

# Une méthode simplifiée pour estimer la bioaccessibilité orale des polluants métalliques dans les sols

**Aurélie Pelfrêne**

*Webinaire : Risques environnementaux & Reconversion des friches – 6 novembre 2020*

# Gestion des SSP

évaluation de l'impact des éléments métalliques pour l'Homme

Ingestion de particules de terre et poussières  
➤ voie majeure d'exposition pour les polluants métalliques non volatils

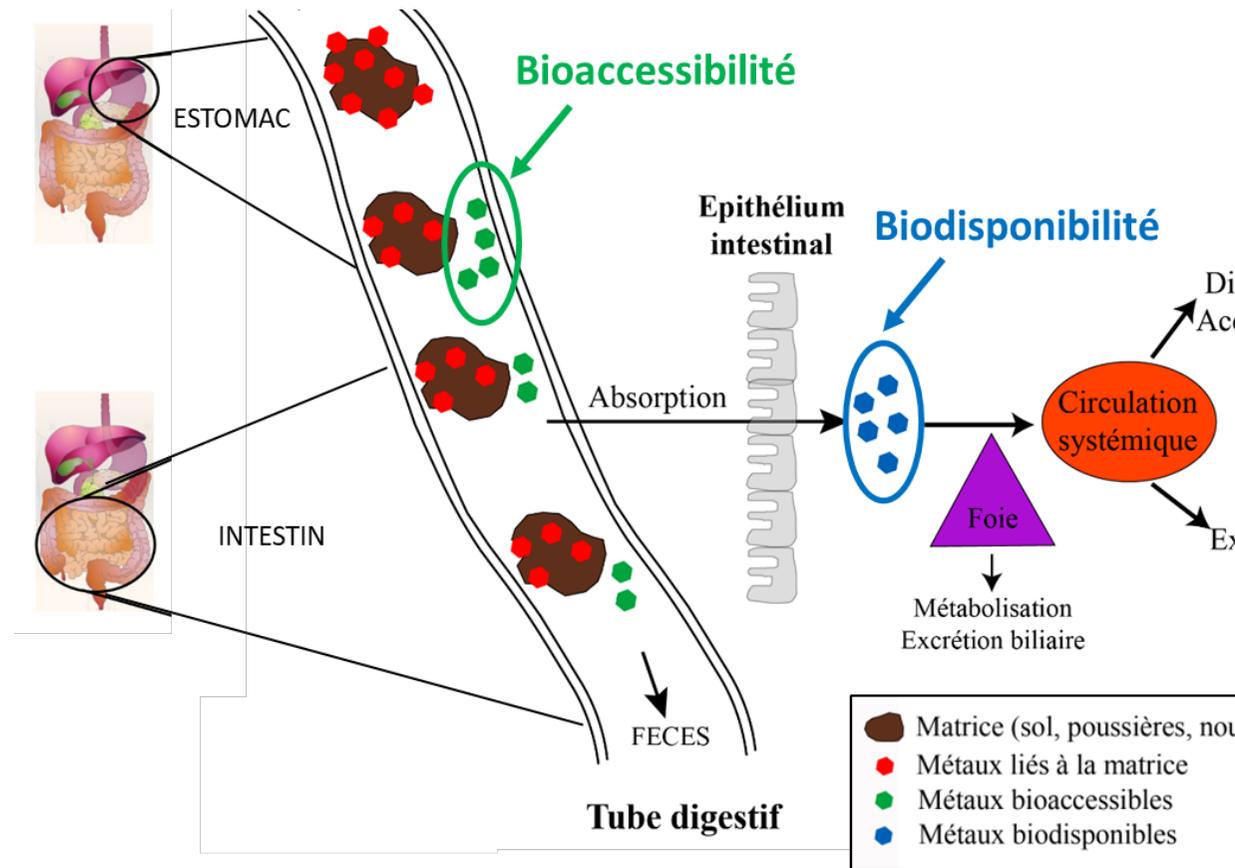
Modèles de risques actuels : prise en compte de valeurs par défaut pour estimer le % de polluants libérés qui passe dans l'organisme

