

Développement de cultures agricoles sur un sol contaminé : transfert des métaux et évaluation des risques sanitaires

Période : avril 2012 à août 2012

Arnaud GAUTHIER

Université Lille 1 – EA 4515 Laboratoire Génie Civil et géoEnvironnement – Villeneuve d'Ascq – France

Mots clés : métaux lourds, plantes cultivées, transfert, risque

La contamination des plantes alimentaires par les polluants, et notamment les métaux lourds, est une préoccupation sociétale majeure. En effet, de plus en plus de cultures sont implantées en milieu périurbain, et de ce fait peuvent être impactées par des industries polluantes passées ou encore en activité. Cette problématique est à l'échelle mondiale, et très peu de pays sont épargnés. Ces contaminations peuvent être liées à une pollution des sols, ou des eaux utilisées en irrigation. Par méconnaissance, de nombreuses populations pratiquent ainsi des cultures sur des territoires présentant une pollution extrêmement conséquente. La question du transfert de ces contaminants depuis le sol vers les plantes apparaît alors primordiale, de même que l'impact du type de culture. En effet, il peut être pertinent de se demander s'il convient de choisir une plante de type racine ou une dont les feuilles seront consommées, et en particulier suivant les végétaux si la contamination affecte indifféremment ou non les parties aériennes et les racines. De ces réponses pourront découler des choix stratégiques par les organismes en charge de suivre la politique agricole d'une région. Les trois articles présentés ici couvrent des environnements géographiques, ainsi que des types de culture différents. Ils s'avèrent ainsi complémentaires pour pouvoir apporter des éléments de réponse sur les mécanismes mis en jeu et les risques associés.

Menace de la qualité sanitaire des plantes potagères liée à la pollution par les métaux toxiques de certains sites de culture du Bénin

Koumolou L, Edoth AP, Agbandji L, Hounkpatin SA, Elegbede B. Threat of the health quality of garden produces linked to pollution by toxic metals on some gardening sites of Benin. *Am J Environ Sci* 2012;8 (3):248-52.

Résumé

Les cultures individuelles sont de plus en plus fréquentes, notamment dans les pays en voie de développement. Or, ces cultures sont souvent le lieu de fortes contaminations du fait d'une méconnaissance de la pollution des eaux ou des sols sous-jacents. L'étude présentée ici essaye d'établir des relations entre la pollution des eaux d'irrigation et des sols et l'incorporation de ces métaux par des plantes de grande consommation. L'étude a porté sur trois sites proches de Cotonou (Bénin) avec le suivi des teneurs en cadmium, plomb et arsenic dans huit végétaux de grande consommation : l'amarante, la carotte, la laitue, les épinards, l'oignon vert, le chou, la corète potagère⁽¹⁾ et la morelle noire⁽²⁾. Les valeurs de concentrations déterminées sur chacun des trois sols étudiés montrent des teneurs en plomb variables (de 5 ppm⁽³⁾ pour le sol d'Aplahoue jusqu'à 50 ppm pour celui de Houeyiho), tandis que celles en arsenic sont proches d'un site à l'autre et extrêmement élevées (entre 100 et 150 ppm). Dans le cas des eaux d'irrigation, la contamination à l'arsenic est encore plus fortement marquée. Les concentrations mesurées sur les sites d'étude sont en effet comprises entre 277 ppm et 562 ppm. Ces fortes teneurs se retrouvent dans les végétaux cultivés.

Ainsi, quels que soient le site et les légumes pris en compte, les concentrations en arsenic sont extrêmement importantes. Les valeurs les plus basses mesurées l'ont été pour l'amarante (177 ppm), tandis que les plus fortes correspondent à un échantillon d'oignon vert (358 ppm). Les concentrations en cadmium dans les plantes sont beaucoup plus faibles (voisines ou inférieures à 1 ppm). La plus grande variabilité est observée pour le plomb avec des concentrations mesurées très faibles (1 ppm) pour la carotte et six fois plus élevées pour le chou. Ceci pourrait s'expliquer notamment par le fait que les contaminations en plomb sont souvent aériennes et affectent ainsi plus facilement les plantes à feuilles.

