

# Effet des pratiques agricoles (amendements et fertilisation) à long terme sur la géochimie de l'arsenic en contexte non pollué.

Isabelle Lamy, Folkert van Oort



# Cadre historique



- **Crée en 1928** à la “Station Centrale d’Agronomie” localisée dans le parc du Château de Versailles
- **Objectifs initiaux** : “...déterminer les effets de l’application prolongée des principaux engrais et des amendements calcaires sur la composition et les propriétés physiques des sols de limons” (Burgevin et Hénin, 1939)  
*modification dans les teneurs en bases échangeables, pH, stabilité de la structure, porosité, la capacité de rétention “*
- **Expérimentation en jachère nu** : sur des sols de loess (limons éoliens) caractéristiques de la couverture pédologique du bassin Parisien et du Nord de la France
- **Contraintes annuelles:**
  - doses fixes d’engrais et d’amendements
  - bêchage deux fois par an (printemps, automne) /25 cm
  - échantillonnage de l’ensemble des parcelles 1929 ->

# Stockage des échantillons et archives 1929 - 2018



Collection d'échantillons

- Echantillonnage annuel jusqu'en 1968
- tous les 2, 3 ou 4 ans > 1970's
- horizon de surface 0 – 25 cm, quelques profondeurs
- collection : environ 3000 échantillons, 250 – 1500g
- Mais...
- pas d'analyse systématique
- evolution des techniques d'analyse depuis 1929

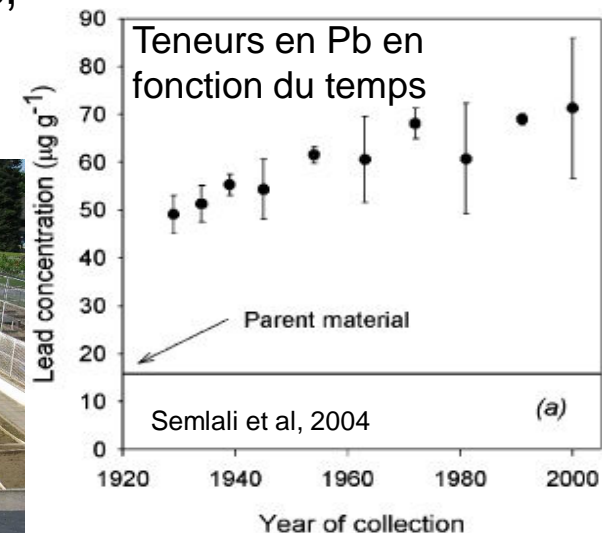


# Evolution des fonctions et de l'utilité du dispositif

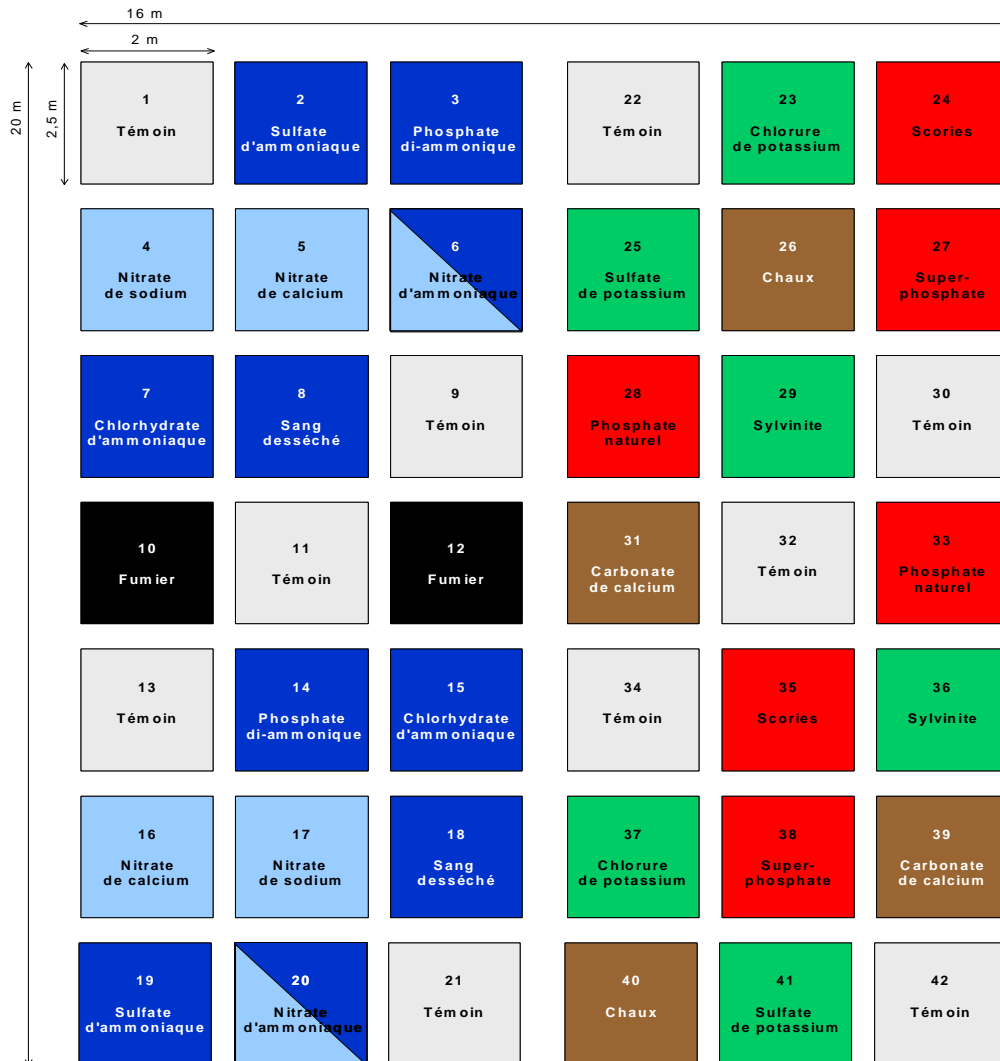
1. **Dispositif de suivi à long-terme** (objectifs initiaux) : évolution des propriétés physiques, chimiques et minéralogiques des sols limoneux, sous contrainte de fertilisations et amendements

