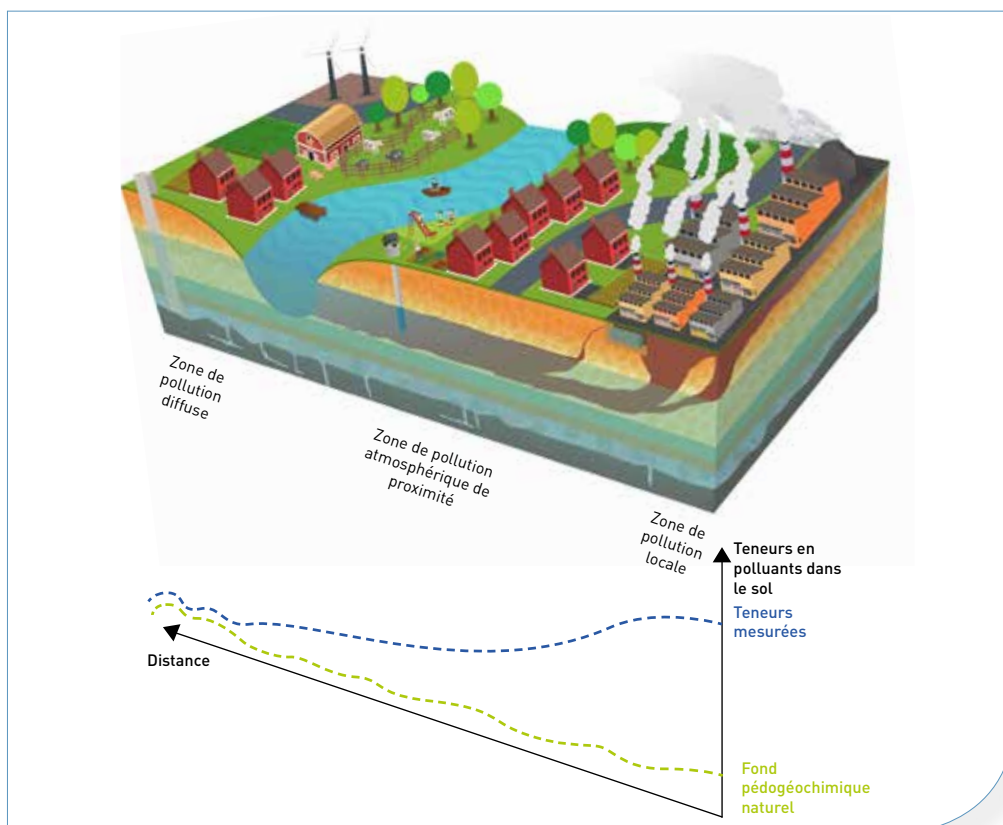
Au milieu du XIX^e siècle, la Wallonie est en plein essor industriel. L'exploitation de la houille comme combustible et l'utilisation de la machine à vapeur comme force motrice permettent un important développement de l'industrie textile et de la métallurgie. La mise en place des premières grande lignes de chemin de fer, la construction des machines industrielles et la fabrication de matériel militaire à des fins de conquête et d'expansion coloniale accroissent également la demande en acier. Les grands industriels de l'époque (Cockerill, Orban, Huart-Chapel, Boël, etc.) parviennent à développer un complexe puissant en Wallonie constitué entre autres de cokeries, hauts-fourneaux, aciéries et fonderies. Les bassins industriels voient le jour, à proximité des voies de communication et des sources de houille, et les ouvriers de ces industries en pleine croissance vont progressivement s'installer en périphérie de leur nouveau lieu de travail.

Tout en ayant été à l'origine de l'essor économique de la Wallonie, l'activité industrielle a pu être à l'origine du dépôt, dans les sols et les eaux, de substances polluantes via les retombées des fumées de cheminées.

Les zones potentiellement touchées par ces dépôts sont appelées « zones de pollution atmosphérique de proximité » et sont à différencier des « zones de pollution locale » (terrains pollués localement), comme le montre la figure 1.

POLLUSOL 2 est la première étude d'envergure à s'être intéressée à l'étude des sols, légumes et eaux souterraines sur les secteurs de la Wallonie touchés par la pollution atmosphérique de proximité.