➤ sur- ou sous-estimation potentielle des risques et des mesures de gestion

évaluation de la biodisponibilité par la mesure de **bioaccessibilité orale**

- Améliore le réalisme de l'évaluation de l'exposition
- Accroît la pertinence des calculs d'exposition

## DEVENIR DES ÉLÉMENTS MÉTALLIQUES APRÈS INGESTION DE PARTICULES DE TERRE



# Interprétation des tests de bioaccessibilité pour l'ERS

(tirée de la norme ISO 17924:2018)

-ce que le site présente un risque si des méthodes classiques (concentrations totales) sont utilisées ?

-ce que les données disponibles suggèrent que la biodisponibilité des métaux considérés est probablement moindre dans le sol que dans la matrice sur laquelle la VTR est construite ?  
(Information sur le type de source de contamination, le type de sol/matériau de sol)

-ce que l'ingestion de sol est considérée comme une voie d'exposition prépondérante ?

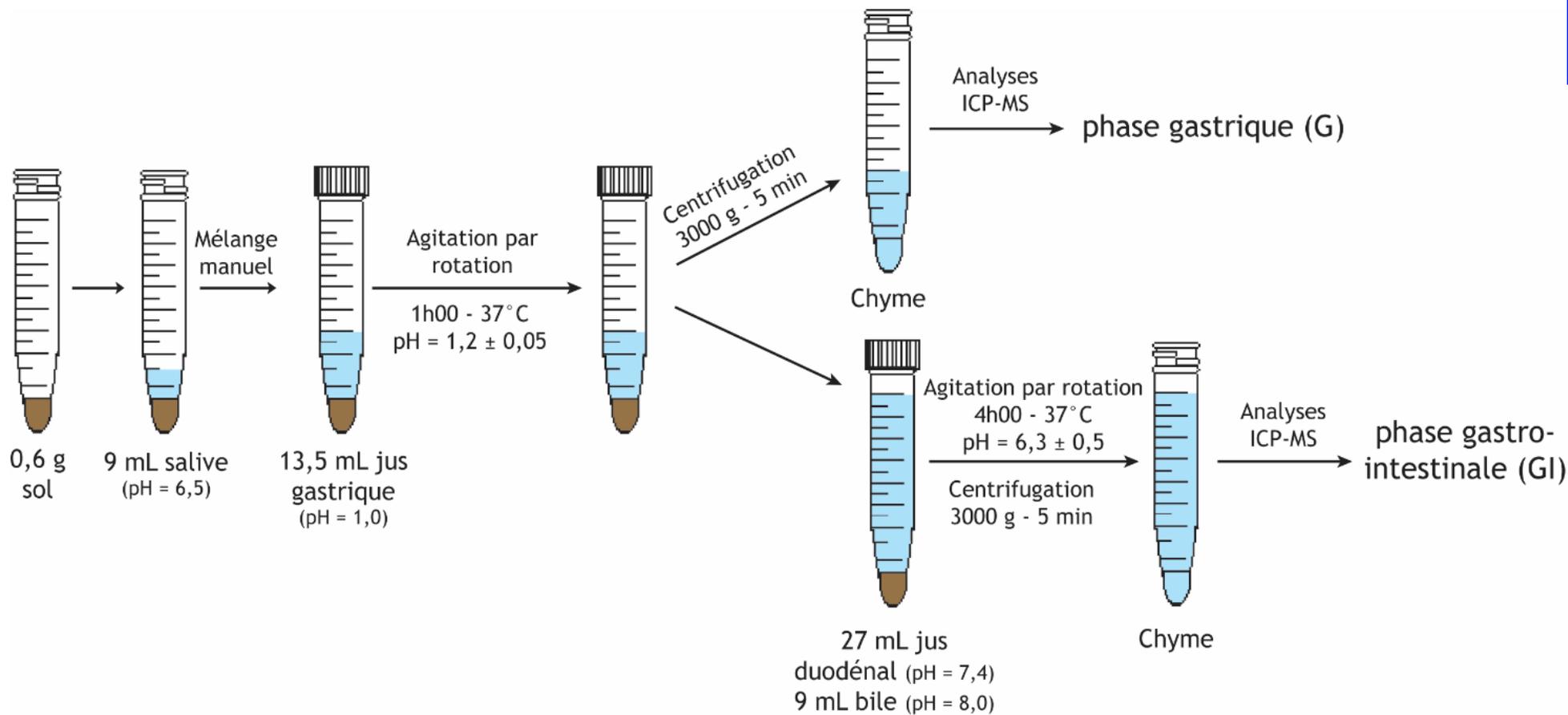
-ce que l'évaluation du risque serait suffisamment sensible à une variation de la biodisponibilité ?