2. **Dispositif d'enregistrement** : Qualité de l'environnement : évolution et quantification des retombées atmosphériques (métaux lourds, éléments radioactifs, platinoïdes)

3. **Dispositif modèle pour l'expérimentation** : même sol mais diversité de propriétés, gradients (Ex. mobilité/fixation des pesticides, estimation du pool carbone stable)



# Design expérimental



## TRAITEMENTS

## APPORTS ANNUELS

Témoins

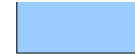


0

Engrais azotés Ns ammoniacaux ( $\text{NH}_4^+$ )



nitrate ( $\text{NO}_3^-$ )



150 kg N/ha/an

Engrais phosphates P



200 kg  $\text{P}_2\text{O}_5$ /ha/an

Engrais potassiques K



250 kg  $\text{K}_2\text{O}$ /ha/an

Amendements calciques (Ca)



1000 kg CaO/ha/an

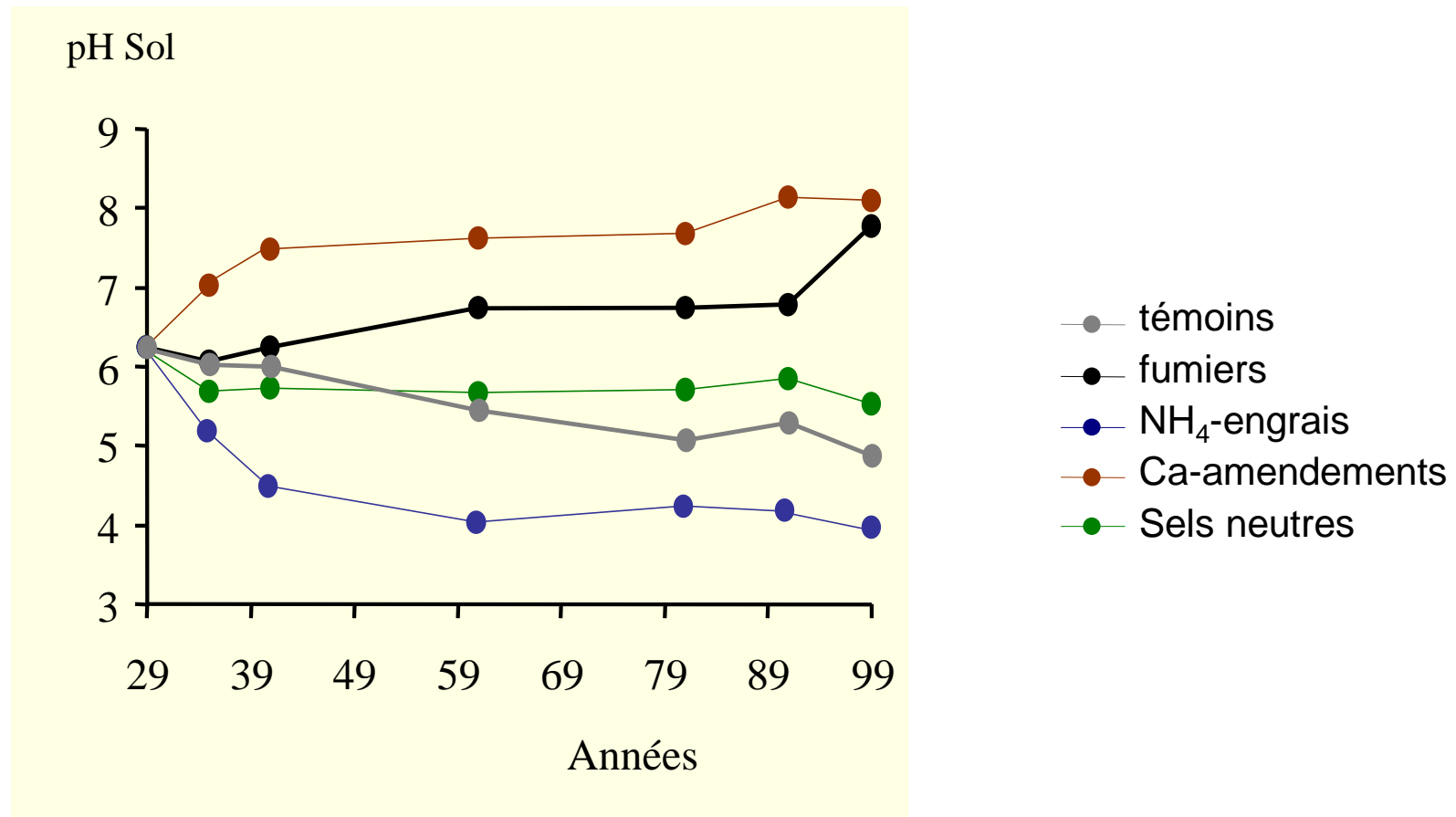
Amendements Organiques



100 tonnes/ha/an

# Evolutions rapides... → pH

(these A.Pernes-Debuyser, 2003)

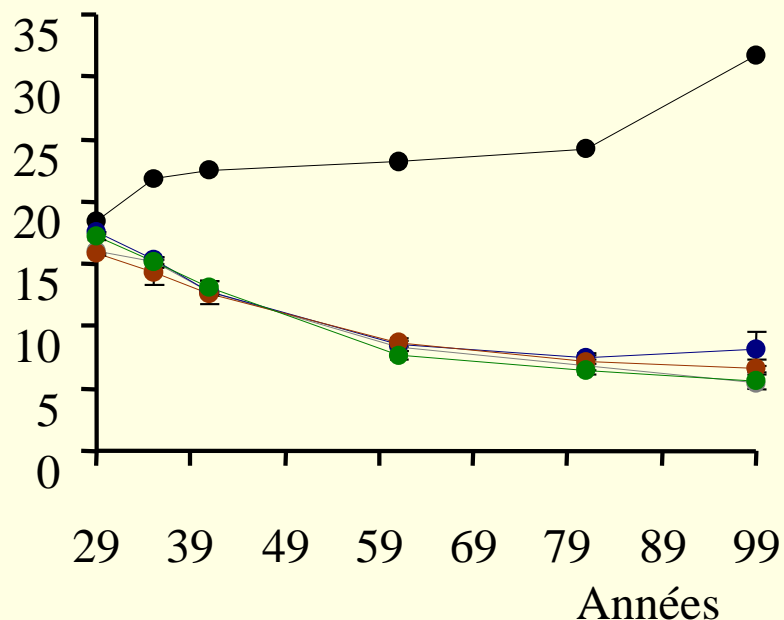


En 1999 gradient de pH 3,6 - 8,2

(parcelles  $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4 \leftrightarrow \text{CaO}, \text{CaCO}_3$ )

# Les évolutions ... → minérales et organiques

Org. C (‰)



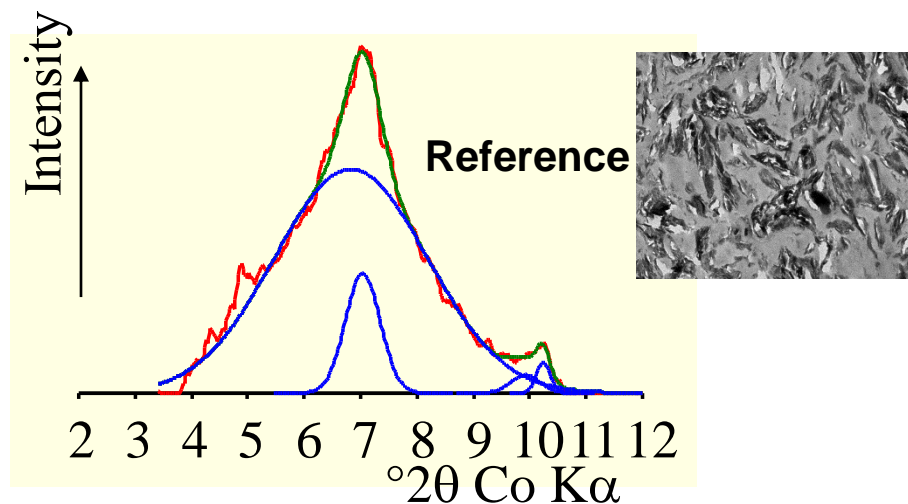
- témoins
- fumiers
- NH<sub>4</sub>-engrais
- Ca-amendements
- Sels neutres

