



**HAL**  
open science

## Validation d'un test de mesure de la bioaccessibilité des éléments traces métalliques dans les sols pollués

Sébastien Denys, Karine Tack, Julien Caboche

### ► To cite this version:

Sébastien Denys, Karine Tack, Julien Caboche. Validation d'un test de mesure de la bioaccessibilité des éléments traces métalliques dans les sols pollués. Rapport Scientifique INERIS, 2009, 2008-2009, pp.45-47. ineris-01869245

**HAL Id: ineris-01869245**

**<https://ineris.hal.science/ineris-01869245>**

Submitted on 6 Sep 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.

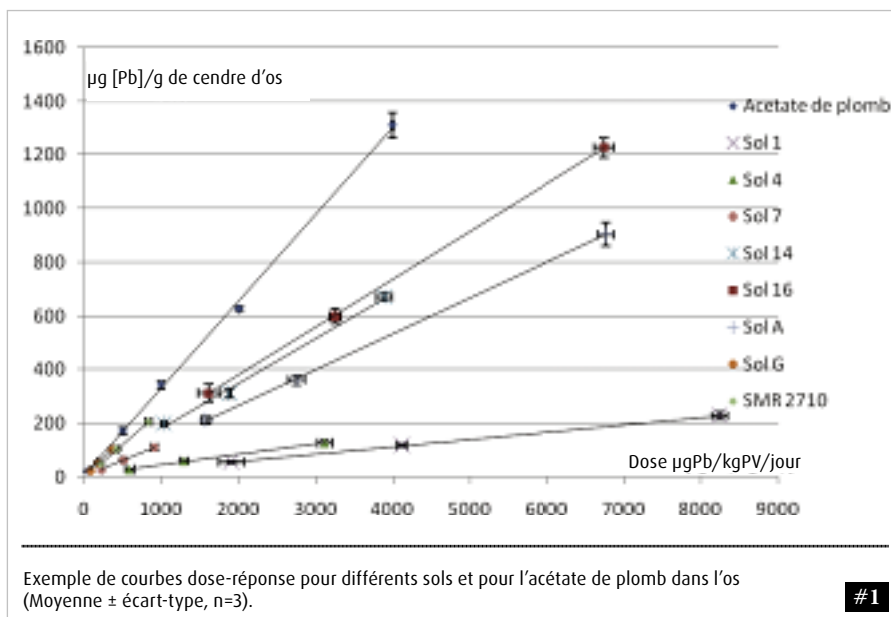
# Validation d'un test de mesure de la bioaccessibilité des éléments traces métalliques dans les sols pollués

{ S. Denys, K. Tack, J. Caboche }

Les activités industrielles ont généré une accumulation des éléments traces métalliques (ETM) dans les sols qui, pour certains d'entre eux, sont toxiques pour l'homme. La gestion des sites et sols pollués repose sur l'évaluation des expositions à ces éléments. Le retour d'expérience montre que les voies d'exposition directe et notamment l'ingestion de terre pour les enfants engendrent les niveaux de risque les plus élevés. Toutefois, la pratique courante du calcul d'exposition et du risque se fonde sur la concentration totale d'un polluant dans un sol. Il a cependant été démontré que seule la fraction biodisponible de ce contaminant est susceptible d'induire un effet toxique. Cette fraction correspond à la dose de contaminant ingérée qui traverse l'épithélium intestinal et peut être distribuée aux tissus et organes cibles. Ainsi la pratique actuelle tend à surestimer la dose à laquelle les cibles sont exposées. Divers protocoles *in vitro* permettant d'approcher de façon simplifiée la biodisponibilité ont été développés ces dernières années. Ces derniers proposent une estimation de la fraction de contaminant extraite par les fluides digestifs (fraction bioaccessible). Au vu des nombreux protocoles publiés, le groupe BARGE (« Bioaccessibility Research Group Europe ») fédération d'instituts et de laboratoires impliqués en évaluation de risque a proposé un protocole unique. Toutefois, en vue d'une application large et en routine de ce protocole, il est nécessaire de le valider.