-ce qu'il peut y avoir des répercussions sur les décisions concernant la remédiation ?

-ce que la collecte d'une quantité suffisante de nouvelles données serait-elle trop onéreuse par rapport à une modification des coûts de remédiation ?



# UBM : Méthode de référence en France



Test *in vitro* UBM (ISO 17924:2



## POUR LES GESTIONNAIRES SSP

« Une démarche complexe, longue, coûteuse, nécessite de nombreux actifs chimiques et biologiques et requiert un « savoir-faire »

En raison de la complexité des méthodes *in vitro*, leur simplification pourrait présenter un fort intérêt pour les gestionnaires SSP



Proposer une méthode en 1<sup>ère</sup> approche comme un outil d'aide à la décision



*Evaluer la pertinence de méthodes d'extractions chimiques simples pour mimer la **fraction bioaccessible de As, Cd et Pb** pour une large gamme de sols*

**JUNIA** ISA

Projet **ODESSA** – soutenu par l'ADEME (Gesipol 2014)



## Matériel étudié

201 échantillons de terre

15 localités en France

25 sites différents

- Jardins urbains
- Friches industrielles et alentours
- Parcelles agricoles avec épandage de boues de STEP
- Anciennes stations-services
- Sites et sources de contamination non identifiées
- Terres contaminées artificiellement

Une grande diversité

- Types de sols
- Nature des usages
- Pollutions métalliques et/ou organiques
- Degrés de contamination



### Paramètres physico-chimiques

Argile : 6 à 53%

Limons : 12 à 73%

Sables : 4 à 85%

MO : 1 à 670 g/kg

pH : 4,3 à 9,1

### Degrés de contamination

As : 1,9 à 230 mg/kg

Cd : 0,1 à 480 mg/kg

Pb : 9 à 12 300 mg/kg

**Une population d'échantillons de terre représentative de la problématique des SSP français**

# Design expérimental

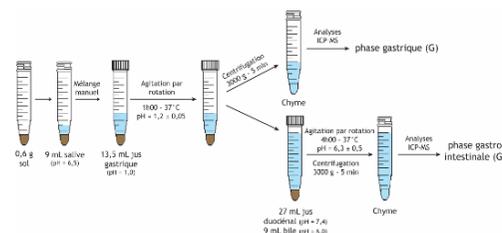
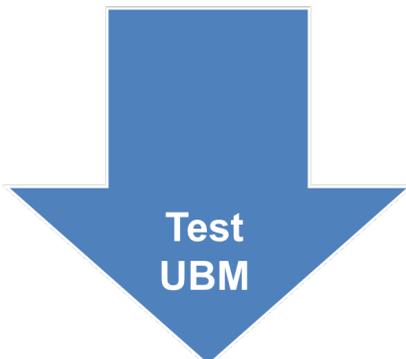
## 2 Expérimentations sur les 201 échantillons de terre