Commentaire

Ce travail a le mérite de s'intéresser à une problématique dans un territoire qui n'est que très rarement étudié. En effet, peu d'études et de résultats sont présents sur la pollution de ce secteur de l'Afrique (1,2). Or, encore plus que les pays industrialisés, ces territoires sont de plus en plus confrontés à des crises majeures, notamment alimentaires et de ce fait, on voit exploser le nombre de cultures individuelles afin de répondre aux besoins alimentaires. En cela cette étude est extrêmement intéressante et pertinente. Malheureusement, un certain nombre d'imprécisions vient entacher ce travail. Ainsi, sur les aspects méthodologiques, aucune information n'est donnée concernant le choix des sites (pourquoi sept échantillons de sols ? Quelles sont leurs répartitions ?) ou les protocoles mis en œuvre pour la préparation des échantillons et le dosage des métaux.

Or de nombreux artefacts peuvent apparaître en fonction de la méthodologie appliquée. Il aurait été pertinent de préciser ces éléments d'information. Aucune donnée n'est ainsi présentée sur les caractéristiques des sols. Il aurait été notamment important d'avoir des informations sur des données aussi simple que le pH des sols. La mobilité des métaux et leur biodisponibilité dépendent grandement de ce paramètre. De la même manière sur les analyses des végétaux, une seule valeur est mentionnée par site. S'agit-il d'une valeur moyenne ? D'un échantillon pris au hasard sur un site ? La question de la variabilité n'est absolument pas abordée. Or, dans le cas d'étude sur les plantes ce paramètre est primordial et devrait être systématiquement pris en compte.

Transfert d'éléments traces métalliques du sol vers des légumes cultivés à proximité d'une usine de production de plomb dans la région de Baia Mare (Roumanie)

Mihali C, Michnea A, Oprea G, Gogoasa I, Pop C, Senila M, Grigor L. Trace element transfer from soil to vegetables around the lead smelter in Baia Mare, NW Romania. *J Food Agr Environ* 2012;10 (1):828-34.

Résumé

Le transfert des éléments polluants, et notamment des métaux lourds fait partie des préoccupations majeures de santé publique. Les travaux menés dans le cadre de cette étude s'inscrivent directement dans cette préoccupation. Ils ont en effet pour objectif de déterminer le facteur de transfert⁽⁴⁾, pour différentes plantes communément cultivées dans les jardins potagers. Ces jardins se situent en milieu urbain, dans la ville de Baia Mare (Roumanie), à proximité immédiate d'une usine de production de plomb : Romplumb. Huit espèces ont ainsi été étudiées : des carottes, des oignons, de l'ail, du chou, de l'aneth, du persil, de la laitue, ainsi que des haricots verts. Pour chacun des échantillons, le dosage de la concentration en éléments contaminants (As, Cu, Zn, Cd, Pb, Ni, Co) a été réalisé. Un échantillonnage ainsi qu'une analyse des sols de culture ont également été réalisés. Les échantillons ont été séchés avant d'être broyés puis minéralisés. Les résultats obtenus mettent en évidence une diminution de concentration en fonction des éléments étudiés selon la gradation suivante : Pb>Zn>Cu>Cd>As>Ni>Co. Le calcul des facteurs de transfert met quant à lui une répartition différente des éléments : Cd>Ni>Zn>Co>Cu>Pb. Une grande disparité est en outre observée entre les espèces végétales étudiées lors du calcul du facteur de transfert. Ainsi dans le cas du cadmium par exemple, la valeur déterminée pour des échantillons de salade est de 0,066, tandis qu'elle est de 0,375 pour les échantillons de carottes. À l'inverse, dans le cas de contamination par l'arsenic, le facteur de transfert pour les échantillons de salade est le plus important avec une valeur de 0,013. Il n'est par contre que de 0,004 pour les haricots verts. Une analyse statistique a été réalisée en vue d'établir des corrélations entre ces diverses valeurs de facteurs de transfert. Il a ainsi été possible de mettre en évidence une corrélation positive pour les facteurs de transfert du cuivre et du plomb (0,881), du cuivre et du zinc (0,602), ainsi que du plomb et du zinc

(0,47) ce qui met en évidence des comportements similaires de biodisponibilité⁽⁵⁾ de ces métaux. De l'ensemble de ces travaux, les auteurs préconisent d'éviter la culture et la consommation de plantes telles que le persil, l'aneth, le chou et les carottes.