Figure 1



Le boom de l'agriculture urbaine

Aujourd'hui, le contexte économique et social amène un renouveau des potagers, individuels ou partagés, et l'agriculture urbaine est désormais considérée comme une activité d'avenir ainsi qu'en témoignent les nombreux projets et expériences qui se développent en Wallonie comme dans les pays voisins.

Une grande partie des nouveaux potagers sont implantés en zones de pollution atmosphérique de proximité. Les sols dans ces zones peuvent donc être marqués par l'influence d'anciennes activités industrielles, via les retombées atmosphériques provenant des cheminées. L'étude s'est donc penchée sur la qualité culturale et sanitaire de ces parcelles.

POLLUSOL 2 s'inscrit dans la continuité de deux études réalisées par SPAQ/E :

- POLLUSOL 1 (2003-2007) qui avait pour objectif d'initier l'établissement d'une première cartographie des teneurs attendues de manière naturelle en métaux dans les sols de la Wallonie ;
- LEGUMAP (2007-2008) réalisée, suite à une décision gouvernementale, afin d'évaluer la qualité des légumes produits dans les jardins riverains de l'industrie sidérurgique à Charleroi.

Amélioration d'une cartographie prédictive des substances présentes dans les sols et les eaux souterraines en Wallonie

L'étude POLLUSOL 2 a permis de récolter des informations sur les zones de pollution atmosphérique de proximité - qui avaient jusqu'alors été très peu investiguées - et de mettre en place une amélioration du modèle cartographique en permettant d'estimer, à partir du millier de points de prélèvement de POLLUSOL 1 et POLLUSOL 2, les concentrations attendues sur l'entièreté des sols wallons.

Outre compléter les données concernant les sols, l'étude POLLUSOL 2 contribue également à l'enrichissement des bases de données et des cartes relatives aux composés pouvant être retrouvés dans les eaux souterraines de la Wallonie.

Une connaissance approfondie des teneurs retrouvées dans les sols et les eaux souterraines s'inscrit dans le cadre d'une meilleure protection et gestion des sols en Wallonie.

Amélioration des connaissances concernant les mécanismes régissant le transfert des polluants du sol vers les légumes, vers l'homme et vers les eaux souterraines et évaluation de l'exposition environnementale de la population

Très peu de données sont actuellement disponibles concernant les mécanismes de passage des polluants du sol vers l'eau, la chaîne alimentaire et le système digestif de l'homme.

Grâce aux nouvelles données récoltées sur le terrain et à de nombreux tests en laboratoire, l'étude a rencontré son objectif d'amélioration des connaissances sur les risques de transfert des polluants. Cela permettra le développement d'outils pour la maîtrise de ces risques allant de la contamination régionale des eaux souterraines à l'accumulation des polluants chez l'homme par ingestion de terre, par consommation de légumes cultivés sur des sols contaminés ou par inhalation de poussières.

METHODOLOGIE

Sélection des zones de pollution atmosphérique de proximité étudiées

SPAQ_{4E} a référencé sur une carte près de 1.000 anciennes industries potentiellement émettrices de polluants via leurs cheminées, la plupart étant situées le long du sillon Sambre et Meuse (figure 2). A partir de ces données, les universités ont modélisé les retombées probables des polluants émis, en fonction des vents dominants, du relief et des hauteurs estimées des cheminées. Parallèlement, les universités ont recherché des études comprenant des analyses de sol pour lesquelles des concentrations élevées en polluants avaient déjà été détectées (figure 3).

Partenaires de l'étude

Pour mener à bien cet ambitieux projet, SPAQ_{4E} a travaillé pendant quatre ans avec des équipes universitaires wallonnes expertes en environnement :

- Université Catholique de Louvain – Earth and Life Institute
- Université de Liège – Aquapôle – Département Argenco
- Université de Liège – Gembloux Agro Bio Tech
- Université de Mons – Faculté Polytechnique – Service Fluides-Machines

et dans le cadre de la communication :