Sélection d'extractants pertinents pour simuler la bioaccessibilité orale de Cd, Pb et As

10 échantillons sélectionnés

Conditions testées avec différents extractants (acide acétique, acide citrique, EDTA, DTPA, HCl, NaOH)

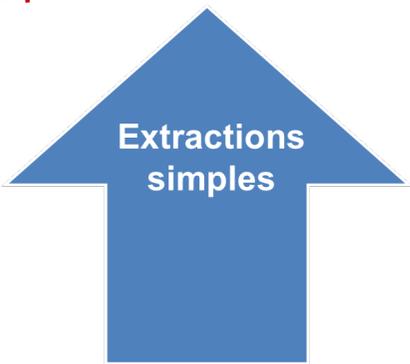
Recherche de corrélations linéaires



Capacité des extractions simples à simuler la bioaccessibilité orale des métaux/métalloïdes dans les phases G et GI ?

### Quatre méthodes

- Acide citrique 0,11 M
- Acide acétique 0,11 M
- EDTA 0,16 M
- HCl 0,65%



## 3

### Choix du meilleur extractant

- ✓ Traitement statistique
- ✓ Protocole
  - Conditions physiologiques : ratio réactif, température, pH
  - Rapidité
  - Nombre d'échantillons par sem
  - Coût

HCl 0,65%

est HCl (0,65%)

esée : 3 replicats par échantillon

 Sol tamisé < 250 µm sans avoir recours à un broyage mécanique



Nacelle

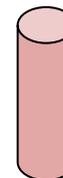


Pesée de 30 mg de sol tamisé (+/- 0,5% maximum) sur balance de précision



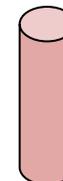
**Digestion**

Tube de 50 ml



25 ml eau ultra pure à HCl 0,65%  
→ cuve à ultrasons pdt 15 min

Tube disposé sur un four graphite chauffant à 37°C, 1 h (ou enceinte thermostatée)



Filtration de la totalité de l'échantillon (0,45 µm de porosité)