80 ans →

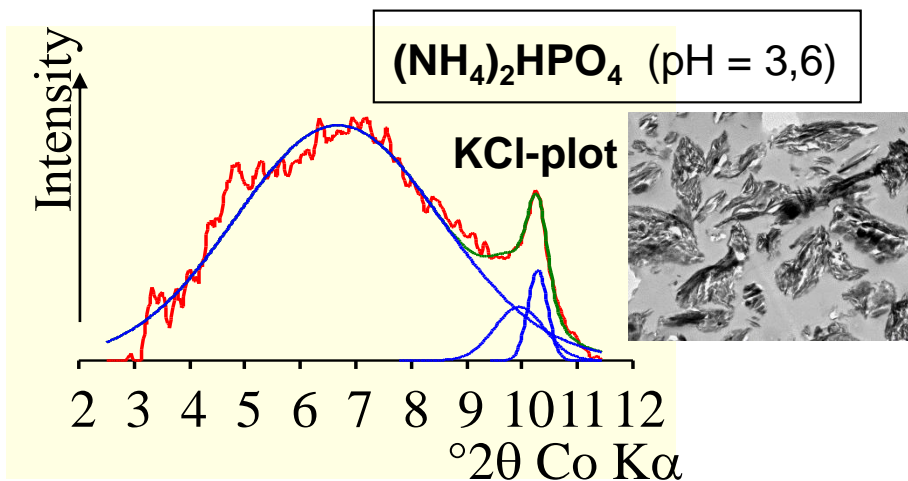
*perte de > 50% OM*

XRD

Reference plots (pH = 5,6)

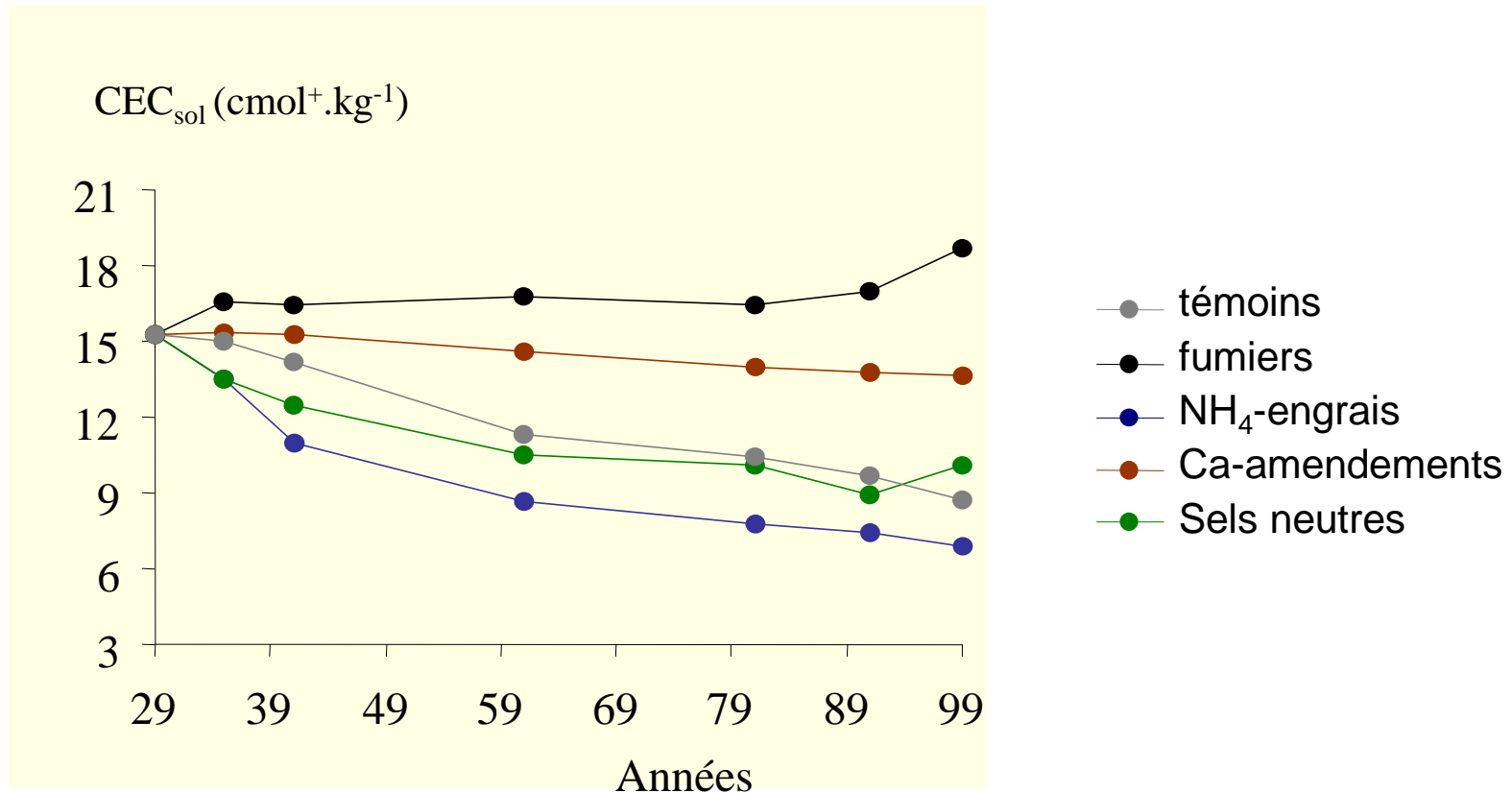


(NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub> (pH = 3,6)



