



**HAL**  
open science

## Test non physiologique pour la mesure de la bioaccessibilité des métaux dans les sols, comparaison avec la méthode BARGE

Barbara Le Bot, Philippe Glorennec, Sébastien Denys

### ► To cite this version:

Barbara Le Bot, Philippe Glorennec, Sébastien Denys. Test non physiologique pour la mesure de la bioaccessibilité des métaux dans les sols, comparaison avec la méthode BARGE. 3. Rencontres nationales de la recherche sur les sites et sols pollués, Nov 2014, Paris, France. ineris-01862489

**HAL Id: ineris-01862489**

**<https://ineris.hal.science/ineris-01862489>**

Submitted on 27 Aug 2018

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

# Test non physiologique pour la mesure de la bioaccessibilité des métaux dans les sols, comparaison avec la méthode BARGE

Barbara LE BOT\*1,2,3, Philippe GLORENNEC 1,2, Sébastien DENYS 4

1 Ecole des Hautes Etudes en Santé Publique, Rennes, France, barbara.lebot@ehesp.fr.

2 Inserm UMR 1085 - IRSET, Rennes, France, philippe.glorennec@ehesp.fr.

3 Laboratoire d'Etude et de Recherches sur L'Environnement et la Santé, Rennes, France.

4 Ineris, Parc Technologique ALATA, BP 2, 60550 INERIS, France, sebastien.denys@anses.fr.

\* contact : barbara.lebot@ehesp.fr

## Résumé

Les enfants sont exposés aux métaux via le sol par ingestion non intentionnelle de part leurs nombreux contacts main-bouche. Afin de mieux évaluer cette exposition, la mesure de bioaccessibilité orale permet d'estimer la concentration des métaux qui sera solubilisée dans le tube digestif du corps humain. La méthode UBM (Unified Barge Method ; BioAccessibility Research Group in Europe) simule la digestion dans l'estomac et l'intestin (phase gastrique ou gastro-intestinale). Cette méthode a fait l'objet d'une validation *in vivo* pour l'As, le Cd et le Pb, mais à l'inconvénient d'être lourde à mettre en oeuvre. Une méthode plus simple, rapide et donc moins onéreuse a été développée pour évaluer la fraction dite « acido-soluble » avec un objectif d'analyse en routine. Elle consiste, en complément de la minéralisation totale, en une minéralisation du même échantillon à 37°C à l'acide chlorhydrique. Des mesures de plomb, cadmium et arsenic ont été réalisées selon cette nouvelle méthode et la méthode BARGE sur dix échantillons de sols. Les coefficients de corrélation linéaires supérieurs à 0,99 pour le plomb et le cadmium, et supérieur à 0,82 pour l'arsenic, tandis que les pentes des relations sont respectivement de 1,08, 1,04 et 0,86 pour le plomb, le cadmium et l'arsenic, respectivement. Ces premiers résultats sont prometteurs et méritent d'être confortés sur un plus grand nombre d'échantillons de composition et contamination variées. Une méthode de routine permettrait en effet une meilleure évaluation des expositions.

## Introduction

L'exposition aux métaux dont le plomb, notamment via le sol ou les poussières, dépendent du potentiel d'absorption de ces matrices vers le compartiment sanguin (plomb biodisponible). Il dépend de la spéciation chimique, de la teneur en matière organique de la matrice, et de la taille des particules.

Dans un contexte industriel et gestion du risque, la prise en compte de la biodisponibilité des métaux est pertinente [1], particulièrement pour le plomb [2;3 ;4]. Sa mesure chez l'homme est difficilement envisageable et reste délicate chez l'animal en termes éthique et économique [5]. C'est pourquoi des tests *in vitro* se sont développés pour mesurer la bioaccessibilité, « proxy » de la biodisponibilité. La bioaccessibilité est une mesure de la quantité de contaminant mobilisable par le corps humain. Cette alternative pratique à la mesure de la biodisponibilité est couramment employée pour la mesure de l'exposition aux sols pollués [6].

Plusieurs méthodes, notamment le test UBM (Unified barge Method) [7;8], ont été mises au point en Europe pour simuler la digestion dans l'estomac et l'intestin. Le test UBM a été validé sur des échantillons de sols, pour le plomb, l'arsenic et le cadmium, par le biais de mesure de biodisponibilité relative menée *in vivo* [8]. Il a été démontré que la bioaccessibilité, telle que mesurée par

le test UBM (phase gastrique et/ou intestinale) permet de mieux estimer l'exposition réelle aux trois éléments précités, que leurs teneurs totales dans les sols.

En parallèle, en environnement intérieur, la France utilise la mesure du plomb acido-soluble [9] dans son dispositif réglementaire de lutte contre le saturnisme infantile. La mesure du plomb acido-soluble est un test non physiologique qui ne reproduit pas exactement les conditions de digestion humaine mais présente l'avantage d'être simple, reproductible, peu coûteux et donc plus facile à mettre en œuvre en routine. Elle a été mise en œuvre dans le cadre d'une étude nationale sur les teneurs en plomb et autres métaux dans les poussières des logements et sol des aires de jeu des jeunes enfants en France [10;11]. Le test de la fraction acido-soluble a été développé pour d'autres métaux sans pour autant avoir été validé par des mesures in vivo [12]. Nous avons comparé les tests UBM et acido-soluble sur 10 échantillons de sol afin d'évaluer la pertinence de mener une comparaison plus poussée.