**Dosage**

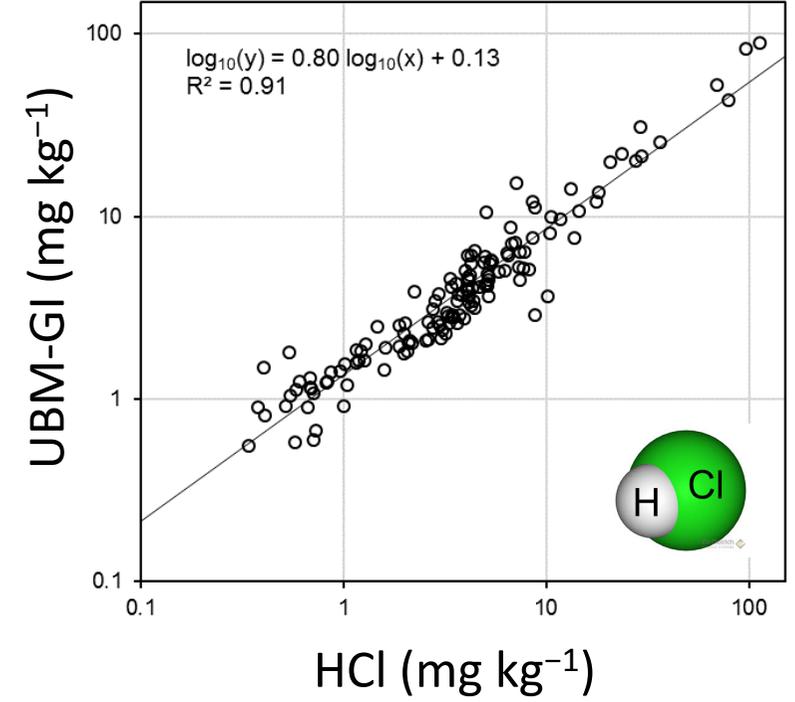
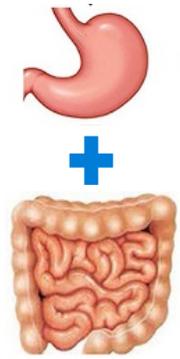
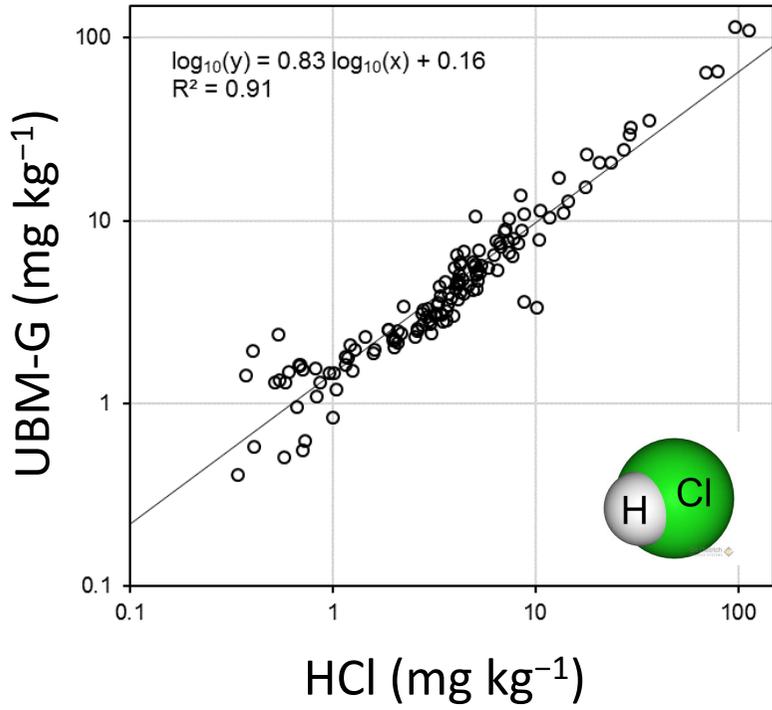
Analyse par ICP-OES, ICP-MS ou SAA



# As de l'arsenic

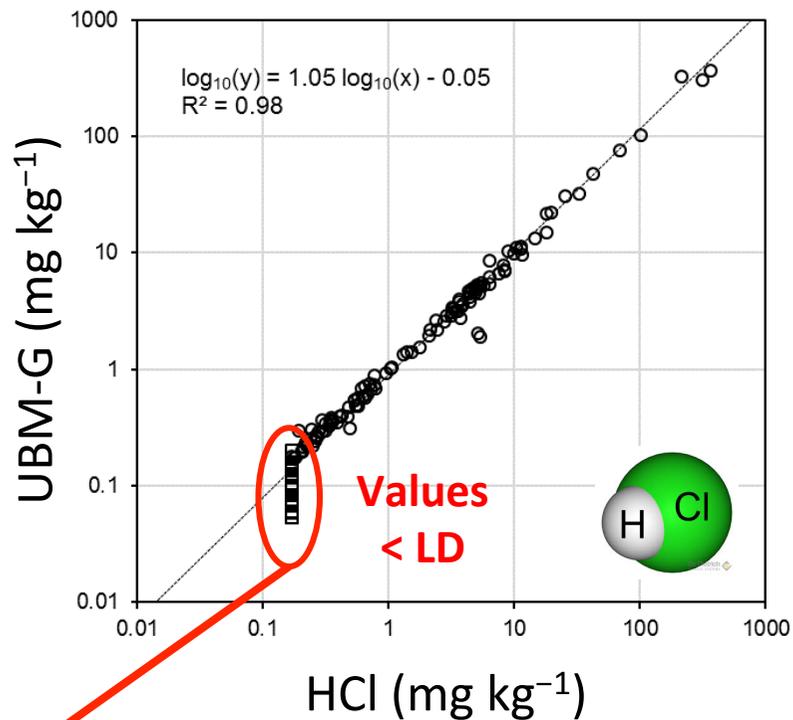
As

- Très bonnes corrélations dans les 2 phases
- Nécessité de corriger les concentrations extraites à l'HCl pour approcher la bioaccessibilité