-> Impacts sur la minéralogie des argiles  
illitisation pour les engrais K, destruction  
des argiles en conditions acides

# Evolution... → CEC

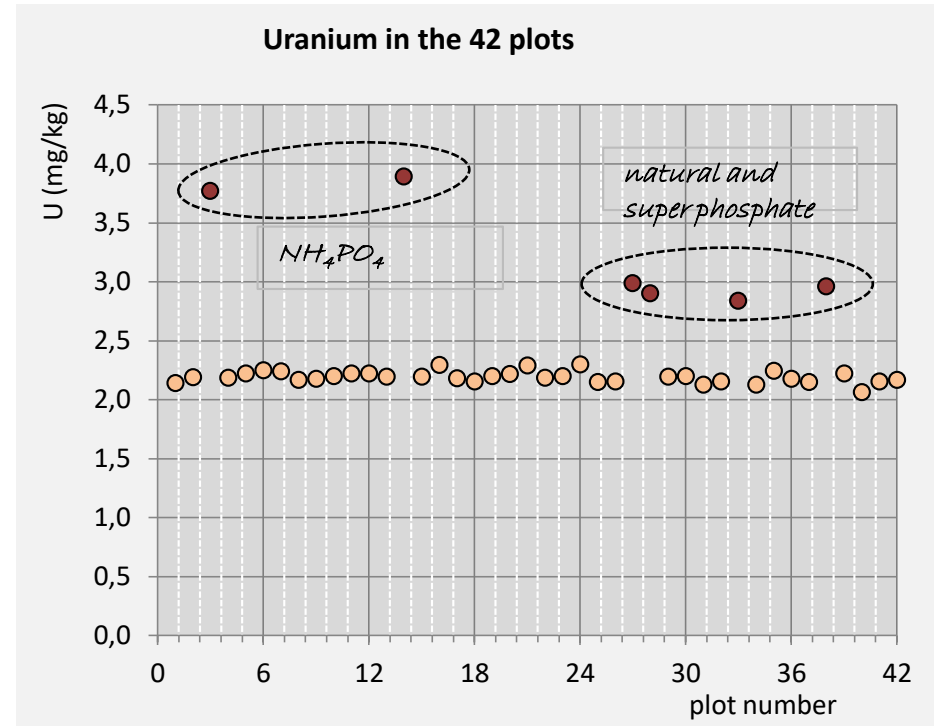
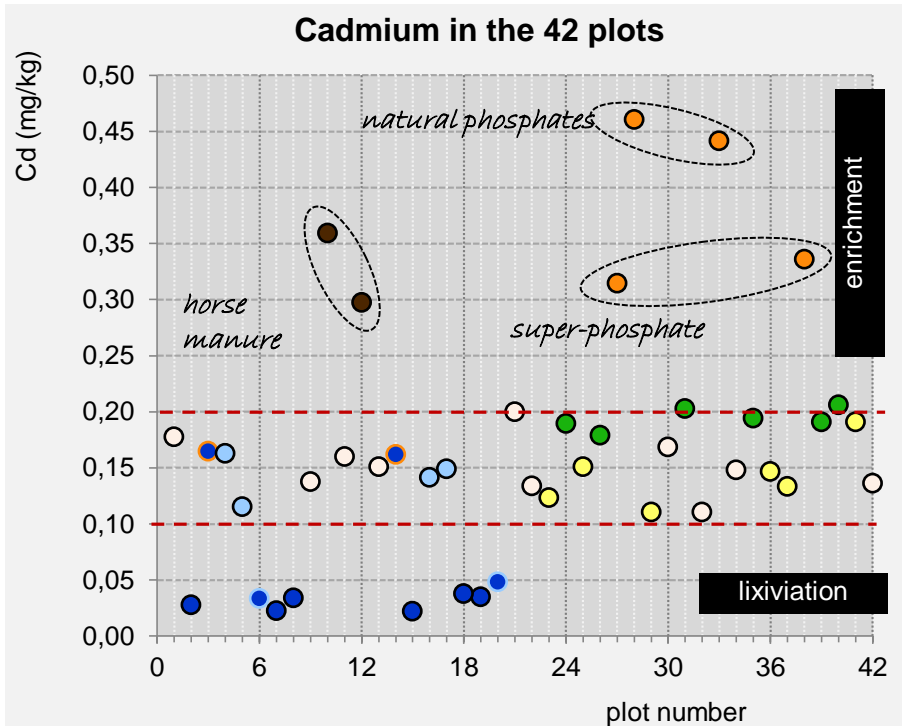


