

# Désorption de l'arsenic dans des sols contaminés: effet de variables liées aux engrais

**Lucie Laforte<sup>a</sup>, Sébastien Sauvé<sup>a</sup> et Dirk Wallschläger<sup>b</sup>**

<sup>a</sup> Département de chimie, Université de Montréal

<sup>b</sup> Environmental and Resource Sciences, Trent University

# Pourquoi l'arsenic? (1)

## Contamination des sols à l'arsenic

- Importante population affectée
- Très répandu en Asie (Chine, Inde, Pakistan...)
  - Irrigation avec eau souterraine naturellement contaminée
- Régions contaminées sur les autres continents
  - Géologie, mines, fonderies, industries

# Pourquoi l'arsenic? (2)

## Toxicité

- Toxicité humaine: aigue et chronique
  - Exposition chronique liée au sol:
    - Contact sol-peau
    - Ingestion de sol
    - Consommation de récoltes provenant de terres contaminées
- Phytotoxicité et écotoxicité
  - Diminution de la productivité des récoltes

# Pourquoi l'arsenic? (3)

Géochimie peu connue dans les sols

- Généralement sous forme d'anions
  - Surtout arsenate ( $H_nAsO_4^{n-3}$  ou  $AsO_4$ ) (1)  
analogue du phosphate ( $PO_4$ ), composant majeur des engrais
- Désorption des anions peu étudiée (2)
  - Capacité tampon des sols plus faible que pour cations (ex. Pb, Cd)
  - Effet de l'application d'engrais et amendements?