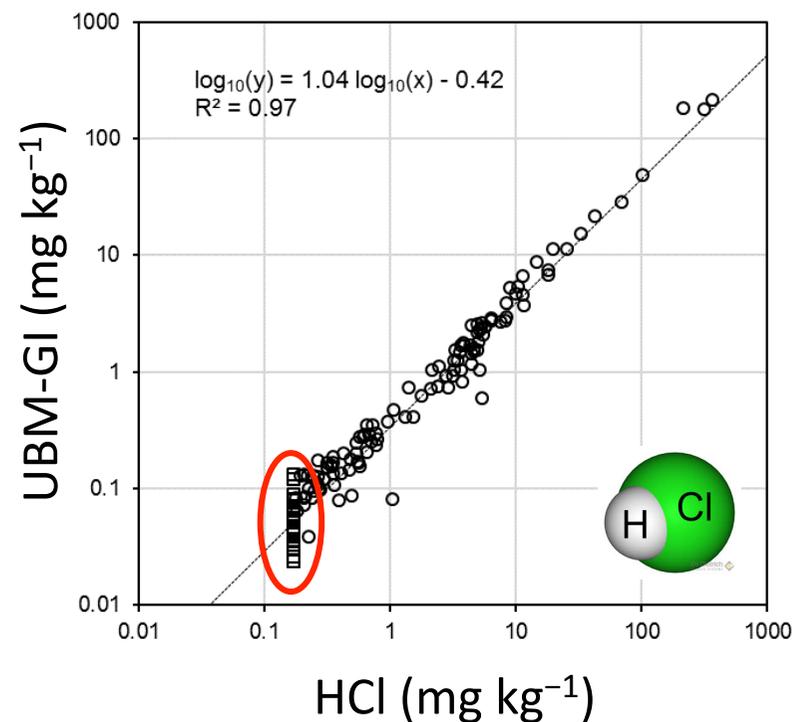
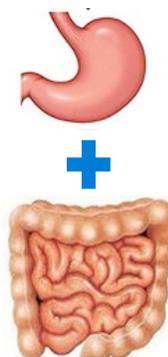


