



UNIVERSITÉ  
DE LORRAINE



INRA  
SCIENCE & IMPACT

GISFI

*Journée d'Hommage*



*Sur les traces de  
Jean-Claude FARDEAU*

# Biodisponibilité du Cd du Ni dans les sols

**Jean Louis MOREL**

*Laboratoire Sols et Environnement (LSE)*

*UMR 1120 UL-INRA*

*lse.inpl-nancy.fr*

*gisfi.fr*

# Intérêt de la mesure de la biodisponibilité de Ni et Cd

- Cd

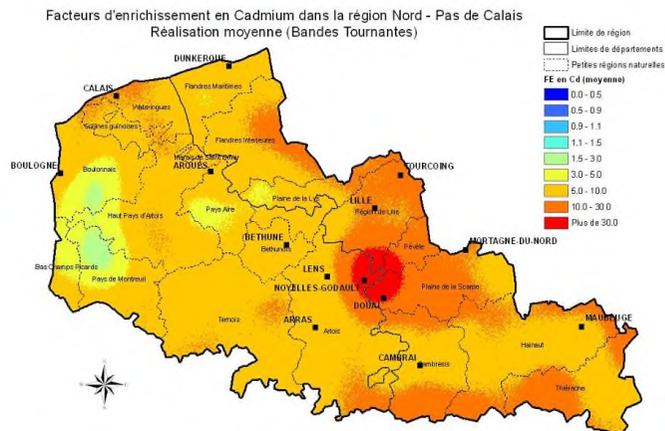
- contamination des terres agricoles
  - rejets miniers
  - rejets industriels
  - apports de déchets (boues)
- élément toxique
  - mal

**Disponibilité: besoin de connaître cette propriété pour gérer les sols contaminés**

contamination des céréales, légumes, etc.

- Ni

- présent dans de nombreux sols
  - ultramafiques
  - ...
- stratégique
  - exploitation minière
  - présent dans les déchets RA
  - oligo-élément (Légumineuses)
- « mine verte »
  - agromine
  - valoriser les sites contaminés