Gradient de CEC 6,2 - 18,7 cmol<sup>+</sup>.kg<sup>-1</sup>

(parcelles (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub> ↔ Horse manure)



# Evolutions... métaux trace

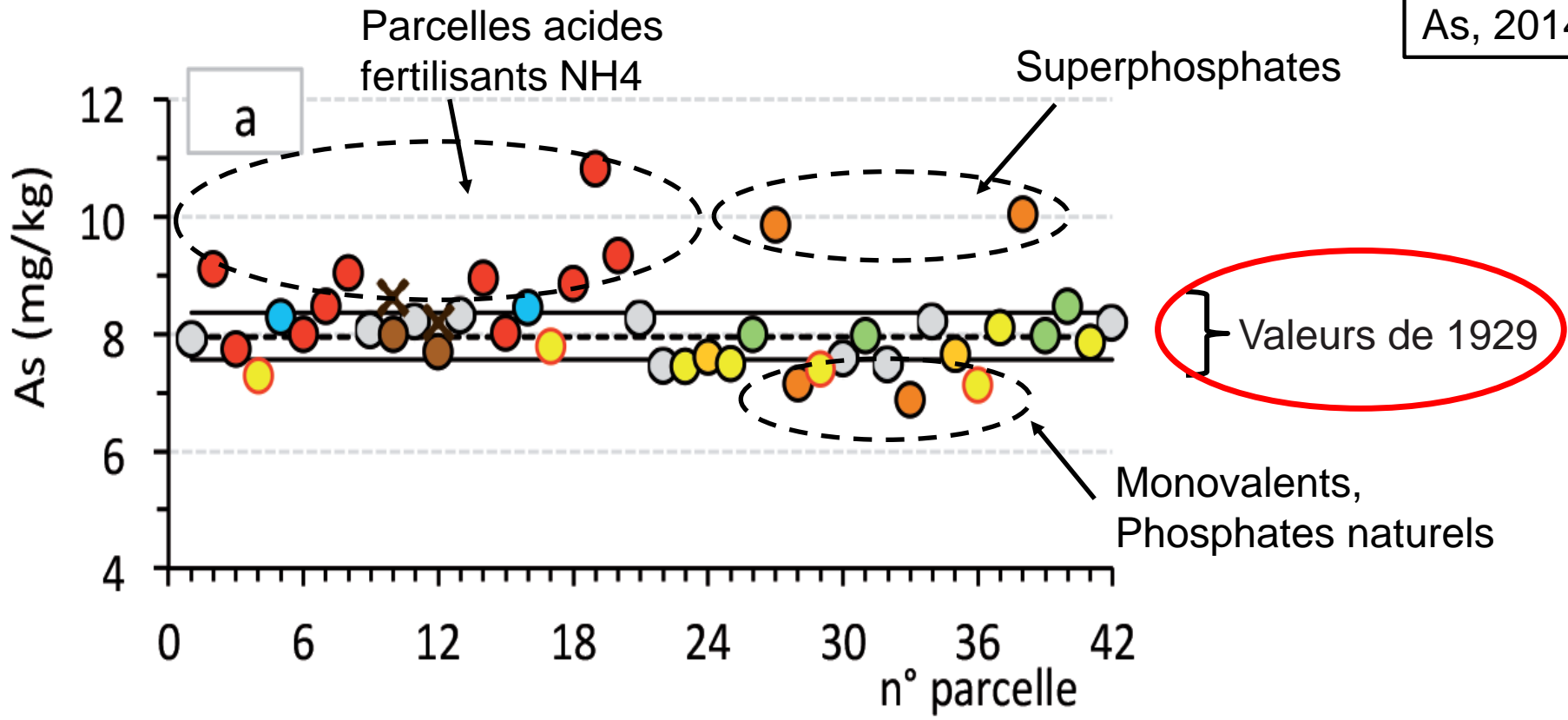


- Augmentation de la teneur en certains éléments trace due aux pratiques de fertilisation : Cd, U (phosphates); Zn, Cd, (fumier); Mn, Cr, (scories de déphosphoration)