- asbl Espace - Environnement

Figure 2

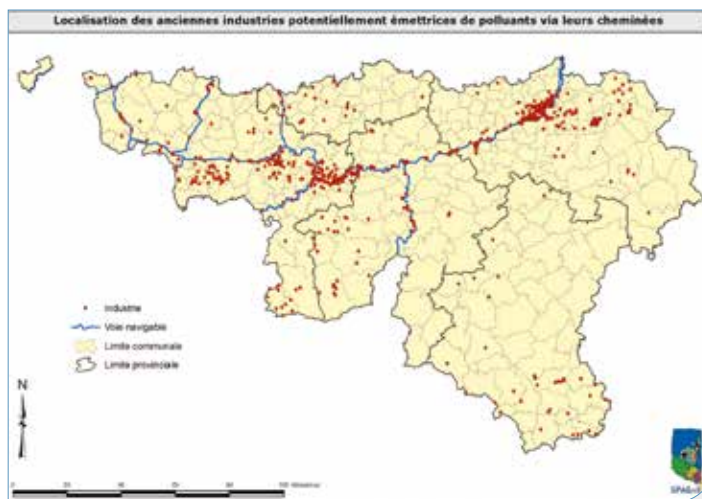
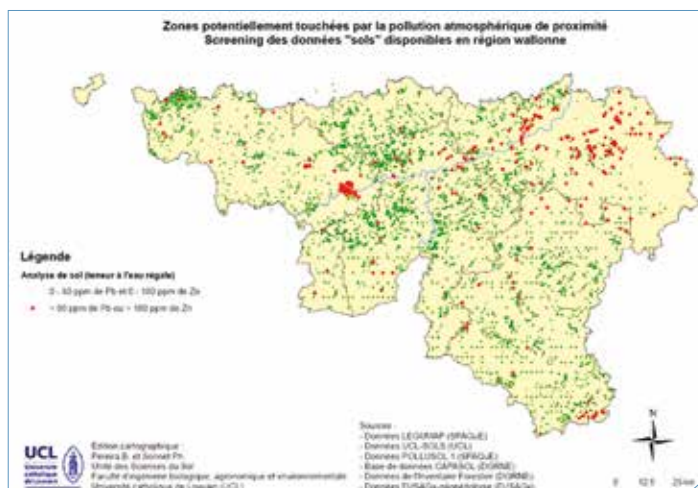
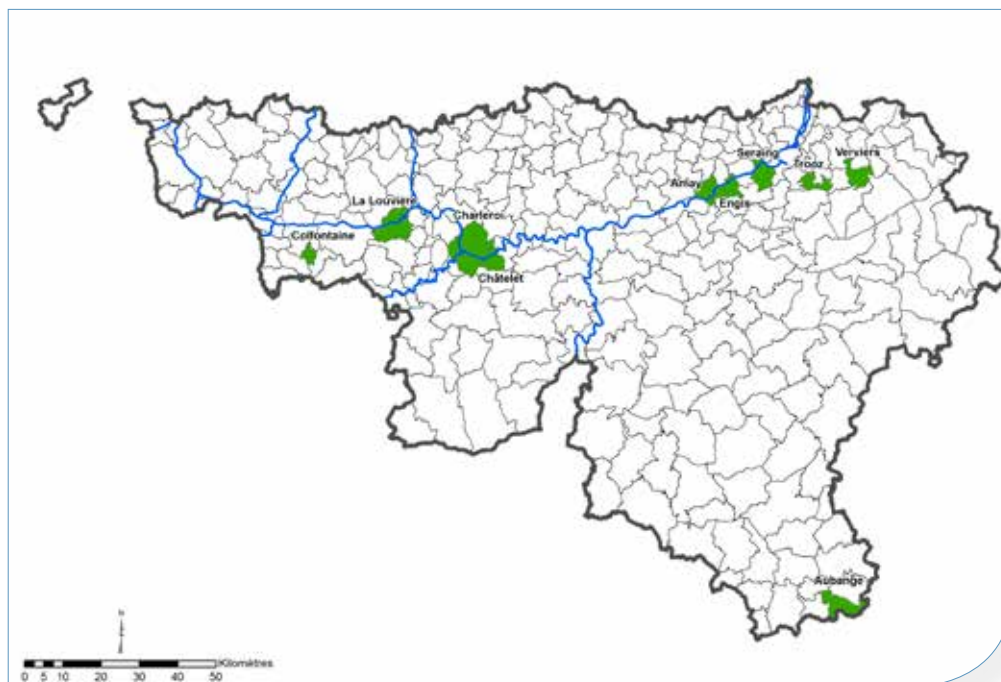


Figure 3



Sur cette base, huit secteurs prioritaires à étudier ont été définis par les équipes universitaires. Au sein de ces secteurs, une ou deux communes ont été sélectionnées, entièrement ou partiellement, sur base de plusieurs critères dont la densité de population, le type d'occupation du sol et le type de sous-sol (figure 4). Les dix communes sélectionnées sont : Amay, Aubange, Charleroi, Châtelet, Colfontaine, Engis, La Louvière, Seraing, Trooz et Verviers.

