

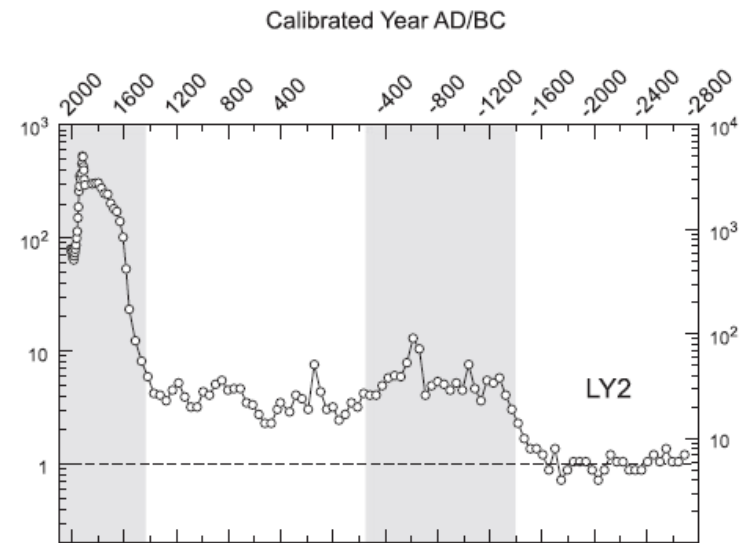
# Fractionnement et biodisponibilité du mercure dans les sols d'une friche industrielle.

Frédéric Gimbert, Benjamin Pauget, Mickaël Cantin et  
Annette de Vaufleury.

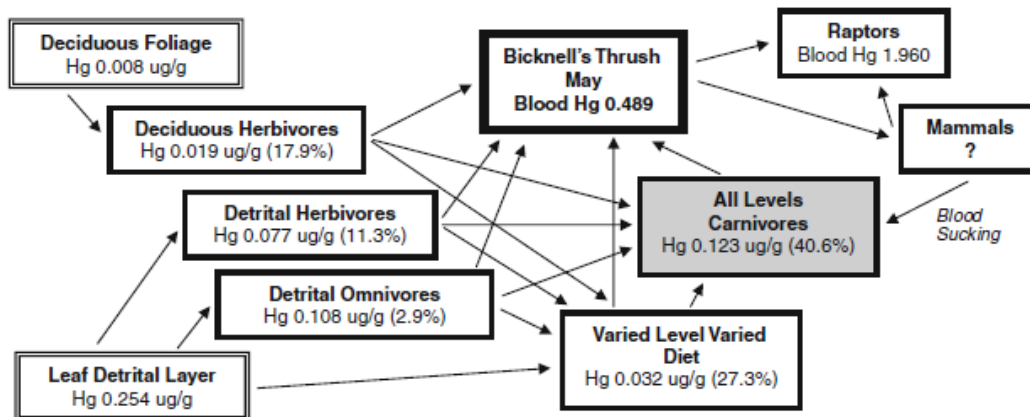
# Contexte : le mercure (Hg)

✓ Le mercure (Hg) fait partie des polluants de plus en plus suivis dans l'environnement :

- utilisation comme **traceur** des activités anthropiques (sédiments lacustres ou marins, tourbe...),



Cooke et al., 2009. PNAS.