## Arsenic et vieilles parcelles

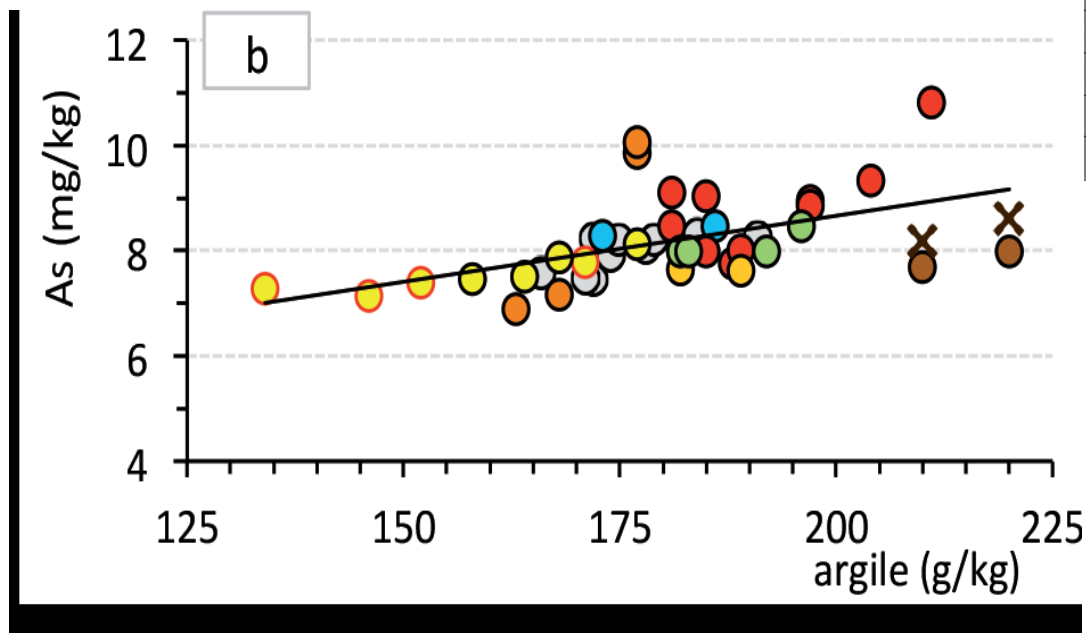
États et bilans géochimiques dans l'horizon de surface d'un NÉOLUVISOL de loess nu, avec ou sans apports de matières fertilisantes depuis 1928

van Oort F., Paradelo R., Proix N., Breuil S., Delarue G., Trouvé A., Baize D., Monna F. et Richard A. - 2017 - Arsenic et vieilles parcelles Etude et Gestion des Sols, 24, 99-126



- Teneurs plus élevées dans le traitement « super phosphate » -> apports d'As
- Valeurs élevées dans les parcelles acides -> présence d'aluminium libre favorisant la rétention d'As / présence de formes anioniques d'As qui peuvent interagir avec les charges positives d'oxydes de Fe, d'Al ou de Mn favorisant leur rétention
- Les valeurs les plus faibles en As correspondent aux traitements « monovalents » et « phosphate naturel ».

$$\text{As} = f(\text{Argile})$$



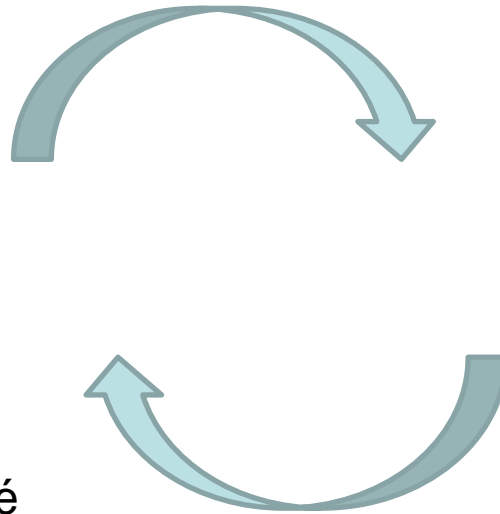
Groupe / Code couleur	Apport fertilisant / amendement
Témoins	● sans traitements
Acides	● $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ , $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ , $\text{NH}_4\text{NO}_3$ , $\text{NH}_4\text{Cl}$ , sang desséché
Nitrate de calcium	● $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$
Monovalents	● $\text{NaNO}_3$ , $(\text{Na},\text{K})\text{Cl}$ (sylvinite)
	● $\text{KCl}$ , $\text{K}_2\text{SO}_4$
Fumier	● fumier de cheval
Phosphates	● superphosphate, phosphate naturel
Scories	● scories de déphosphoration
Basiques	● $\text{CaO}$ , $\text{CaCO}_3$

Valeurs les plus faibles en As dans les parcelles aux traitements « monovalents » et « phosphate naturel » :

=> Une partie du transfert de l'arsenic vers les horizons sous-jacents pourrait être liée à la migration d'argile



Sol +/- contaminé



Macrofaune



ELSEVIER

Available online at [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com)