(1) Akter et Naidu 2006

(2) McLaren et al 2006

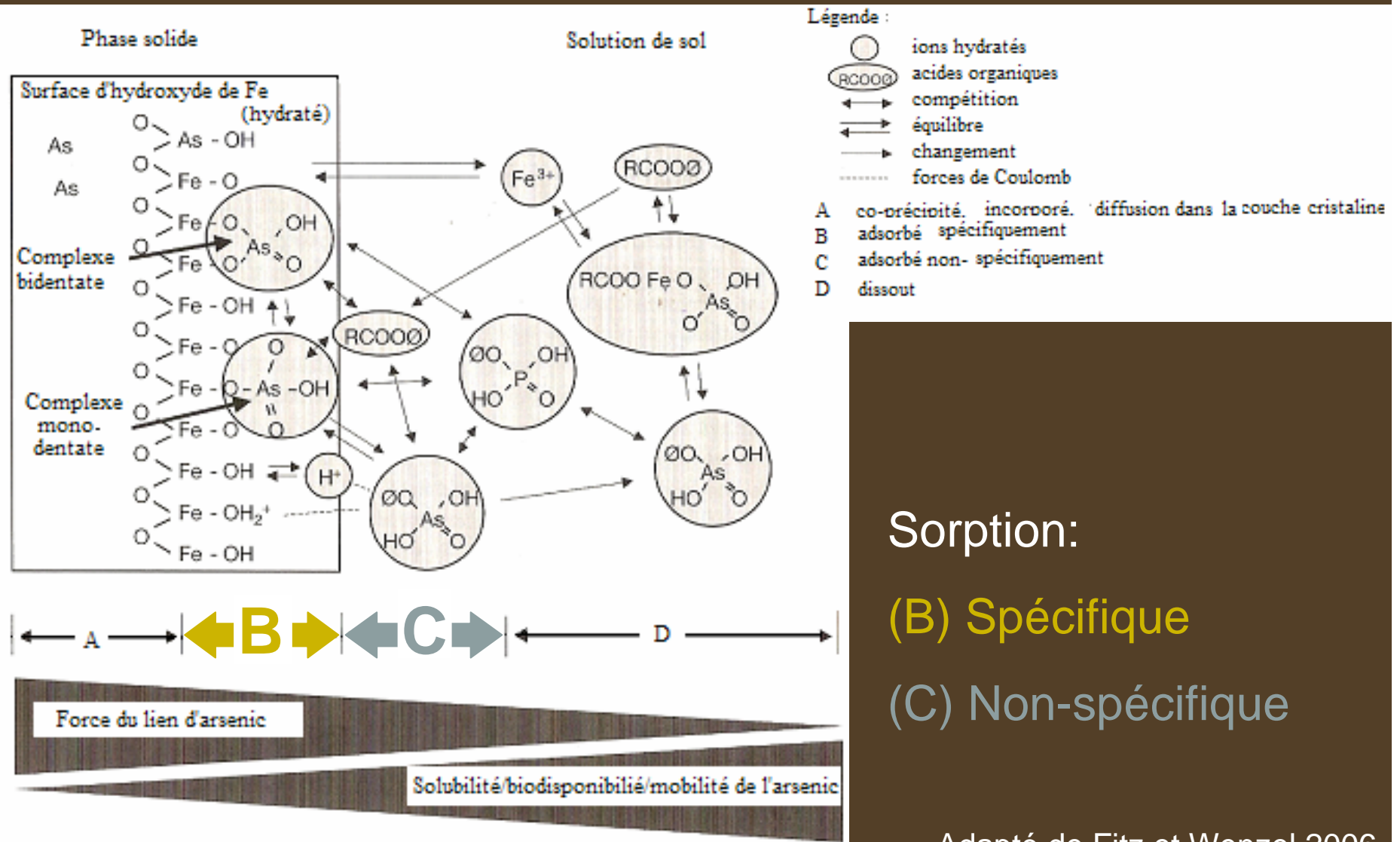
# Description du projet

Étude du lien entre le comportement d'As dans les sols et leurs caractéristiques *en particulier celles liées aux engrais (phosphate, nitrate, carbone organique)*  
Désorption (permet mobilité et prise en charge)

# Description du projet

Étude du lien entre le **comportement** d'As dans les sols et leurs caractéristiques *en particulier celles liées aux engrais (phosphate, nitrate, carbone organique)*  
**Désorption (permet mobilité et prise en charge)**

# Sorption de l'arsenic dans les sols



Sorption:

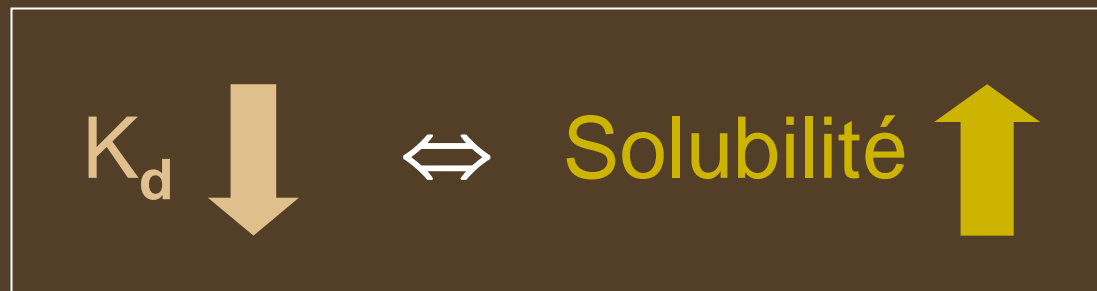
(B) Spécifique

(C) Non-spécifique

# Indication de désorption / solubilité

- Coefficient de partition :  $K_d$  (L/kg)

$$K_d = \frac{\{As\} \text{ (mg/kg) (sol)}}{[As] \text{ (mg/L) (solution)}}$$



# Sols étudiés

- Sols de deux régions ontariennes
  - Deloro: <sup>(1)</sup>
    - Sols arables
    - Arsenic principale contamination (mine)
  - Sudbury: <sup>(2)</sup>
    - Série d'horizons de podzols du Bouclier
    - Acidifiés
    - Multi-contaminés par trois fonderies de métaux
- Grand intervalle de propriétés