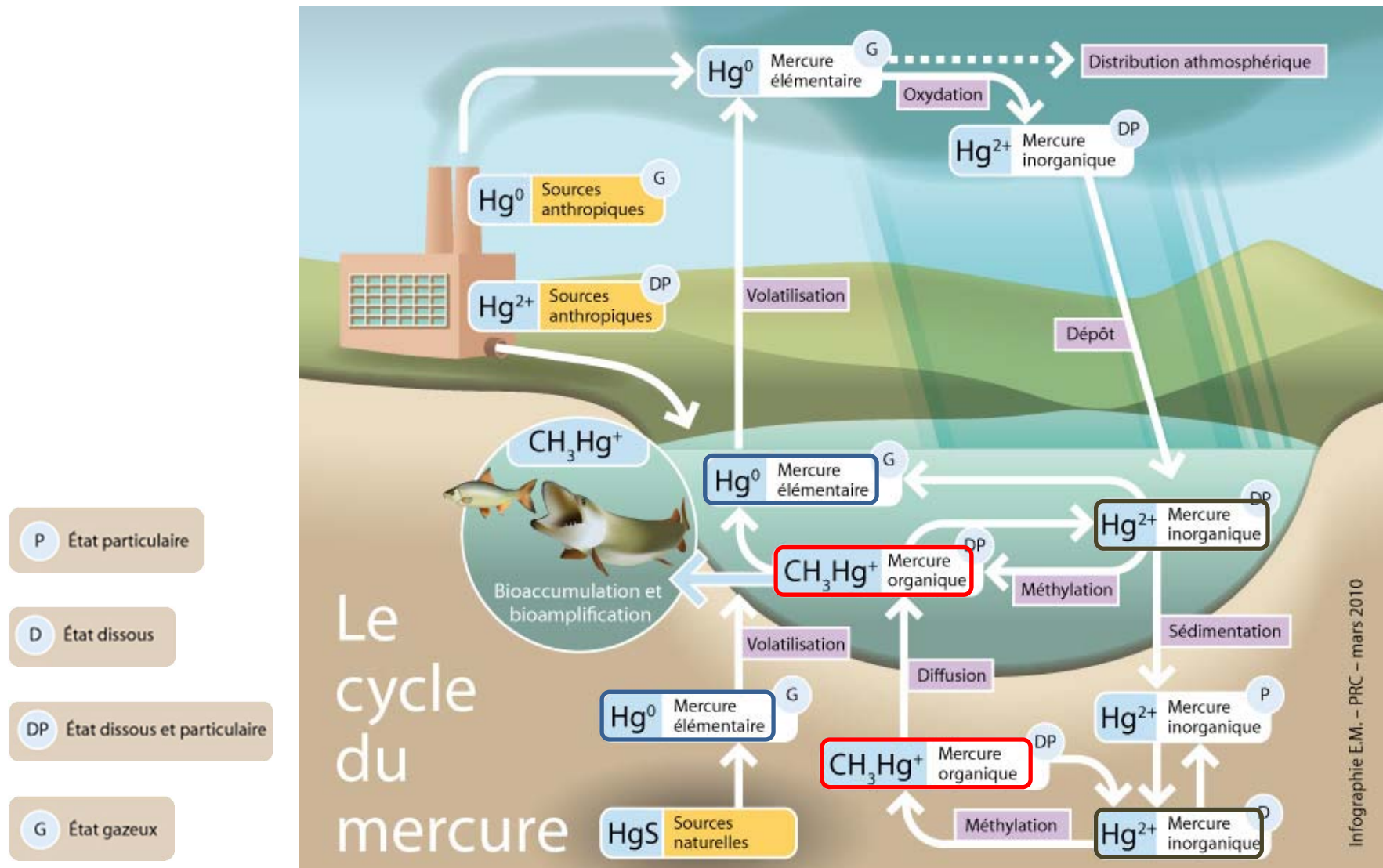


Rimmer et al., 2010. Ecotoxicology.

- capacités de **bioaccumulation** et **biomagnification** dans les réseaux trophiques.

# Contexte : le mercure (Hg)

- ✓ Le cycle du Hg repose sur des interactions **biogéochimiques** :



## Contexte : le Hg dans les sols

---

✓ La détection du Hg par des analyses chimiques ne veut pas dire qu'il est biodisponible...

**→ importance de la spéciation du Hg sur sa mobilité et son devenir dans l'environnement terrestre** (Gabriel et Williamson, 2004).

✓ ... et sa biodisponibilité (analyse directe du Hg dans des tissus d'organismes cibles) n'implique pas forcément sa toxicité

**→ besoin de campagnes de biosurveillance pour mesurer les transferts et évaluer les problèmes environnementaux.**

# Objectifs

---

✓ Très peu d'études ont été conduites, en particulier en milieu terrestre, pour relier le fractionnement du Hg dans les sols et son accumulation dans les organismes.

➔ mise en place d'une campagne de bioindication active sur une friche industrielle afin :

- d'évaluer la **disponibilité** environnementale du Hg et sa **répartition** au sein de différents sols contaminés,

- déterminer le potentiel de **bioaccumulation** du Hg chez un organisme soumis à de multiples sources d'exposition comme l'escargot,

- identifier les **variables environnementales** modulant ce transfert.

# Matériels et méthodes

---

## ✓ Site d'étude

- friche industrielle de la « Vieille usine » située sur la commune d'Auzon (Auvergne, 43),
- fabrication de pesticides à partir du grillage de minerais d'arsenic.



ADEME



Programme Bioindicateurs

# Matériels et méthodes

---

## ✓ Organismes et modalités d'exposition

*Cantareus aspersus* (anc. *Helix aspersa*) sub-adultes :

- âgés d'environ 3 mois,
- pesant  $5,0 \pm 0,5$  g.