Figure 4



Déroulement des prélèvements et analyses des échantillons

Les 10 communes sélectionnées ont fait l'objet d'une campagne de collecte et d'analyse d'échantillons de sol, d'eaux souterraines, de légumes et de litières forestières. Le plan d'échantillonnage a été conçu de manière à assurer une bonne représentativité statistique pour optimiser l'établissement de cartes. Ainsi, 398 potagers et 398 autres types de terrain (cultures, prairies, forêts, parcs) ont été échantillonnés. De plus, 435 échantillons d'eau ont été prélevés, en provenance de puits existants mais également de forages réalisés pour POLLUSOL 2. Dans les potagers, 1.341 échantillons de légumes ont été prélevés et, dans les forêts, 82 échantillons de litière.

Les échantillons récoltés ont été analysés pour un grand nombre de substances :

- des substances inorganiques présentes naturellement dans les sols mais également par enrichissement suite à l'action de l'homme, aussi appelées « métaux lourds » ;
- des substances organiques qui proviennent majoritairement de l'action de l'homme (industries, transports, chauffage) et ont enrichi le sol via des retombées, comme les HAP (hydrocarbures aromatiques polycycliques) qui sont générés par les processus de combustion.

La base de données totale comporte environ 74.000 valeurs provenant des analyses de sol, 43.000 valeurs provenant des analyses de légumes, 43.000 valeurs provenant des analyses d'eau et 2.600 valeurs provenant des analyses de litière forestière.



C'est grâce à la collaboration des différents services communaux et de la population que ces analyses ont pu être accomplies. En effet, les prélèvements ont été réalisés sur base volontaire, dans des terrains privés et communaux, après présentation de l'étude dans les communes concernées. Ce sont donc plusieurs centaines de personnes qui ont accueilli les équipes scientifiques entre 2009 et 2011.



RESULTATS

Amélioration d'une cartographie prédictive des substances présentes dans les sols

A partir des échantillons prélevés sur les 10 communes et des résultats de POLLUSOL 1, une cartographie des teneurs attendues a été mise au point par modélisation en se basant sur les analyses réalisées, l'occupation du sol, le type de substrat du sol et les retombées atmosphériques.

Ce modèle permet d'estimer la concentration pour chaque polluant en chaque point de la Wallonie, à partir des données ponctuelles récoltées.

Ceci donne de très bons résultats pour la majeure partie des polluants inorganiques étudiés (arsenic, baryum, béryllium, cadmium, cobalt, chrome, cuivre, mercure, nickel, plomb, antimoine, étain, zinc), pour les HAP, le toluène, les cyanures et l'indice phénol. En effet, les valeurs estimées par le modèle sont très proches des valeurs mesurées dans les sols. La cartographie a été réalisée pour l'ensemble de la Wallonie mais les sols de remblais, non présents à l'origine (terres d'apport, scories, remblais de démolition), en sont exclus ainsi que les zones de pollution locale.