# Description du projet

- 1er volet

Désorption de l'arsenic vs caractéristiques des sols tels qu'échantillonnés

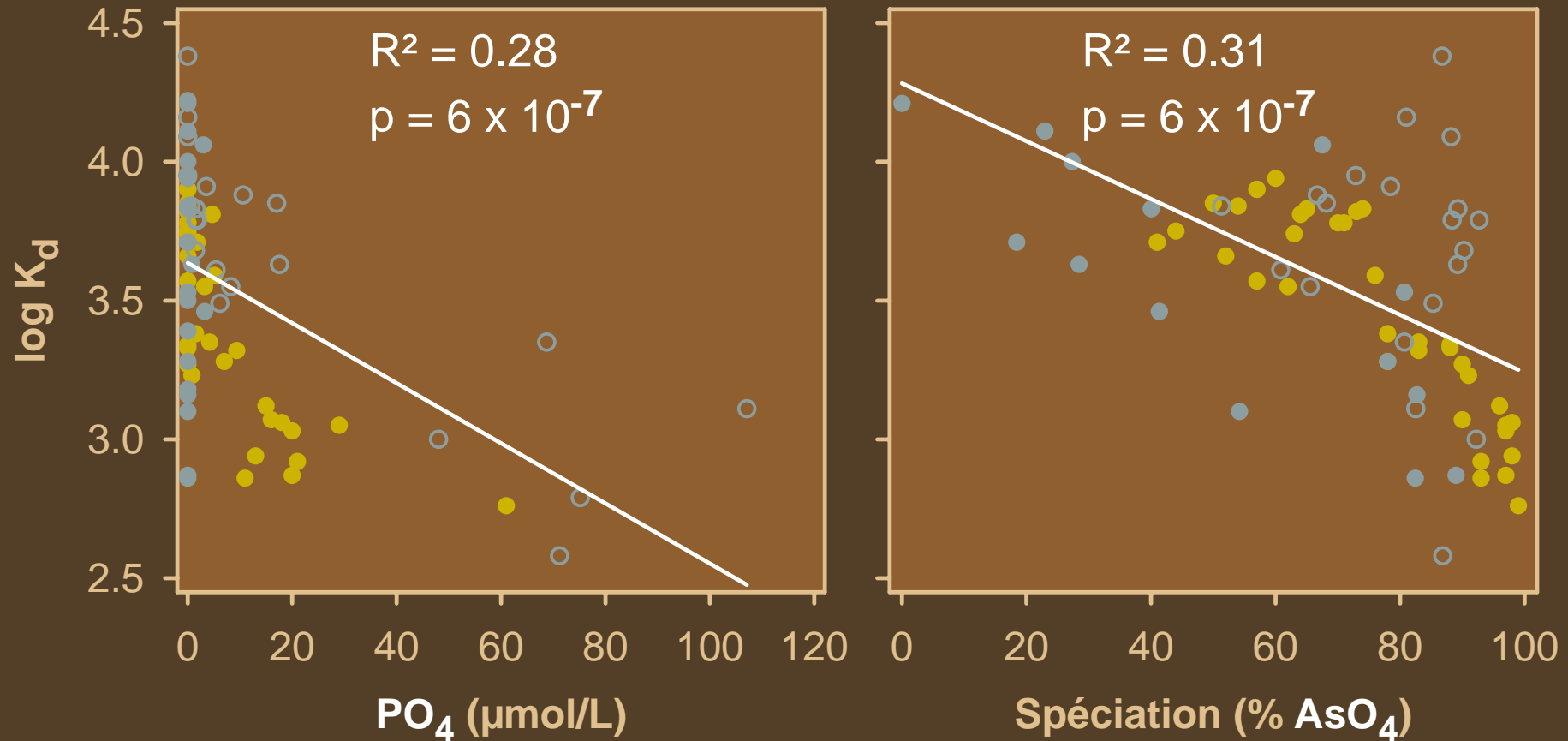
- 2e volet

Influence d'ajout de  $\text{PO}_4$ ,  $\text{NO}_3$ ,  $\text{C}_{\text{org}}$  sur la désorption de l'arsenic

# Résultats

## Volet 1

# log $K_d$ vs phosphate et arsenate



Légende:

● Deloro

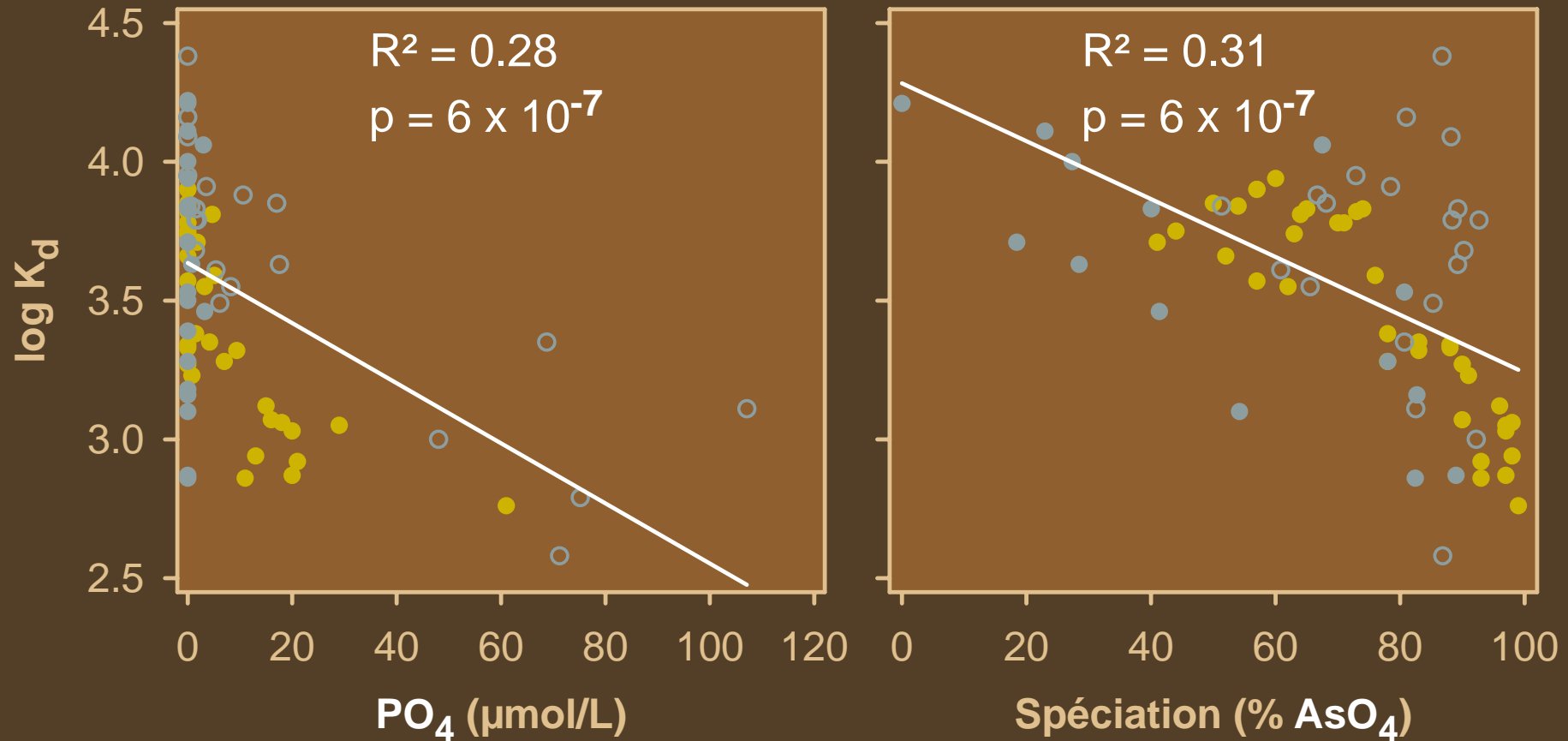
● Sudbury  
(inorganique)

○ Sudbury  
(organique)

# log $K_d$ vs phosphate et arsenate

- Analogues chimiques
- $\text{PO}_4$  déloge  $\text{AsO}_4$  par compétition spécifique pour les sites d'adsorption

# log $K_d$ vs phosphate et arsenate



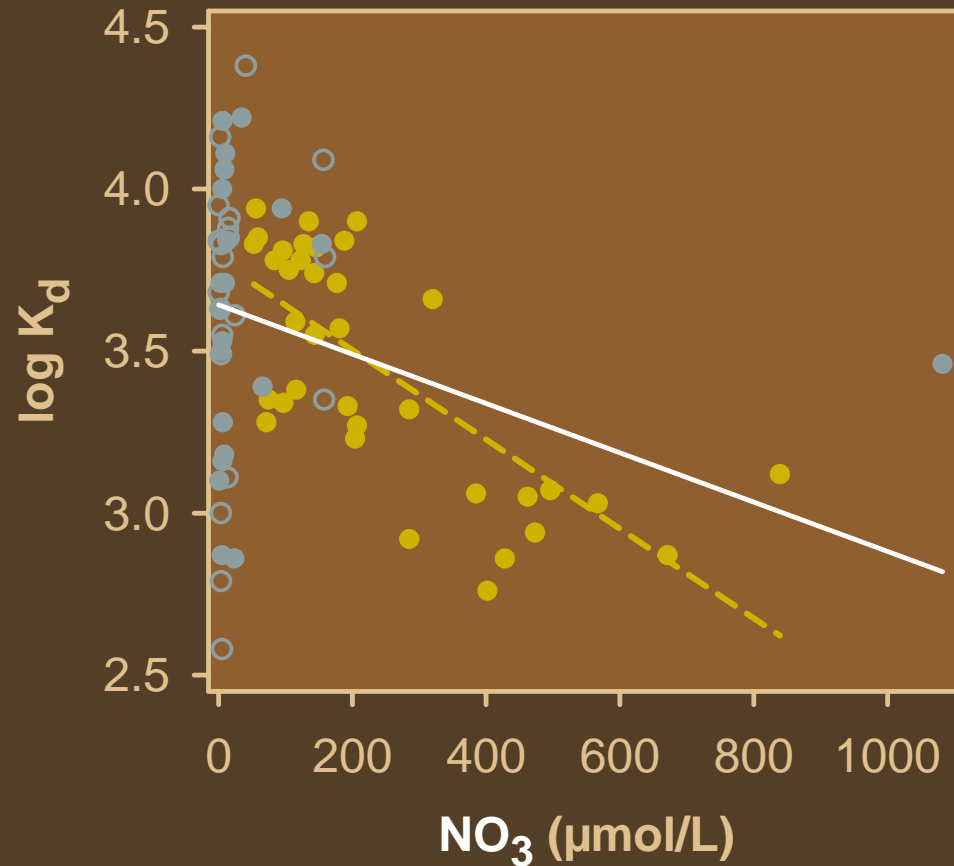
Légende:

● Deloro

● Sudbury  
(inorganique)

○ Sudbury  
(organique)

# log K<sub>d</sub> vs nitrate



$R^2 = 0.14$   
 $p = 7 \times 10^{-4}$

Deloro seul.  
 $R^2 = 0.51$   
 $p = 8 \times 10^{-7}$

Légende:

● Deloro

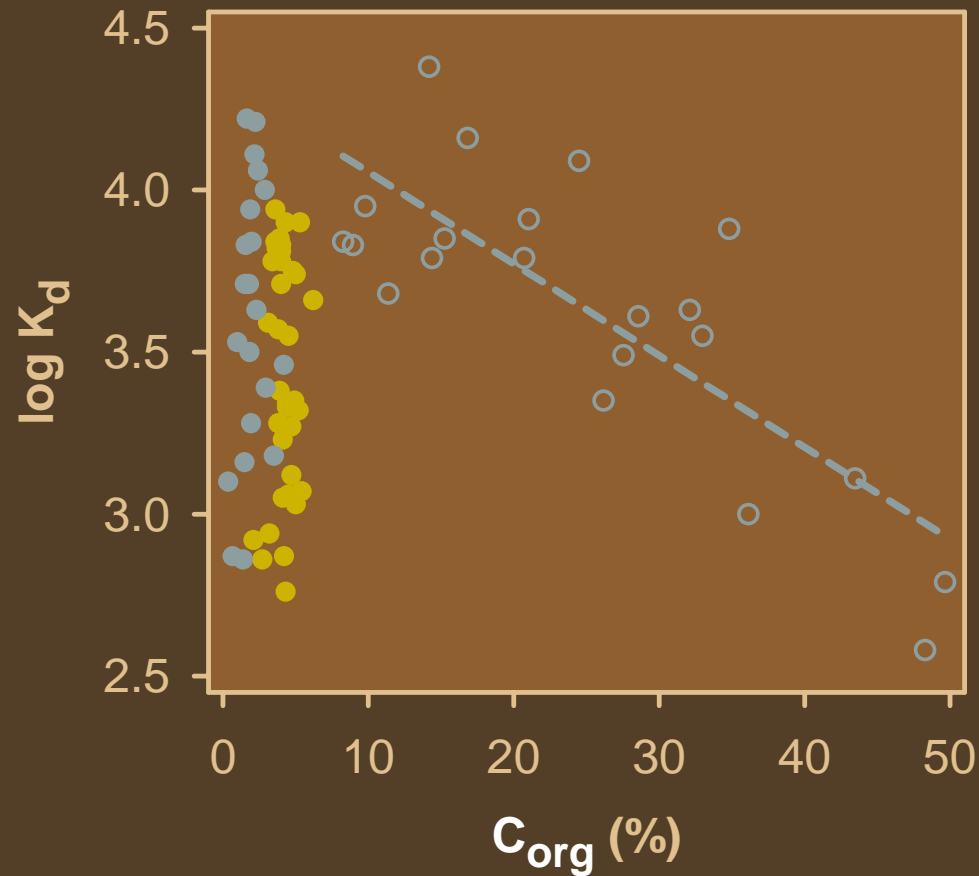
● Sudbury  
(inorganique)