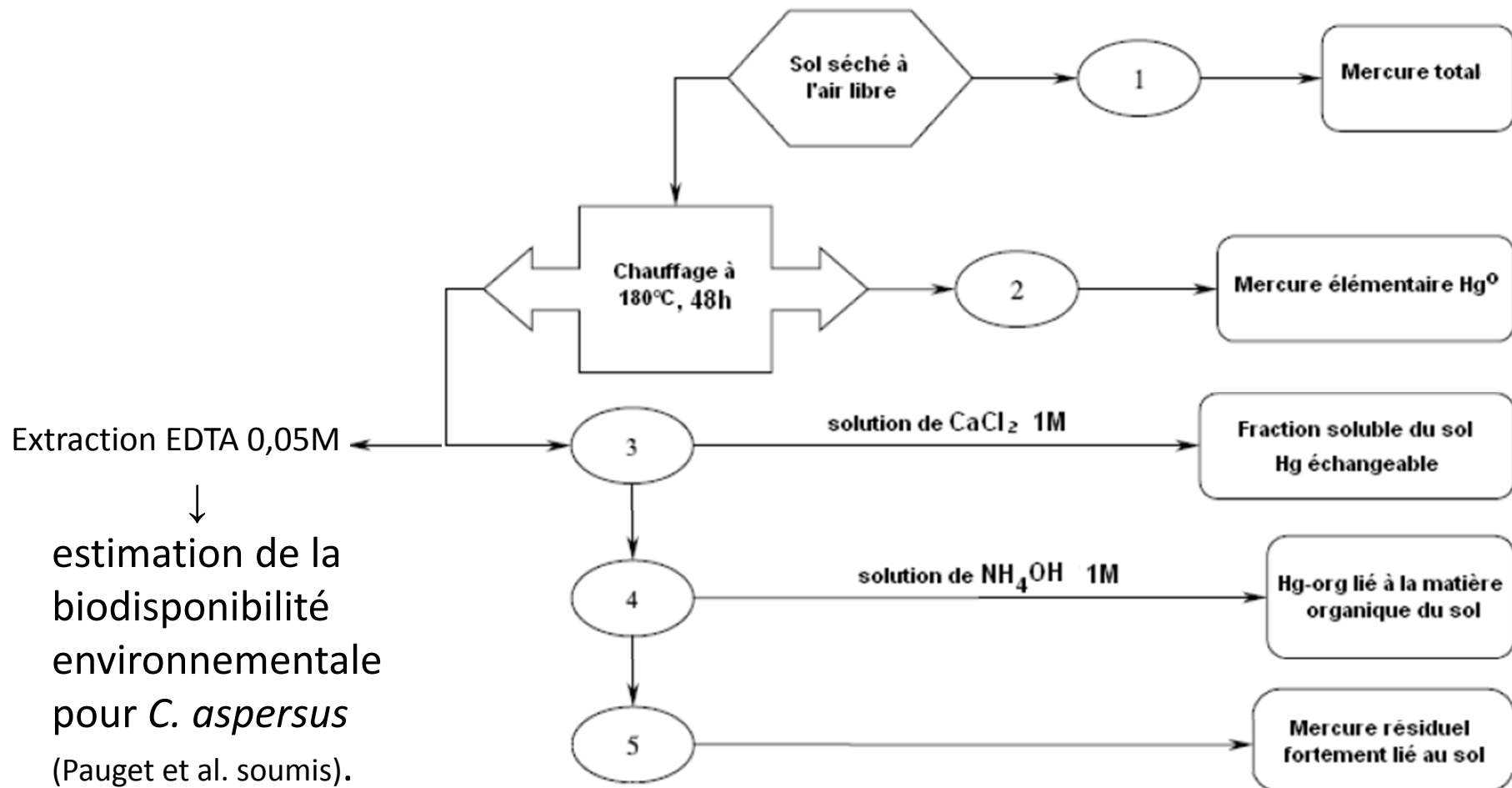
Après 28 jours d'exposition, échantillonnage pour analyse Hg :

- escargots (n=2-3),
- végétation (composite),
- humus,
- sol (0-20 cm).

# Matériels et méthodes

## ✓ Fractionnement et disponibilité du Hg dans les sols

→ extractions séquentielles du Hg dans les principales phases du sol (Panyametheekul et al. 2004 ; Guédron et al., 2009 ; Issaro et al. 2009).