Commentaire

Cette étude présente tout un jeu de données sur les interactions entre un substrat contaminé et des cultures végétales. Il contribue ainsi à apporter des éléments d'information quant au transfert potentiel de métaux lourds vers des plantes et les risques inhérents lors de la consommation de celles-ci. La méthodologie mise en œuvre dans cette étude est clairement exposée et pertinente, tout comme le traitement des données obtenues. Ainsi, le choix de présenter les résultats sous la forme de dendogrammes⁽⁶⁾ est très judicieux. Il est en effet possible de mettre aisément en évidence des corrélations entre les différentes espèces végétales. À partir de l'ensemble des résultats, les auteurs arrivent à des recommandations en termes de choix de cultures en précisant les plantes à éviter en fonction des métaux considérés. Cet article se positionne en cela comme une aide à la décision importante pour les collectivités en charge de la gestion de sites contaminés. Cependant, ce travail aurait gagné en profondeur s'il avait été possible d'accéder à certaines autres informations. Ainsi le substrat, la minéralogie ou la chimie globale ne sont pas mentionnées. Or, ces données sont fondamentales pour pouvoir estimer la spéciation des métaux dans les sols, et ainsi pouvoir en déduire une mobilité potentielle et une disponibilité. De la même manière, le nombre d'échantillons mis en œuvre paraît très faible et insuffisant (entre 3 et 8 selon l'espèce considérée) pour pouvoir avoir une réelle étude statistique. Les valeurs présentées sont d'ailleurs des moyennes sans que l'on puisse connaître la variabilité de celles-ci.

Risque sanitaire lié à la présence de métaux lourds dans des cultures vivrières présentes sur des sols récupérés dans l'estuaire de la rivière des Perles, (Chine)

Li QS, Chen Y, Fu HB, Cui ZH, Shi L, Wang L, Liu ZF. Health risk of heavy metals in food crops grown on reclaimed tidal flat soil in the Pearl River Estuary, China. *J Hazard Mater* 2012;227-228:148-54.

Résumé

L'étude présentée porte sur l'évaluation des risques liés à la contamination par des métaux lourds. Elle a été menée en Chine, pays où plus de 10 millions d'hectares de zones estuariennes ont été reconvertis en terres agricoles. Or, un grand nombre de ces terres ont été contaminées notamment par des métaux lourds. Une caractérisation chimique des sols a été réalisée, avec notamment la détermination de la spéciation des métaux lourds (Cd, Zn, Pb, Cu, Cr et Ni) dans les horizons de surface et le suivi des concentrations de ces métaux en fonction de la profondeur. Par ailleurs, des analyses élémentaires ont également été réalisées sur différents types de végétaux : huit fruits, douze légumes (2 à fleurs, 10 à feuilles, 2 racines) ainsi qu'un échantillon de riz. Pour

chacun de ces échantillons, un facteur d'accumulation ainsi qu'un index de risque sanitaire⁽⁷⁾ ont été déterminés. Les résultats mettent en évidence une très forte contamination des premiers centimètres de profondeur de sol par le zinc (210 mg kg⁻¹), le chrome (112 mg kg⁻¹) et dans une moindre mesure le nickel et le plomb (respectivement 40 mg kg⁻¹ et 49 mg kg⁻¹). Ces métaux se retrouvent dans la plupart des végétaux à des teneurs toutefois relativement faibles, excepté pour le zinc qui est présent à des valeurs supérieures à 1 ppm. Une exception existe cependant pour le riz. En effet, cette plante semble accumuler les métaux lourds. Quel que soit le métal étudié, les analyses réalisées montrent en effet des concentrations largement supérieures à celles observées pour les autres végétaux. Si l'on considère la biodisponibilité des métaux, on remarque que les facteurs d'accumulation sont plus importants pour le cadmium que pour les autres métaux, et cela quelle que soit l'espèce végétale considérée. Ceci pourrait s'expliquer par le fait que le cadmium présente dans ces sols la fraction échangeable la plus importante (plus de 20 %). Le calcul de l'index des risques en s'appuyant sur la consommation quotidienne de chacune des espèces végétales étudiées met en évidence d'importante disparité en fonction du type de végétal, mais aussi du métal. Ainsi, pour le chrome par exemple, cet index est quasi nul, tandis que les valeurs les plus fortes sont présentes dans le cas du cadmium. Si l'on considère chaque espèce indépendamment, cette étude montre que le riz est la plante qui présente le plus fort index pour les six métaux étudiés avec des valeurs jusqu'à cent fois supérieures à celles calculées pour les autres espèces végétales.