Vallées de la Meuse et de la Vesdre

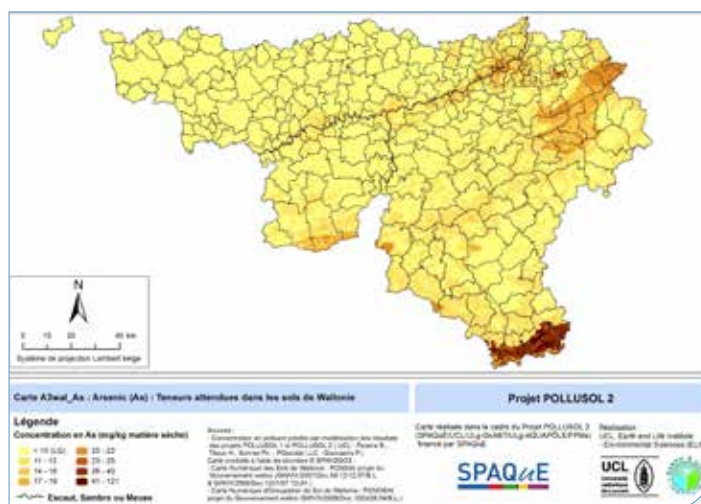
La présence en quantité importante de cadmium, plomb, antimoine et zinc dans les sols des vallées de la Meuse et de la Vesdre est liée à l'histoire industrielle de cette région, notamment l'implantation des industries de métallurgie des métaux non ferreux. En particulier, les retombées atmosphériques ont eu un effet déterminant sur les concentrations retrouvées dans les sols. Par contre, d'autres métaux, tels que le chrome, le cuivre, le mercure et le nickel, sont retrouvés en plus faible quantité. Les concentrations en composés organiques sont faibles, à l'exception de la présence des HAP dans l'agglomération de Liège qui peut être liée à l'utilisation intensive, industrielle et domestique, de combustibles fossiles.

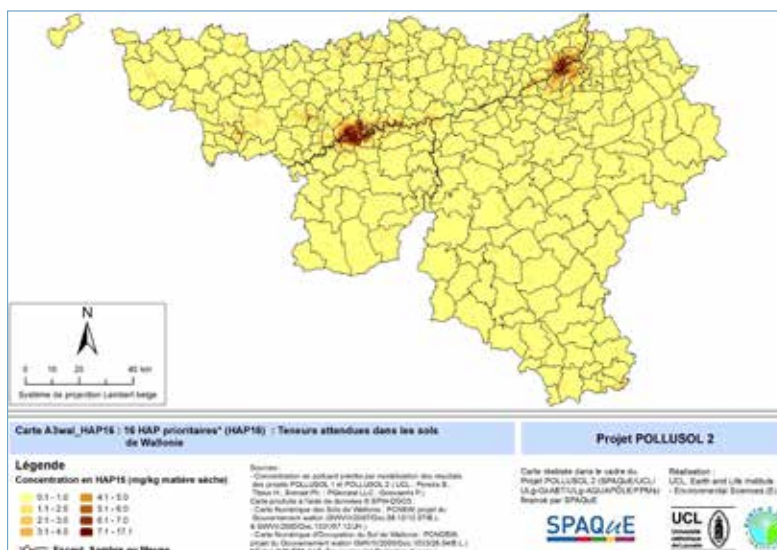
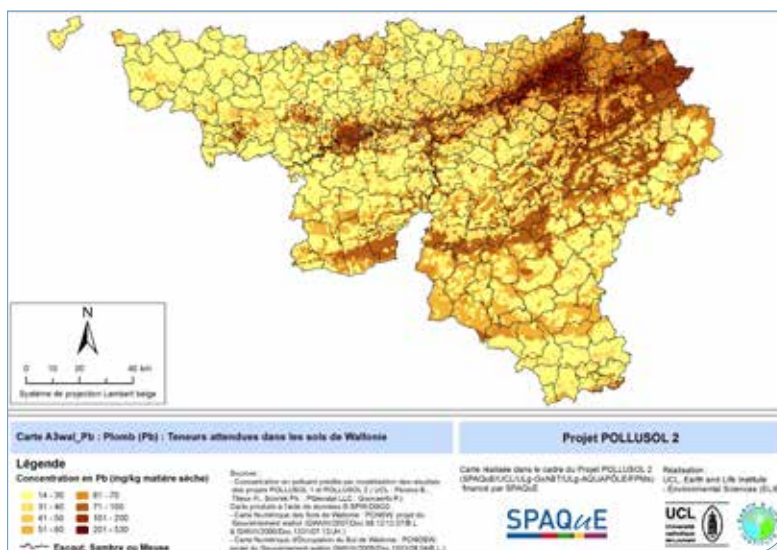
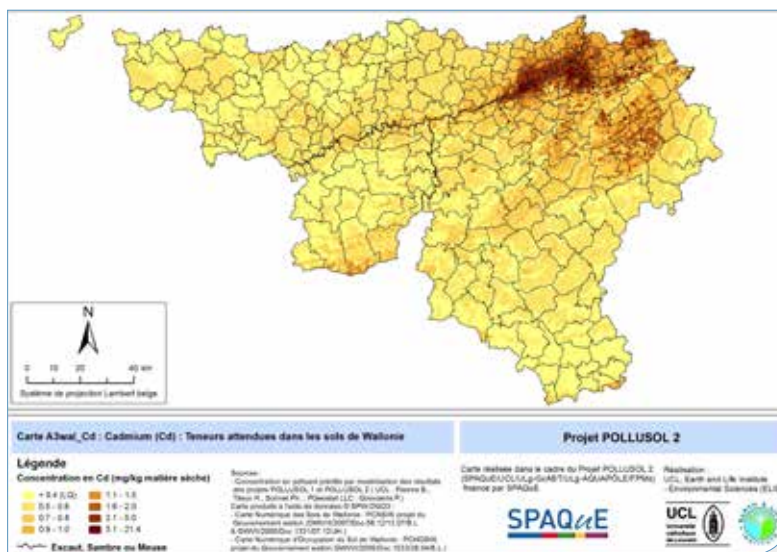
Gaume et Lorraine