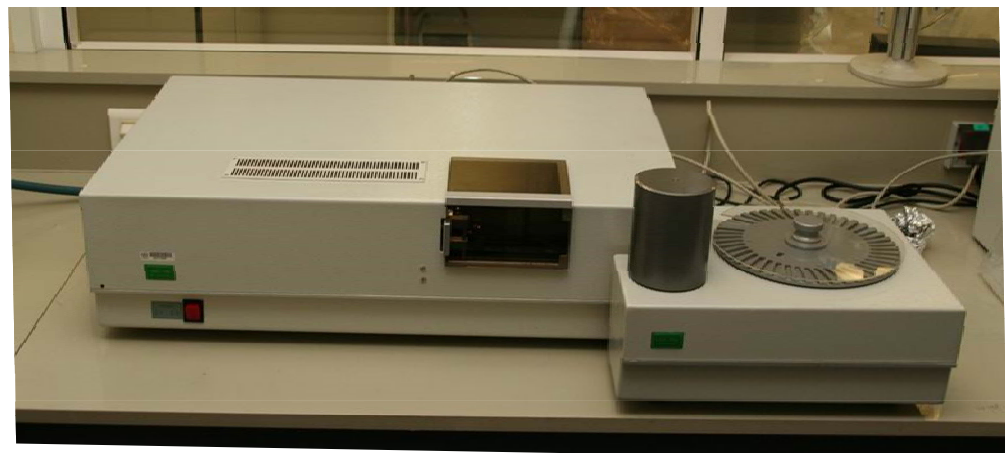
# Matériels et méthodes

---

## ✓ Traitement et analyse des échantillons

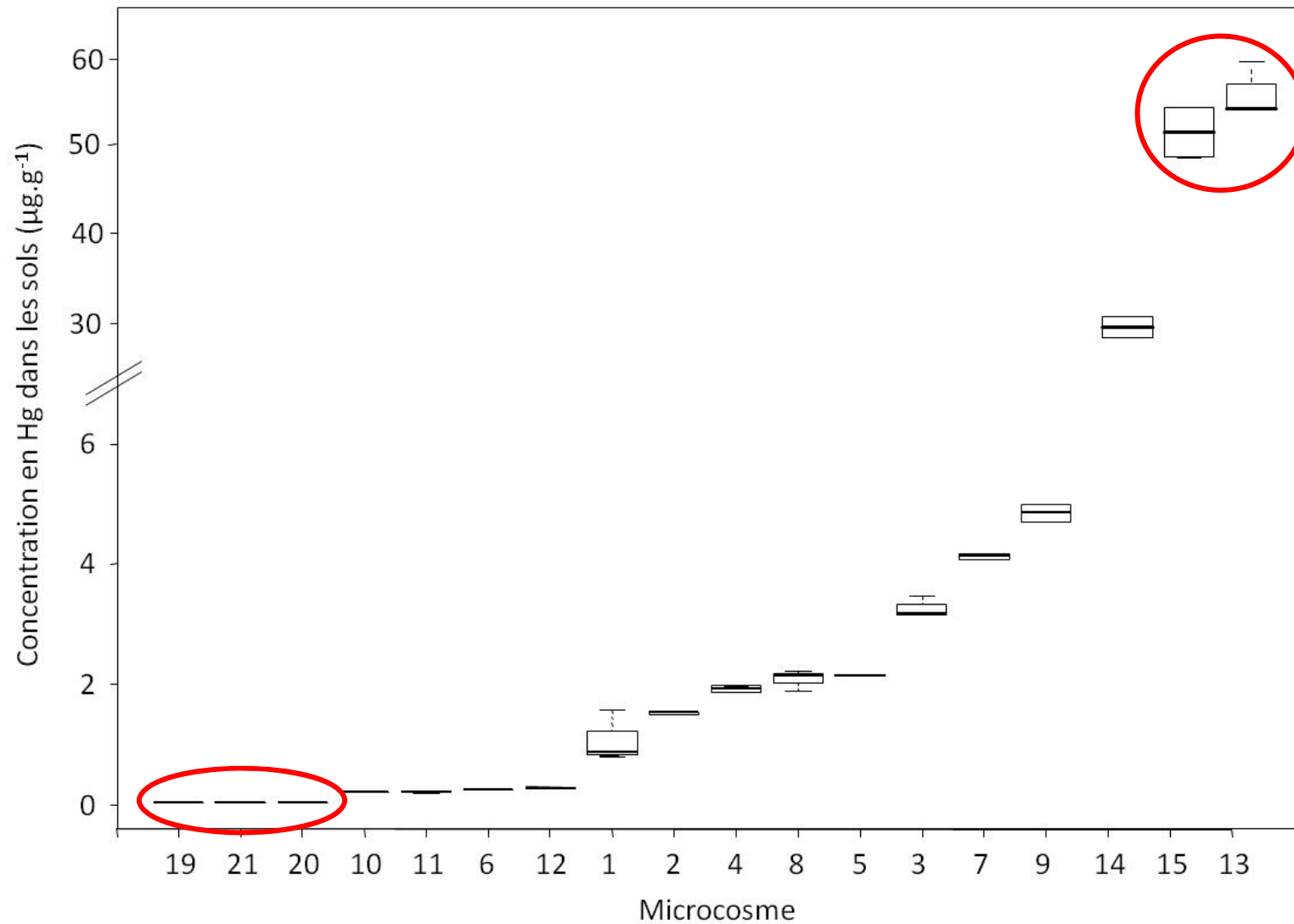
- viscères de *C. aspersus* : congelées, lyophilisées puis broyées,
- sols bruts, végétation et humus : séchés à température ambiante puis broyés,
- sols fractionnés : congelés puis lyophilisés.

→ analysés par **spectrométrie d'absorption atomique en vapeur froide** (CVAAS, AMA 254).