## **Matériel et méthodes**

Echantillons de sol : 10 échantillons de sol ont été choisis pour leurs concentrations variables en plomb. Ils proviennent de jardins situés dans un contexte minier en Bretagne. Ils ont été broyés et tamisés à 250 µm avant dosage.

Méthode gastrique UBM : Une solution gastrique de 13,5 mL (pH 1.0) est ajoutée à la suspension de sol. Le pH de la solution est ajusté à 1,2 à l'aide d'HCl (concentration : 37% g/g). Après agitation, le pH est vérifié et ajusté à l'HCl entre 1,2 et 1,7 si nécessaire. La phase stomacale subit une extraction par centrifugation à 3 000g pendant 5 minutes et la concentration de l'élément est déterminée dans le surnageant, permettant d'obtenir la concentration dans la phase gastrique. La concentration pour chaque élément est mesurée par une torche à plasma couplé à un spectromètre d'émission (ICP-OES). Les incertitudes moyennes estimées sur la méthode UBM mise en œuvre pour cette étude est de 25% pour plomb, 19% pour Cd, 35 % pour As.

Méthode acido-soluble : Une prise d'essai de 0,03 g de sol est ajoutée à 25 ml d'eau ultra-pure acidifiée à 0.65 % HCl. Après homogénéisation des échantillons aux ultrasons, la digestion est réalisée dans un four graphite pendant 1h à 37 °C. Après refroidissement les échantillons sont filtrés et la fraction acido-soluble est analysée par une torche à plasma couplé à un spectromètre de masse (ICP-MS). Les incertitudes moyennes estimées sur la méthode acido-soluble mise en œuvre pour cette étude est de 7% pour plomb, 4% pour Cd, 8% pour As.

Les conditions de pH du test acido-soluble sont proches de celles définies dans la phase gastrique du test UBM. La fraction gastrique du test UBM est l'étape déterminante sur la digestion de l'échantillon et est considérée ici pour l'étude des corrélations.

## **Résultats et discussion**

Pour chaque élément plomb, cadmium et arsenic, les relations linéaires entre les concentrations mesurées selon les méthodes bioaccessible (UBM) et acido-soluble sont présentées sur les figures 1 à 3. Pour le plomb et le cadmium, les mesures réalisées par la méthode acido-soluble et le test UBM sont très proches. Pour ces deux éléments, les pentes des corrélations sont quasiment égales à 1 et les  $R^2$  à 0,99. Concernant l'arsenic, les mesures réalisées par la méthode acido-soluble et le test UBM sont moins bien corrélées ( $R^2 = 0,82$ ) et la pente de la droite de corrélation est inférieure à 1.

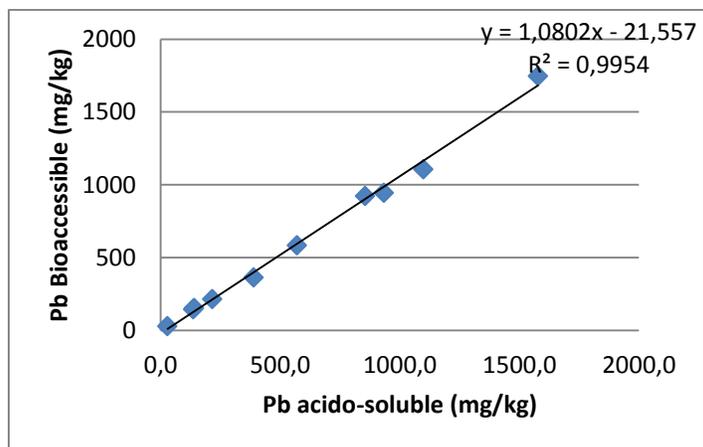


Figure 1. Relation linéaire entre le Pb bioaccessible et le Pb acido-soluble.