# As du cadmium

Cd



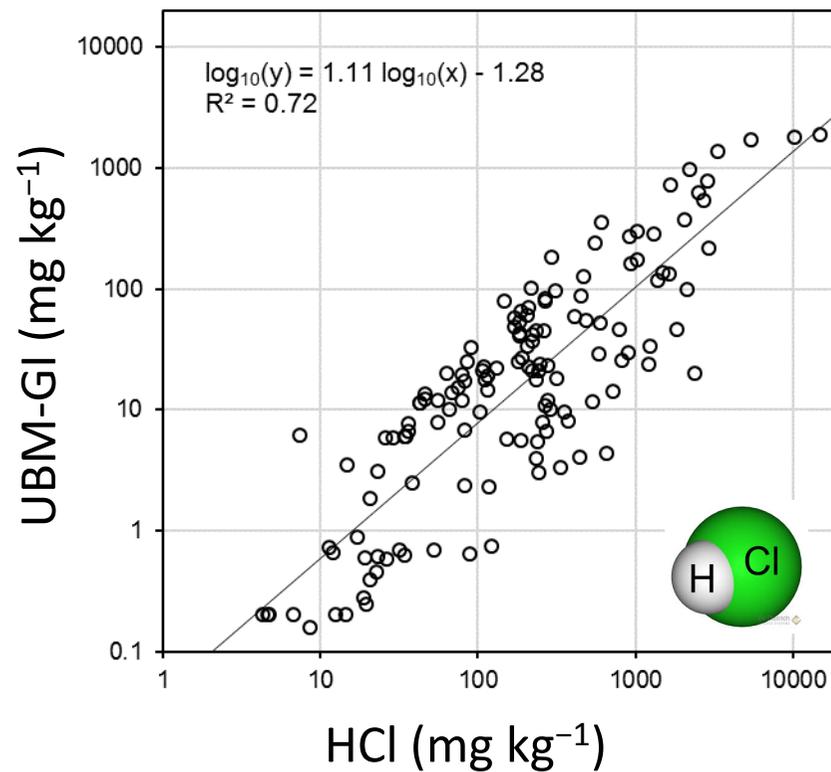
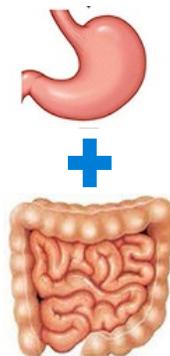
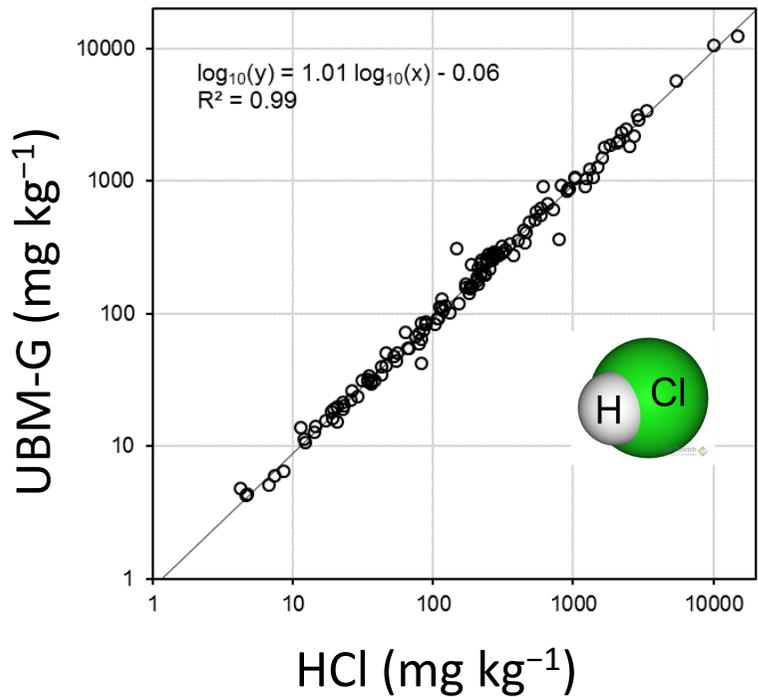
- Très bonnes corrélations dans les 2 phases
  - ✓ Substitution de méthodes pour la phase G
  - ✓ Correction pour la phase GI
- Test HCl non valable si  $[\text{Cd}]_{\text{tot}} < 0,20 \text{ mg/kg}$



# As du plomb

Pb

- Très bonne corrélation dans la phase G
  - ✓ Substitution de méthodes pour cette phase
- Difficulté à simuler la phase GI