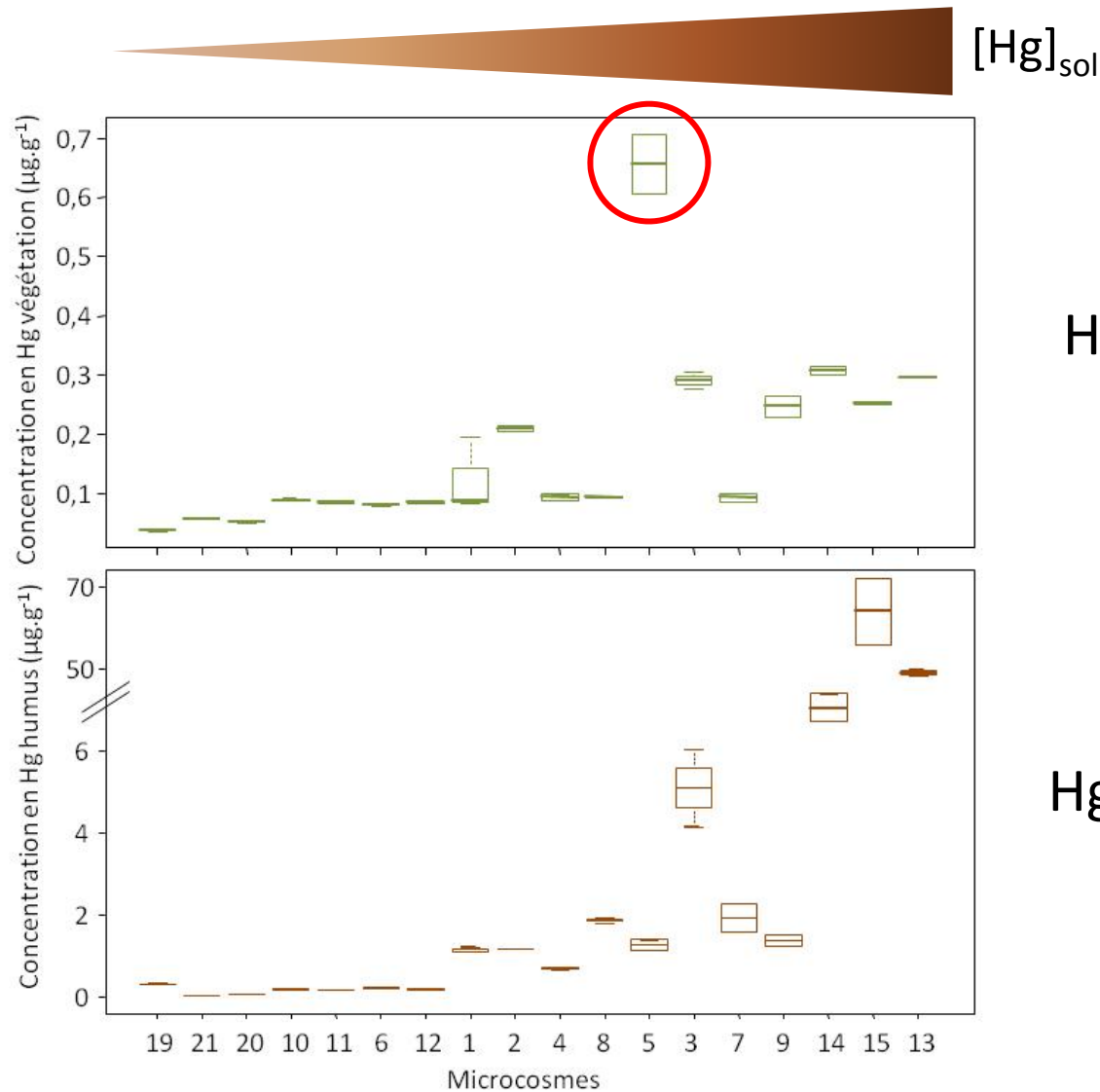
# Résultats

## ✓ Contamination des sols en Hg



# Résultats

## ✓ Contamination du site en Hg : végétation et humus



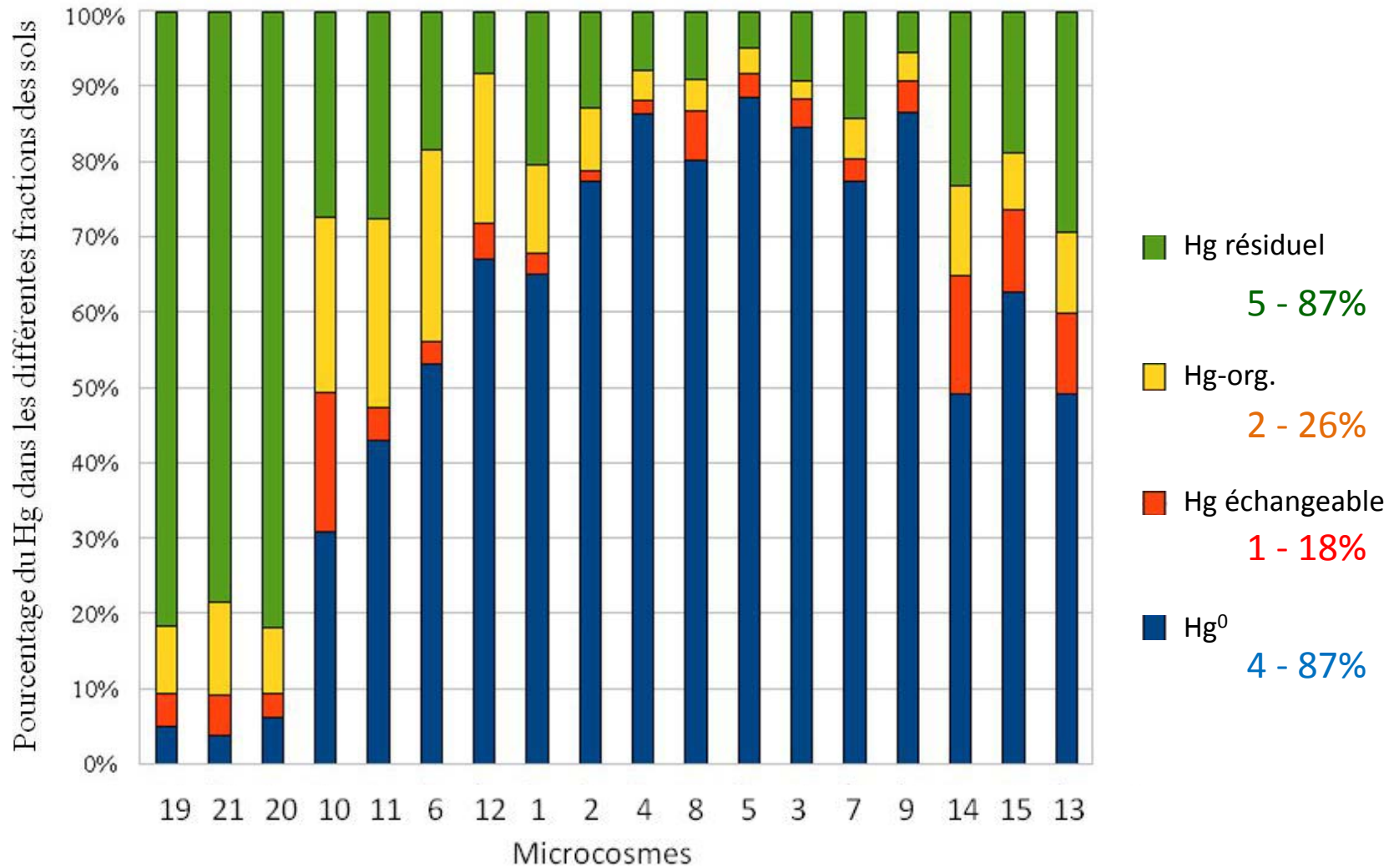
$Hg_{veg.} \sim Hg_{sol} : ns$

$Hg_{humus} \sim Hg_{sol} : r^2 = 0.90$

# Résultats

## ✓ Fractionnement du Hg

Taux de recouvrement moyen = 101 % (99-104 %).



# Résultats

---

## ✓ Disponibilité environnementale

### *Rendements d'extraction*

<b>Extractant</b>	<b>Moy. ± ET</b>	<b>Min.</b>	<b>Max.</b>
CaCl <sub>2</sub> 1M	6,1 ± 4,8%	1,3%	18,4%
EDTA 0,05M	29,8 ± 12,1%	10,0%	51,5%