Commentaire

Il s'agit là d'une étude extrêmement complète et bien structurée. Les auteurs ont en effet pris soin de ne pas se focaliser uniquement sur la détermination des concentrations en métaux lourds dans certains fruits et légumes. Une partie « amont » sur la répartition des métaux dans le sol, tant d'un point de vue spatial (avec la réalisation de profil géochimique) que chimique (avec une étude de la spéciation) a ainsi été menée. De plus un aspect plus « aval » et portant sur les risques liés à l'ingestion de ces végétaux en prenant en considération les quantités couramment absorbées vient compléter cette étude. En outre, le fait de travailler à la fois sur un grand nombre d'espèces végétales (21) mais également d'échantillons (entre 5 et 90 selon l'espèce considérée) permet d'obtenir une très bonne statistique et de valider l'ensemble des résultats obtenus. Cependant, il aurait été intéressant de mieux connaître le site d'étude. Il est fait mention dans cet article de 26 villages, mais sans plus de précisions ; aucune carte de localisation géographique n'est par exemple disponible dans l'article. Par ailleurs, le fait de travailler sur un territoire aussi vaste peut avoir des conséquences sur les valeurs mentionnées. Celles-ci sont en effet des moyennes, or il aurait été extrêmement pertinent d'avoir une idée de la répartition des métaux au sein de ces sites.

CONCLUSION GÉNÉRALE

Les trois articles présentés correspondent principalement à des cas d'étude, et mettent en évidence des transferts très importants entre le sol de culture et les plantes s'y développant. Quels que soient l'élément polluant et le type de plante cultivé, on observe en effet des concentrations importantes en métaux lourds dans les cultures. Il reste néanmoins que le déterminisme du passage des métaux dans les végétaux est encore ici très peu documenté. Le risque pour les populations cultivant et surtout consommant ces plantes reste cependant clairement identifié. Cela est d'autant plus important pour certaines cultures spécifiques. Les papiers présentés ici semblent montrer que les plantes possédant un fort feuillage sont beaucoup plus impactées que les cultures racinaires, une grande partie de la contamination s'effectuant en effet par le biais des eaux d'irrigation. De plus, lorsque la mobilité des métaux avec la profondeur est faible, les premiers centimètres de sol se retrouvent enrichis en métaux et on peut y trouver les concentrations en métaux disponibles les plus importantes. En outre, la consommation de certaines cultures semble présenter un risque accru. Il en va ainsi notamment du riz dont les quantités consommées dans certaines régions sont très importantes, et qui possède des facteurs d'enrichissement en métaux marqués. Même si une prise en compte de ces problématiques apparaît, le traitement de celles-ci risque cependant de s'avérer extrêmement délicat.

Lexique

- (1) Corète potagère : plante herbacée de la famille des Tiliaceae dont les feuilles sont couramment consommées dans le sud de l'Europe et en Afrique.
- (2) Morelle noire : plante herbacée de la famille des Solanacées dont on consomme les fruits et les feuilles.
- (3) ppm : partie par million. Correspond à une concentration en mg kg⁻¹
- (4) Facteur de transfert : valeur correspondant au ratio entre la concentration en un élément dans la plante et la concentration en ce même élément dans le sol
- (5) Biodisponibilité : proportion d'une substance assimilable par un organisme vivant.
- (6) Dendrogramme : diagramme utilisé pour illustrer l'arrangement de groupes possédant une hiérarchisation.
- (7) Index de risque sanitaire : valeur mettant en relation les teneurs en métaux dans un aliment et sa quantité journalière consommée

Publications de référence

- (1) **Ihenyen AE**. A comparative study of Pb, Cu, and Cr in roadside sediments in metropolitan Lagos and Benin city, Nigeria. *Environ Int* 1992;**18** (1):103-05.
- (2) **Ademoroti CMA**. Levels of heavy metals on bark and fruit of trees in Benin City, Nigeria. *Environ Pollut* 1986;**11** (4):241-53.

Conflits d'intérêts

Les auteurs déclarent :

- n'avoir aucun conflit d'intérêt ;
 avoir un ou plusieurs conflits d'intérêt.