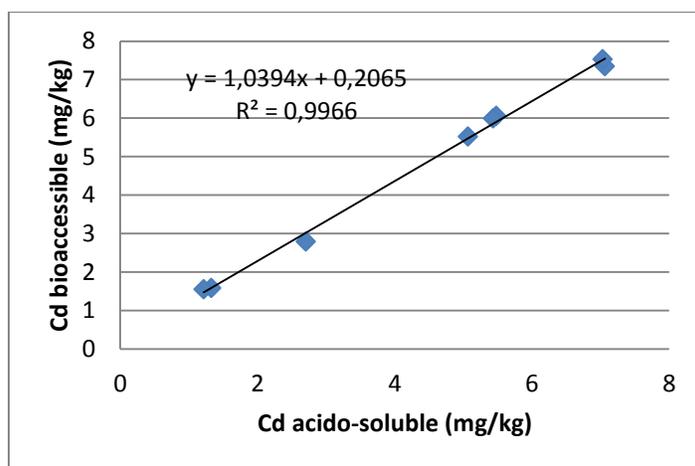


Figure 2. Relation linéaire entre le Cd bioaccessible et le Cd acido-soluble

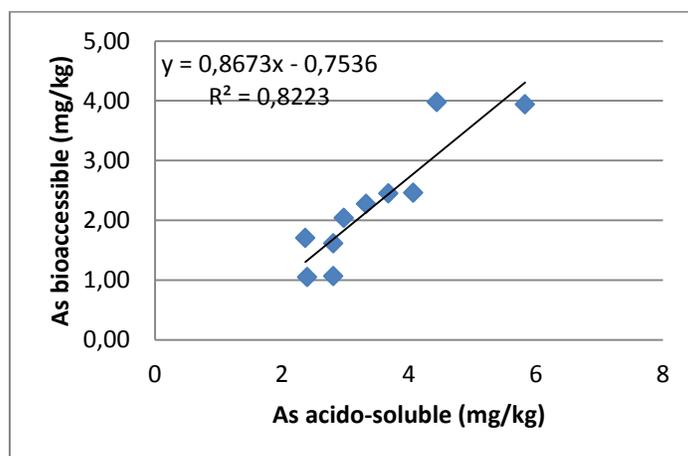


Figure 3. Relation linéaire entre l'As bioaccessible et l'As acido-soluble

## Conclusions et perspectives

Les mesures faites selon les deux méthodes sur 10 échantillons sont très corrélées voire quasi équivalentes pour le plomb et le cadmium. Des observations sur un plus grand nombre d'échantillons mériteraient d'être conduites avec un plus grand nombre d'échantillons, une plus grande variété de type de sols et de concentrations en métaux et métalloïdes. Elles permettraient de discuter d'une utilisation en routine de la méthode acido-soluble pour une meilleure évaluation des expositions et donc gestion des risques liés aux sites et sols pollués.

## Remerciements

Cette partie du projet a été financée par les ministères de la santé, et sur fonds propres de l'EHESP. Les auteurs remercient la CIRE Ouest pour la mise à disposition des échantillons.

## Références

- [1] Luthy R., Allen-King R., Brown S., Dzombak D., Fendorf S., Giesy J., et al. (2003). Bioavailability of contaminants in soil and sediments. Processes, tools and applications. Washington: National Research Council.
- [2] Technical Review Workgroup for Lead (TRW). IEUBK model bioavailability variable. <http://www.epa.gov/superfund/programs/lead/products/sspbbioc.pdf> (1999 October) [cited 2004 May 7] ; EPA 540-F-00-006:1-5.
- [3] Maddaloni M., Lolocono N., Manton W., Blum C., Drexler J., Graziano J. (1998). Bioavailability of soilborne lead in adults, by stable isotope dilution. *Environmental Health Perspectives*, 106 Suppl 6:1589-94.
- [4] Glorennec, P. & Declercq, C. (2007). Performance of several decision support tools for determining the need for systematic screening of childhood lead poisoning around industrial sites. *European Journal Public Health* 17, 47-52.
- [5] Saikai S., Barnes B., Westwood D. (2007). A review of laboratory results for bioaccessibility values of arsenic, lead and nickel in contaminated UK soils. *Journal of Environmental Science and Health Part A*, 42:1213-21.
- [6] Denys S., Caboche J., Tack K., Delalain P. (2007). Bioaccessibility of lead in high carbonate soils. *Journal of environmental science and health., Toxic hazardous substances and environmental engineering*, Jul 15;42(9):1331-9.
- [7] Wragg J., Cave M., Basta N., Brandon E., Casteel S., Denys S., et al. (2011). An inter-laboratory trial of the unified BARGE bioaccessibility method for arsenic, cadmium and lead in soil. *Science of Total Environment*, Sep 1;409(19):4016-30.
- [8] Denys S., Caboche J., Tack K., Rychen G., Wragg J., Cave M., et al. (2012). In Vivo Validation of the Unified BARGE Method to Assess the Bioaccessibility of Arsenic, Antimony, Cadmium, and Lead in Soils. *Environmental Science & Technology* 46 (11), pp 6252–6260
- [9] Agence française de normalisation (AFNOR), (2008) [Standard. Lead diagnosis - chemical analysis of paints for soluble in acid fraction]. Norme. Diagnostic plomb - Analyse chimique des peintures pour la recherche de la fraction acido-soluble du plomb. Paris, France: *Agence française de normalisation*. <http://www.afnor.org/>; Apr. Report No.: NF X-46-031.
- [10] Glorennec P., Lucas J.P., Mandin C., Le Bot B. (2012). French children's exposure to metals via ingestion of indoor dust, outdoor playground dust and soil: Contamination data. *Environment International*, 45:129-34.
- [11] Lucas J.P., Le Bot B., Glorennec P., Etchevers A., Bretin P., Douay F., et al. (2012). Lead contamination in French children's homes and environment. *Environmental Research*, 116:58-65.
- [12] Le Bot B., Gilles E., Durand S., Glorennec P. (2010). Bioaccessible and quasi-total metals in soil and indoor dust. *European Journal of Mineralogy* 22 (5) :651-7.