### *Influence des variables environnementales*

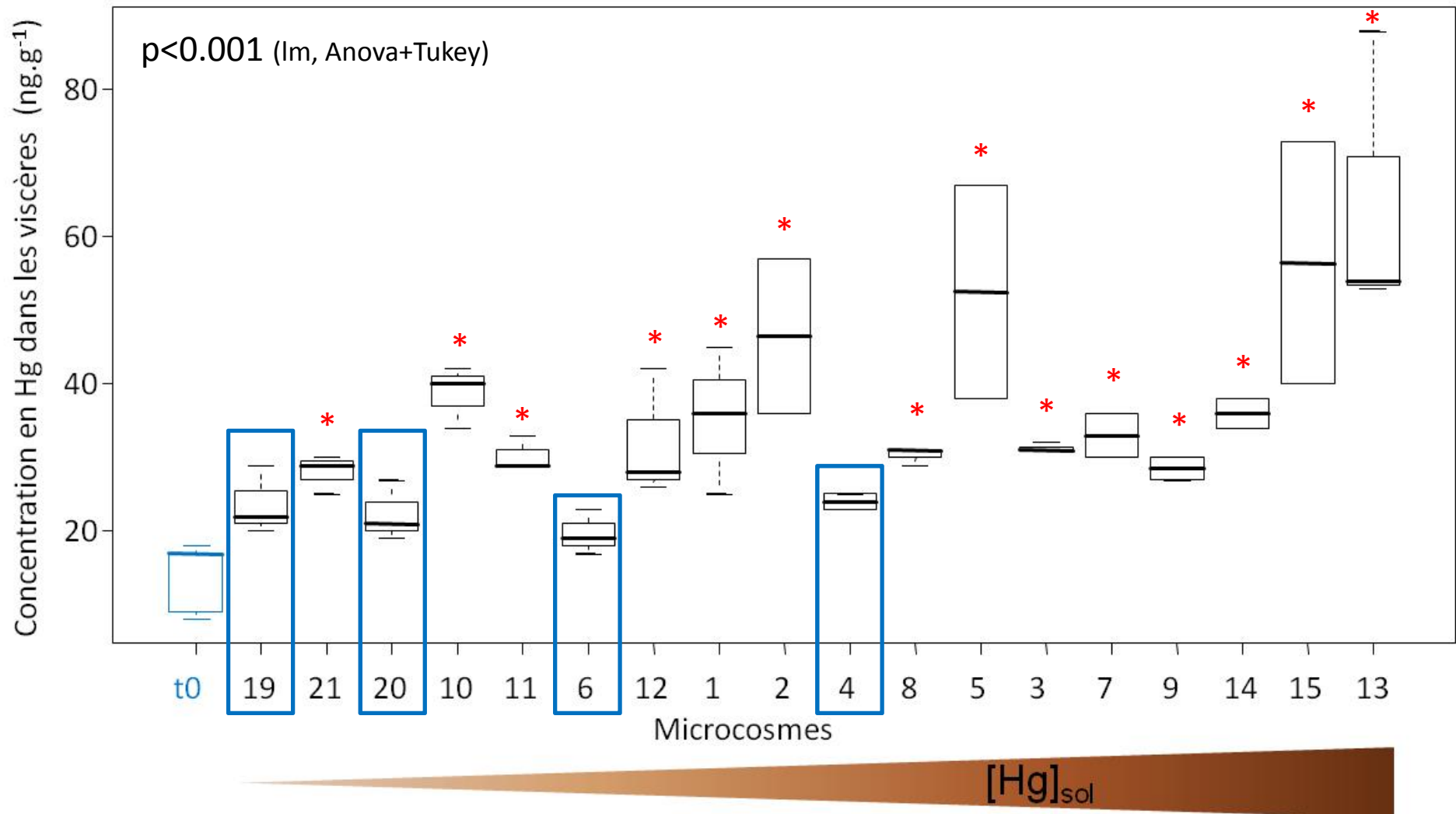
$$\text{Hg}_{\text{CaCl}_2} \sim \text{Hg}_{\text{sol}} : r^2 = 0.93$$

$$\text{Hg}_{\text{EDTA}} \sim \text{Hg}_{\text{sol}} : r^2 = 0.96$$

} pas d'influence significative des paramètres physico-chimiques des sols (pH, argile, Al<sub>ox</sub> et Fe<sub>ox</sub>)

# Résultats

- ✓ Biodisponibilité du Hg pour *Cantareus aspersus*  
*Bioaccumulation (28 jours)*