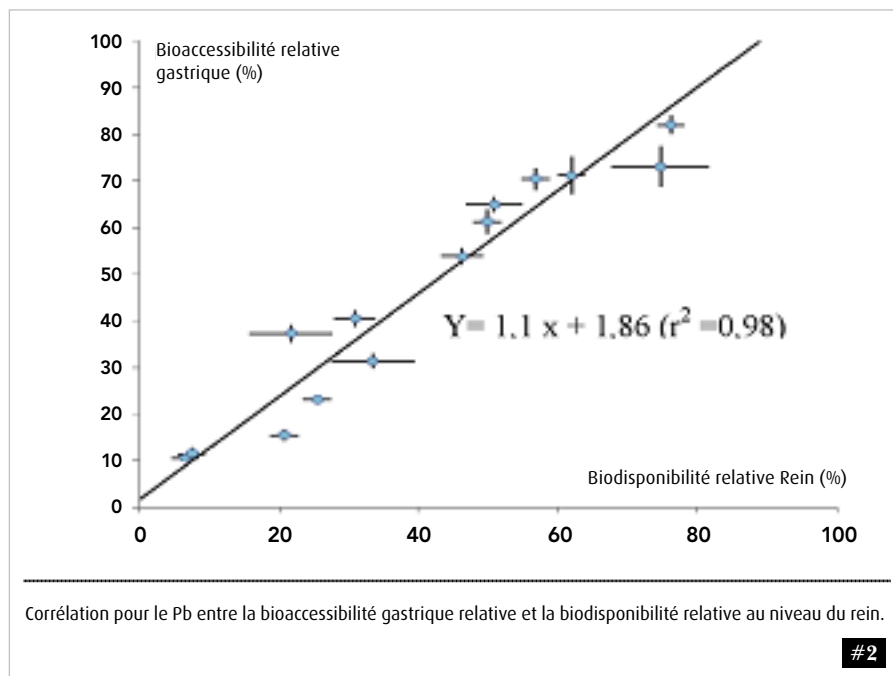
## Objectif de l'étude

Nos travaux ont eu pour objet de démontrer la pertinence d'utiliser le test *in vitro* UBM (Unified Barge Method) pour affiner la connaissance de l'exposition. Pour cela, il a été proposé de valider la méthode de mesure de bioaccessibilité par des données de biodisponibilité.



Exemple de courbes dose-réponse pour différents sols et pour l'acétate de plomb dans l'os (Moyenne ± écart-type, n=3).

#1



### Matériels et méthodes

La démarche développée pour atteindre cet objectif a été d'échantillonner des sols présentant des historiques de contamination différents et des caractéristiques physico-chimiques les plus contrastées possibles afin d'avoir une large variation des valeurs de biodisponibilité pour chacun des ETM. Seize sols en provenance de trois sites ont été échantillonnés à la surface du sol. Sur deux sites, des apports anthropiques, liés à des activités d'extraction et de traitement de minerais, se superposaient à une anomalie géochimique. Les sols du troisième site ont été contaminés par des dépôts de particules en provenance d'une fonderie.

La biodisponibilité des ETM dans les sols a été évaluée sur des porcelets dont les caractéristiques du système digestif sont proches de celui de l'homme. Pour chaque sol, trois doses (0,5 ; 1 et 2 g) ont été administrées par voie orale aux porcelets, à jeun, quotidiennement et pendant 14 jours. En parallèle et selon le même protocole, les porcelets ont été exposés à des formes de référence (totalement soluble) de chaque ETM. Finalement, les concentrations en ETM ont été mesurées par ICP-MS dans les urines, les reins, le foie

et l'os. La biodisponibilité relative de chaque ETM, pour chaque sol, est calculée comme étant le ratio des pentes des courbes dose-réponse obtenues (figure 1), pour un sol donné et la forme de référence au sein du même compartiment.

Le test UBM repose sur des extractions successives à l'aide de solutions digestives synthétiques simulant les processus physiques et chimiques de la bouche, l'estomac et l'intestin grêle. Le test BARGE unifié permet ainsi d'estimer une bioaccessibilité gastrique et gastro-intestinale. Dans la mesure où la bioaccessibilité est une étape limitante dans le processus de biodisponibilité, une corrélation linéaire doit être obtenue entre les deux paramètres.