L'arsenic, le cobalt, le chrome et le molybdène, qui dépendent principalement des teneurs en oxydes et hydroxydes de fer, sont retrouvés en quantité nettement plus élevée dans les sols du sud de la Wallonie que dans les autres zones d'étude. C'est principalement explicable par leur présence naturelle dans les roches de la région (exploitation de la « Minette de Lorraine »).

Le Hainaut

Le Hainaut présente des concentrations nettement plus faibles en composés inorganiques dans les sols que la région liégeoise. Seuls les HAP sont retrouvés en plus forte quantité à proximité des agglomérations de Charleroi, Châtelet et La Louvière, ce qui est à mettre en relation avec une utilisation plus intensive de combustibles fossiles (installations industrielles de la sidérurgie et de la carbochimie, utilisation domestique, etc.).





Cartographie prédictive des substances présentes dans les eaux souterraines

Les cartes ont été réalisées pour l'ensemble de la Wallonie sur base d'une compilation de données déjà disponibles, complétées par les analyses réalisées dans les forages implantés pour POLLUSOL 2.

Elles permettent de visualiser les concentrations en polluants dans les 18 nappes d'eau principales de Wallonie, en distinguant les zones impactées par la pollution atmosphérique de proximité des zones non impactées.

L'interprétation des données a permis de conclure que la composition des eaux souterraines est influencée par les contaminations diffuses dans les zones urbaines et industrielles. En effet, la plupart des métaux montrent des concentrations plus élevées dans les zones de pollution atmosphérique de proximité qu'en dehors. Les composés traces organiques ont par contre été rarement détectés de manière récurrente dans les eaux souterraines excepté le toluène, certains HAP et la fraction carbonée 21-35 des hydrocarbures pétroliers.

Amélioration des connaissances concernant les mécanismes régissant le transfert des polluants du sol vers les légumes

Grâce à la masse de données engendrée par l'étude, des modèles mathématiques ont été créés afin de calculer la concentration attendue en polluants dans les légumes à partir des propriétés du sol (acidité, matière organique, enrichissement en polluants, etc.). Il a ainsi pu être montré que la relation n'est pas toujours linéaire entre les concentrations mesurées dans le sol et dans le légume pour un même polluant, même si le bon sens aurait laissé à penser qu'un sol plus fortement contaminé allait induire des légumes plus fortement contaminés.

Ces modèles seront très utiles dans le cadre de la prise de décision en matière de gestion de sites pollués sur lesquels une affectation résidentielle avec création d'un jardin potager est envisagée.

Plusieurs expériences ont également été menées dans les laboratoires universitaires afin d'évaluer si la composition du sol et l'ajout d'amendements divers pouvaient avoir une influence sur la migration des polluants dans les légumes, ou si une analyse au stade précoce de croissance de la plante pouvait permettre d'évaluer la concentration en polluant au stade mature. Aucun résultat significatif n'a pu être mis en évidence mais la voie est ouverte à la poursuite de la recherche scientifique.

D'autres recherches, concernant par exemple les protocoles de laboratoire (extractifs chimiques à utiliser de préférence pour analyser la fraction la plus mobile des métaux dans le sol qui peut migrer dans les plantes), ont également été menées. Les résultats sont variables d'un polluant à l'autre mais l'extraction au CaCl_2 permet d'obtenir de manière générale la prédiction la plus satisfaisante.