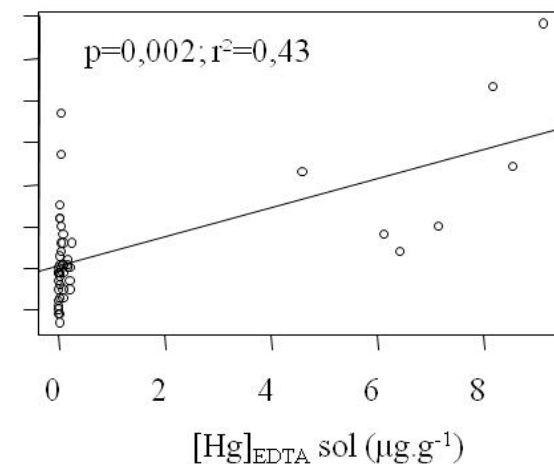
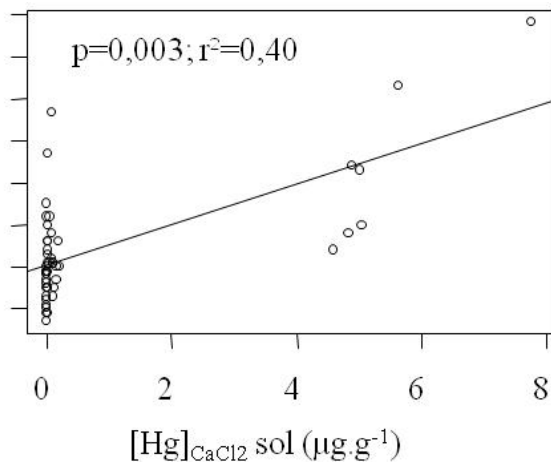
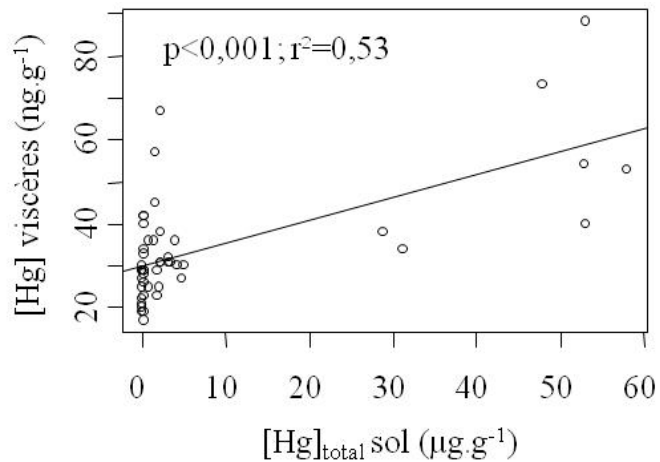


# Résultats

## ✓ Biodisponibilité du Hg pour *Cantareus aspersus*

*Influence des variables environnementales*

$[\text{Hg}]_{\text{viscères}} \sim$	$\text{Hg}_{\text{sol}}$
Total	0,53
$\text{CaCl}_2$ 1M	0,40
EDTA 0,05M	0,43



# Discussion

## ✓ Fractionnement et disponibilité du Hg

Le fractionnement du Hg dans les sols a permis de classer les différentes formes du Hg :

$\text{Hg}^0 > \text{Hg résiduel} > \text{Hg-org} > \text{Hg échangeable}$ .

peuvent représenter jusqu'à 90% du Hg atmosphérique

(Wang et al., 2003)

$\text{Hg}^0 \rightarrow$  réactions d'oxydo-réduction ( $\text{Hg}^0 \leftrightarrow \text{Hg}^{2+}$ ),

$\text{Hg}_{\text{resid.}} \rightarrow$  oxydes métalliques, minéraux réfractaires

affinité du Hg pour le groupe sulfure  $-\text{S}^{2-}$

$\rightarrow$  complexes humiques et fulviques (Gabriel et Williamson, 2004).

Hg soluble, facilement désorbable et assimilable

fraction (%) disponible du Hg limitée

$\sim [\text{Hg}]_{\text{total}}$

concentration disponible ( $\mu\text{g.g}^{-1}$ )  
potentiellement importante



# Discussion

---

## ✓ Biodisponibilité et transfert du Hg

Les transferts de Hg à la végétation et aux escargots témoignent de sa biodisponibilité sur le site.

La bioaccumulation du Hg dans les tissus de l'escargot s'avère relativement faible : lorsque  $[\text{Hg}]_{\text{total}}$  est multipliée par 2000, les concentrations internes ne le sont que par 3

→ FBA variant de 0,001 à 0,4

→ faible biodisponibilité du Hg pour *C. aspersus*

- mieux estimée par  $[\text{Hg}]_{\text{total}}$  que  $[\text{Hg}]_{\text{CaCl}_2}$  ou EDTA

(Pauget et al., 2011)

→ d'autres variables que  $[\text{HgT}]_{\text{sol}}$  module la biodisponibilité et le transfert du Hg à *C. aspersus*.

- transfert végétation-escargot (Mourier et al., 2011)

- paramètres physico-chimiques des sols : argile

et  $\text{Fe}_{\text{ox}}$  (Pauget et al., soumis).

## Conclusion

---

Les activités industrielles du site sont à l'origine d'une pollution (fond géochimique =  $0.03 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ ) hétérogène mais importante par endroits (près de  $60 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ ).

Campagne de bioindication active :

- faible biodisponibilité du Hg
  - transferts modérés
- } risques spécifiques limités

→ investigations complémentaires pour :

- déterminer les **cinétiques d'accumulation** du Hg sur les mêmes sols en conditions contrôlées :

→ flux d'assimilation et d'excrétion

→ état d'équilibre ?

- connaître la contribution du **MeHg** dans la biodisponibilité et le transfert du HgT.

# Remerciements

---

- ✓ Soutien financier de la région Franche-Comté.



- ✓ Programme Bioindicateurs (phase 2)



**Merci pour votre attention**

[frederic.gimbert@univ-fcomte.fr](mailto:frederic.gimbert@univ-fcomte.fr)