# Traitement des résultats

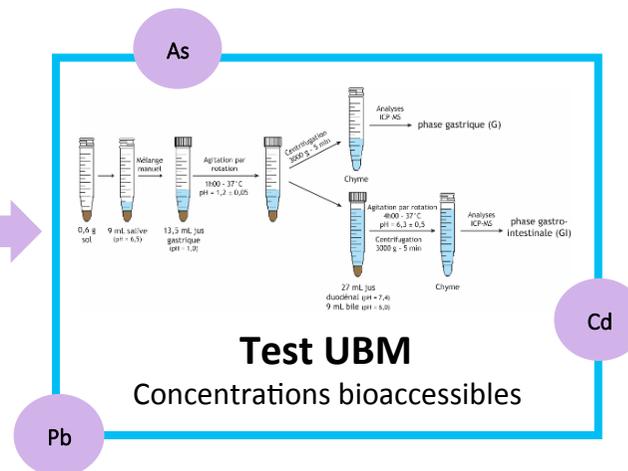
As

**Test simplifié HCl (0,65%)**  
Concentrations extractibles

Pb

Cd

Élément	Phase	Equation
As	G	$\log_{10}[\text{As}]_{\text{UBM}} = 0,83 \times \log_{10}[\text{As}]_{\text{HCl}} + 0,16$
	GI	$\log_{10}[\text{As}]_{\text{UBM}} = 0,80 \times \log_{10}[\text{As}]_{\text{HCl}} + 0,13$
Cd	G	$\log_{10}[\text{Cd}]_{\text{UBM}} = 1,00 \times \log_{10}[\text{Cd}]_{\text{HCl}} - 0,01$
	GI	$\log_{10}[\text{Cd}]_{\text{UBM}} = 1,03 \times \log_{10}[\text{Cd}]_{\text{HCl}} - 0,41$
Pb	G	$\log_{10}[\text{Pb}]_{\text{UBM}} = 1,01 \times \log_{10}[\text{Pb}]_{\text{HCl}} - 0,06$
	GI	$\log_{10}[\text{Pb}]_{\text{UBM}} = 1,11 \times \log_{10}[\text{Pb}]_{\text{HCl}} - 1,28$



## Domaine d'application

les 201 échantillons de terre étudiés :

- As : de 1,9 à 230 mg/kg
- Pb : de 0,1 à 480 mg/kg → de 0,2 à 480 mg/kg
- Pb : de 9 à 12 300 mg/kg

As : de 1,9 à 2 600 mg/kg  
Cd : de 0,2 à 480 mg/kg  
Pb : de 4 à 50 000 mg/kg

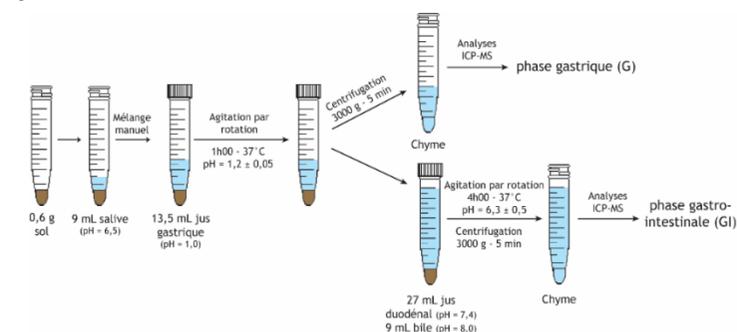
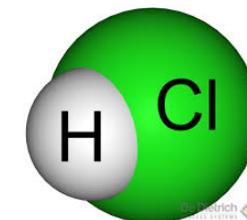
Intégration de 27 échantillons complémentaires  
→ Contamination + importante en As et Pb

## bilan...

En **étude exploratoire (screening)** → HCl (0,65%) est un extractant approprié pour évaluer la **bioaccessibilité** de As, Cd et Pb

- Facilité d'utilisation
- Rapide
- Méthode reproductible
- Réduction des coûts analytiques (environ 8 à 10 fois moins cher que UBM)

Dans **une démarche complémentaire de validation** → utilisation du test UBM pour mieux évaluer l'exposition humaine sur quelques échantillons



projet de normalisation ISO sur « la simplification du test de bioaccessibilité orales pour les polluants métalliques »

**EN VOUS REMERCIANT POUR VOTRE ATTENTION**

**[aurelie.pelfrene@yncrea.fr](mailto:aurelie.pelfrene@yncrea.fr)**

*Webinaire : Risques environnementaux & Reconversion des friches – 6 novembre 2020*