Amélioration des connaissances concernant les mécanismes régissant le transfert des polluants du sol vers l'homme

Lorsque l'homme ingère des éléments contenus dans le sol lors des activités de jardinage ou, chez les enfants, de jeu (mains sales, légumes couverts de terre) ou inhale des polluants (contenus dans la poussière ou volatils), une partie est absorbée par son organisme (bioaccessibilité) et une autre partie excrétée. Afin d'évaluer la partie « bioaccessible » d'un polluant, le test BARGE¹, qui simule le processus digestif en laboratoire, a été sélectionné. Dans des fioles en laboratoire, les sols sont mélangés à des réactifs chimiques qui se rapprochent de la composition de la salive et des sucs digestifs (estomac et intestins).

237 échantillons ont été soumis à ce test pour 8 composés inorganiques. Les résultats obtenus peuvent être utilisés dans le cadre d'études détaillées afin d'estimer l'exposition par ingestion de terre contaminée en faisant appel à des hypothèses plus proches de la réalité.

Ainsi, grâce aux résultats de POLLUSOL 2, SPAQ_uE retient, dans le cadre de ses études menées sur des sites pollués, un pourcentage de bioaccessibilité pour la voie « ingestion de terre et de poussière », pour l'arsenic au stade intestinal et pour les autres composés au stade gastrique (en gras dans le tableau).

¹ Bioaccessibility Research Group of Europe

Bioaccessibilité en % de la teneur totale (extraction à l'eau régale)	Arsenic	Cadmium	Cobalt	Chrome	Cuivre	Nickel	Plomb	Zinc
95 ^e centile au stade gastrique	32 %	95 %	35 %	9 %	43 %	19 %	74 %	67 %
95 ^e centile au stade intestinal	37 %	41 %	18 %	4 %	43 %	16 %	36 %	24 %

Amélioration des connaissances concernant les mécanismes régissant le transfert des polluants du sol vers les eaux souterraines

Une méthodologie innovante d'évaluation des contaminations régionales des eaux souterraines a été développée et intégrée dans un outil d'aide à la décision développé dans un Système d'Information Géographique (SIG). Cet outil, utile à l'administration wallonne dans le cadre de la surveillance et de la protection des masses d'eau, comporte plusieurs modules, notamment une géodatabase, un module d'évaluation des transferts des substances par lessivage à partir du sol ainsi qu'un module d'évaluation de la dispersion de ces substances lorsqu'elles atteignent l'eau souterraine.

Evaluation environnementale de l'exposition de la population et avis d'un collège d'experts

Pour chacune des 10 communes investiguées lors de l'étude POLLUSOL 2 et à partir des teneurs mesurées dans l'environnement, cette évaluation a consisté pour SPAQzE à estimer les niveaux auxquels la population est exposée (via ingestion de terre, ingestion de légumes, inhalation de poussières et inhalation de substances volatiles) et à les comparer à des niveaux d'exposition connus ne conduisant pas à des effets pour l'homme.

Sur base de cette évaluation et des concentrations observées dans les sols et les légumes, seules six substances sont ressorties à l'interprétation des résultats : l'arsenic, le cadmium, le manganèse, le molybdène, le plomb et le zinc.

Il n'est pas surprenant de retrouver ces substances qui ont été largement utilisées dans l'industrie et ont pu s'accumuler dans les sols via les retombées des cheminées. A noter que l'arsenic est une substance naturellement présente en grande quantité dans le sous-sol de la Lorraine.

Un collège d'experts, réunissant des toxicologues et des médecins, a rendu un avis. Cet avis n'envisage pas de mesures particulières à prendre. Tout au plus, conseille-t-il de suivre une série de recommandations habituelles pour les utilisateurs de jardins potagers (p. ex. se laver les mains en revenant du jardin, enlever chaussures et vêtements de jardinage à l'extérieur de la maison, laver tous les légumes, éplucher les légumes poussant dans la terre, varier les types de légumes cultivés, etc.).



SPAQ*uE*
| .be

Boulevard d'Avroy, 38/1
4000 Liège - Belgique
Tél. +32 (0)4 220 94 11
Fax : +32 (0)4 221 40 43
www.spaque.be