SCIENCE @ DIRECT®

Environmental Pollution 124 (2003) 361–373

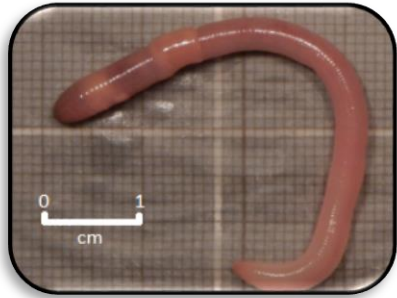
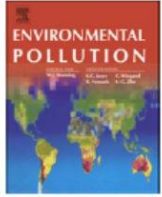
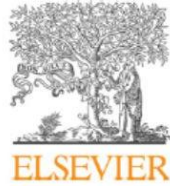
ENVIRONMENTAL  
POLLUTION

[www.elsevier.com/locate/envpol](http://www.elsevier.com/locate/envpol)

Review

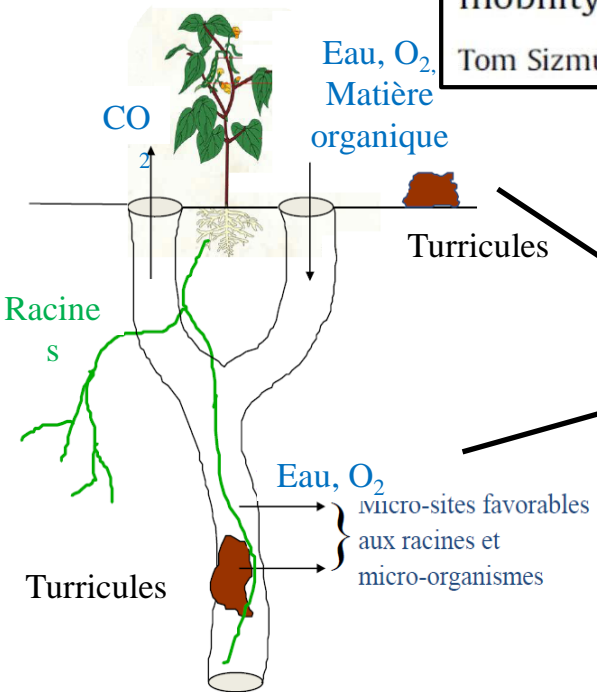
## Interactions between earthworms and arsenic in the soil environment: a review

Caroline J. Langdon<sup>a</sup>, Trevor G. Pearce<sup>b</sup>, Andrew A. Meharg<sup>d</sup>, Kirk T. Semple<sup>c,\*</sup>



### Impact of the earthworm *Lumbricus terrestris* (L.) on As, Cu, Pb and Zn mobility and speciation in contaminated soils

Tom Sizmur<sup>a,\*</sup>, Barbara Palumbo-Roe<sup>b</sup>, Michael J. Watts<sup>b</sup>, Mark E. Hodson<sup>a</sup>



En présence de *L. terrestris*

dans les turrículos

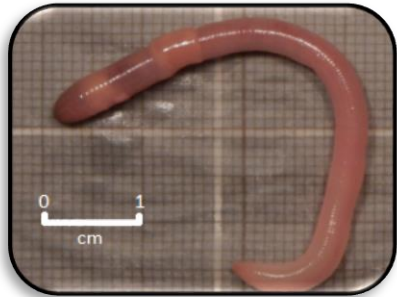
dans l'eau du sol

mobilité de As plus importante que pour sol sans vers

- As et DOC augmentent dans la solution de sol  
As présent en tant que oxy-anion => pas de liaison avec MO (<0)

- L'augmentation de DOC dans la solution du sol augmente la compétition entre As et MO pour sites de surface > 0 tels que oxides de Fe et Mn





Arsenic speciation in field-collected and laboratory-exposed earthworms  
*Lumbricus terrestris*

Mark Button<sup>a</sup>, Maeve M. Moriarty<sup>a</sup>, Michael J. Watts<sup>b</sup>, Jun Zhang<sup>a</sup>, Iris Koch<sup>a</sup>, Kenneth J. Reimer<sup>a,\*</sup>

Obj : Comprendre comment les vers vivant sur site contaminés peuvent tolérer des teneurs élevées en As dans leurs tissus (système de dépuration?)

- Sols : gradient en As de 16–348 mg/kg; vers : 6.0–239 mg/kg et feuilles 8.6 mg/kg

En général, présence faible d'espèces organoAs et plus importante d'As inorganique

- Résultat majeur : au contraire des vers collectés in-situ, les vers issus des cosmes ne contenaient que des espèces d'As III et V inorganique
- L'hypothèse est que l'ingestion de MO et les processus symbiotiques dans les sols in situ sont les sources de composés organoAs retrouvés dans les vers

# En guise de conclusion

- As est un élément chimique intéressant à suivre dans l'environnement, en raison de sa différence d'affinité pour les constituants du sol, avec une **forte préférence pour les éléments minéraux plutôt que pour la matière organique** (au contraire d'éléments comme Cu, Pb, Cd...)
- Ce **contraste d'affinité** peut être exploité pour mieux comprendre la **mobilité** des éléments trace dans l'environnement, notamment avec les nano-particules et leur **biodisponibilité** en fonction des cibles visées