○ Sudbury  
(organique)

## log $K_d$ vs nitrate

- Compétition non-spécifique entre anions
- À Deloro,  $\text{NO}_3$  est l'anion dominant

# log K<sub>d</sub> vs C organique



$R^2 = 0.02$

*Non*

$p = 0.2$

*affiché*

Sudbury  
organique  
seulement:

$R^2 = 0.64$

$p = 0.00001$

Légende:

● Deloro

● Sudbury  
(inorganique)

○ Sudbury  
(organique)

# log $K_d$ vs C organique



- Seulement pour horizons organiques de surface des sols de Sudbury
- Contiennent plus d'As que les horizons inférieurs
  - 61-753 mg/kg vs 2-50
  - 5-164  $\mu\text{g/L}$  vs 0.7-31

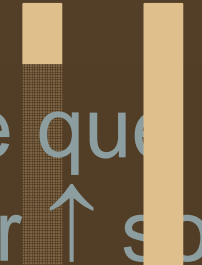
# log $K_d$ vs C organique

Matière organique naturelle =

- Polyanions
  - Compétition non spécifique
- Propriétés tensioactives
  - Affecte charge de surface de Fe-ox, Al-ox  
(connus pour être les sites principaux d'adsorption d'As)

# Conclusion, volet 1

log  $K_d$  de l'arsenic dans les sols lié à:

- $\text{PO}_4$  (↓)
  - $\text{NO}_3$  (↓),
  - Carbone organique (↓)
- Suggèrent que engrais ↑ solubilité
- Suggère que compost et fumier ↑ solubilité
- 

À vérifier dans volet 2

# Volet 2: analyses en cours

## Conception expérimentale:

- Intervalle de  $[\text{PO}_4]$ : 0-100  $\mu\text{M}$  <sup>(1)</sup>
- Intervalle de  $[\text{NO}_3]$ : 0-500  $\mu\text{M}$
- Intervalle de [citrate] (modèle de  $C_{\text{org}}$ ): 0-2 mM <sup>(2)</sup>
- Composts

## Résultats attendus:

- Comparaison de l'effet avec volet 1  
(présence et ordre de grandeur)

(1) Lambert et al 2007

(2) Kirk et al 1999

# Remerciements



- J. London, Université Trent
- P. Beckett et G. Spiers, Université Laurentienne
- Les résidents de Deloro qui m'ont autorisé à échantillonner sur leur propriété
- L. Bracken, S. Chaperon, M. Deneault, P. Fayad, M. François, H. Lalande, R. Lambert, L. Livingstone, K. Quévillon, M.-C. Turmel

# Références

- AKTER K et NAIDU R. 2006. « Arsenic speciation in the environment » in Naidu R. et al. (eds), *Managing Arsenic in the Environment*, CSIRO Publishing, pp.59-74.
- FITZ WJ et WENZEL WW. 2006. « Sequestration of arsenic by plants » in Naidu R. et al. (eds), *Managing Arsenic in the Environment*, CSIRO Publishing, pp.209-222.
- KIRK GJD, SANTOS EE et SANTOS MB. 1999. « Phosphate solubilization by organic anion excretion from rice growing in aerobic soil: rates of excretion and decomposition, effects on rhizosphere pH and effects on phosphate solubility and uptake », *New Phytol.* Vol.142 pp.185-200.
- LAMBERT R, GRANT C et SAUVÉ S. 2007. « Cadmium and zinc in soil solution extracts following the application of phosphate fertilizers », *Science of the Total Environment* vol.378 pp.293-305.
- McLAREN RG, MEGHARAJ M et NAIDU R. 2006. « Fate of Arsenic in the soil environment » in Naidu R. et al. (eds), *Managing Arsenic in the Environment*, CSIRO Publishing, pp.157-182.
- ONTARIO MINISTRY OF THE ENVIRONMENT (MOE). 1998. *Phytotoxicology investigations conducted in the vicinity of the former Deloro smelter*, Deloro, Ontario 1986-1987
- ONTARIO MINISTRY OF THE ENVIRONMENT(MOE). 2004. *City of Greater Sudbury 2001 Urban Soil Survey*, Report #SDB-008-3511-2003.
- NAIDU R, SMITH E, OWENS G, BHATTACHARYA P et NADEBAUM P (eds). 2006. *Managing Arsenic in the Environment*, CSIRO Publishing, 656 p.

# Sites étudiés