### Résultats et discussions

Les résultats montrent que la biodisponibilité relative est très variable en fonction des sols pour le plomb (8 % à 82 %), le cadmium (12 % à 91 %) et l'arsenic (3 % à 78 %). Pour l'antimoine, les valeurs de biodisponibilité relative et de bioaccessibilité relative sont très faibles indépendamment des caractéristiques variées des sols utilisés (valeurs < 20 %) et ainsi ne permettent pas d'obtenir une corréla-

tion linéaire robuste sur une large gamme de valeurs. Pour les trois autres contaminants, les comparaisons entre les données *in vivo* et *in vitro* ont démontré que la biodisponibilité relative et la bioaccessibilité relative dans les deux phases du test étaient linéairement corrélées pour des gammes de valeurs très étendues. De plus, les résultats montrent que les corrélations obtenues sont hautement significatives ( $r^2 > 0,9$ ) et pour chaque corrélation une pente non significativement différente de 1 est obtenue ce qui valide le postulat initial de l'effet limitant de la bioaccessibilité dans l'exposition aux ETM du sol (figure 2). Les différences de biodisponibilité entre un contaminant présent dans la matrice sol et un contaminant présent sous une forme soluble peuvent être estimées par les différences de bioaccessibilité de l'élément au sein de ces matrices. Ainsi, l'étude confirme que la bioaccessibilité permet une bonne estimation de la biodisponibilité. Actuellement, le test UBM est le seul test *in vitro* validé par des données *in vivo* pour plusieurs ETM.

### Conclusions et perspectives

L'étude démontre que la biodisponibilité des ETM dans les sols peut être très variable d'un sol à un autre et d'un contaminant à un autre. De plus, les résultats démontrent que la concentration biodisponible peut être nettement inférieure à la concentration totale d'un ETM. Ceci met en évidence la nécessité d'aller au-delà de la simple mesure de la concentration totale d'un élément dans les sols afin d'en appréhender sa toxicité. D'où l'importance d'avoir une méthode validée, rapide et facile pour estimer la biodisponibilité des polluants dans les sols. Ainsi, les résultats de l'étude mettent en lumière que la phase gastrique et intestinale du test *in vitro* BARGE unifié peut fournir une alternative possible aux investigations *in vivo* afin de déterminer la biodisponibilité relative dans l'optique d'affiner la mesure des concentrations d'exposition par ingestion aux ETM présents dans les sols pollués.

### RÉFÉRENCES

- Denys S., Tack K., Caboche J., Delalain P., 2009. Bioaccessibility, Solid Phase Distribution, and Speciation of Sb in Soils and in Digestive Fluids. *Chemosphere*, 74(5) 711-716.
- Caboche J., Jondreville C., Tack K., Denys S., Rychen G., Feidt C., 2009. Tissue distribution of antimony (Sb) orally given graded levels of Sb (V). *Toxicological and Environmental Chemistry*; 91(2) 267-278.
- Denys S., Caboche J., Tack K., Delalain P., 2007. Bioaccessibility of lead in high carbonate soils. *Journal of Environmental Science and Health, Part A*. 42, 1331-1339.

### ABSTRACT

Industrial activities lead to contaminate environmental media such as soils. These later accumulate the pollutants such as heavy metal. Management of contaminated sites is based on the estimation of the Human exposure to these elements through either direct or indirect routes. In this context, soil ingestion is often considered, at least in residential areas, as a major exposure route driving the rehabilitation process. For this route, the exposure concentration is based on the total soil concentration of the elements whereas only a fraction of this concentration (the bioavailable fraction) is absorbed by the organism and is likely to exert a toxic effect. Thus estimation of the exposure from the total soil concentration is a conservative approach. These last years, numerous *in vitro* tests were developed to evaluate the bioavailability through the bioaccessibility, the fraction of the soil contaminant digested in the gastro-intestinal tract. The bioaccessibility research group of Europe (Barge) developed a unified protocol (UBM). INERIS conducted studies to assess the accuracy of this test regarding the physiological phenomenon. To achieve this goal, bioavailability of lead, cadmium, arsenic and antimony in different contaminated soils were measured in piglets used as surrogates of humans. Values were correlated to the *in vitro* bioaccessibility values measured by the UBM. Results showed that the bioavailability of antimony was very low and that no significant correlation was obtained for this element. Concerning the 3 other elements, bioavailability and bioaccessibility were highly correlated. These results demonstrate the accuracy of the UBM to improve the exposure assessment of humans to contaminated soils through the ingestion route.