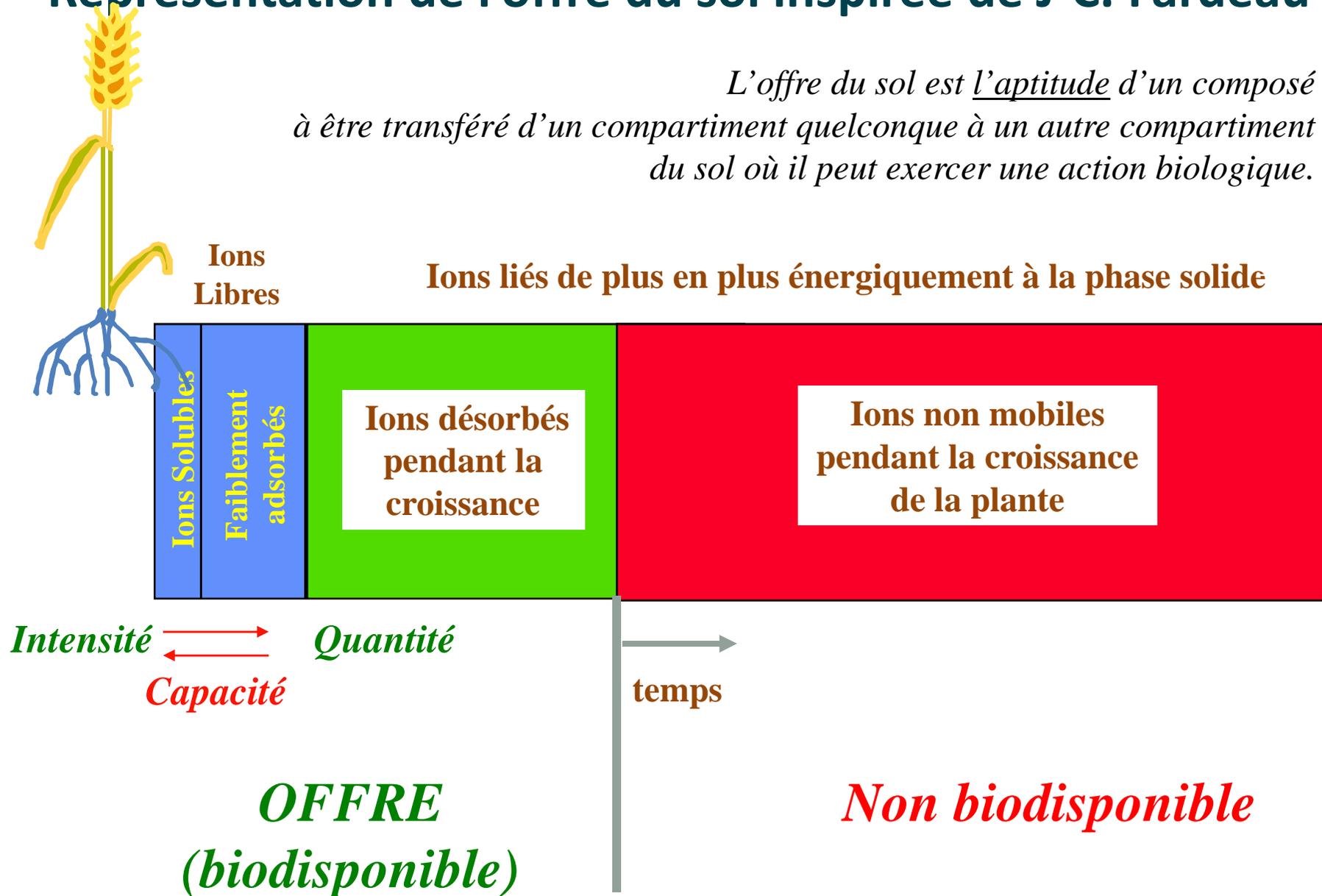


Villanneau, 2007 ; Sterckeman et al., 2006



# Représentation de l'offre du sol inspirée de J-C. Fardeau

*L'offre du sol est l'aptitude d'un composé à être transféré d'un compartiment quelconque à un autre compartiment du sol où il peut exercer une action biologique.*



# Caractériser l'offre du sol en éléments en traces

- **Analyse de la quantité totale**
  - insuffisant pour évaluer le risque de transfert sol-plante
- **Bio-tests**
  - **essais culturaux**
    - *indication de risque/fertilité mais pas mesure de la phytodisponibilité*
    - *la plante puise dans le compartiment disponible une quantité dépendant de ses besoins*
  - **tests microbiologiques et enzymatiques**
- **Extraction chimique**
  - corrélation entre la réponse de la plante et celle de l'extractant
  - mais pas identité entre les quantités prélevée/extraite
  - analyse de routine
- **Méthodes isotopiques**
  - les seules capables de mesurer la taille du compartiment disponible
  - Valeurs L et E
  - CRU



# Biodisponibilité de Ni et Cd

# Risques associés à l'utilisation de déchets en agriculture: la question des métaux

Fardeau *et al.*, 1979

ETUDE AU MOYEN DE  $^{15}\text{N}$ ,  $^{32}\text{P}$ ,  $^{65}\text{Zn}$ ,  $^{109}\text{Cd}$  ET  $^{203}\text{Hg}$  DE QUELQUES LIMITES  
D'UTILISATION EN AGRICULTURE DES BOUES RESIDUAIRES

J.C. FARDEAU and G. GUIRAUD

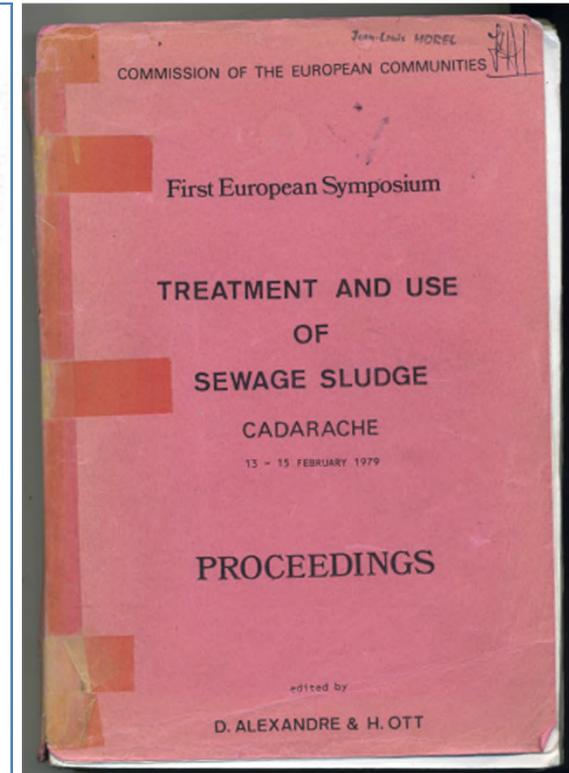
Centre d'Etudes Nucléaires de Cadarache, Département de Biologie,  
Service de Radioagronomie, B.P. n° 1, 13115 Saint-Paul-lez-Durance

J.M. HETIER

Centre de Pédologie Biologique, B.P. n° 5, 54500 Vandoeuvre-lez-Nancy

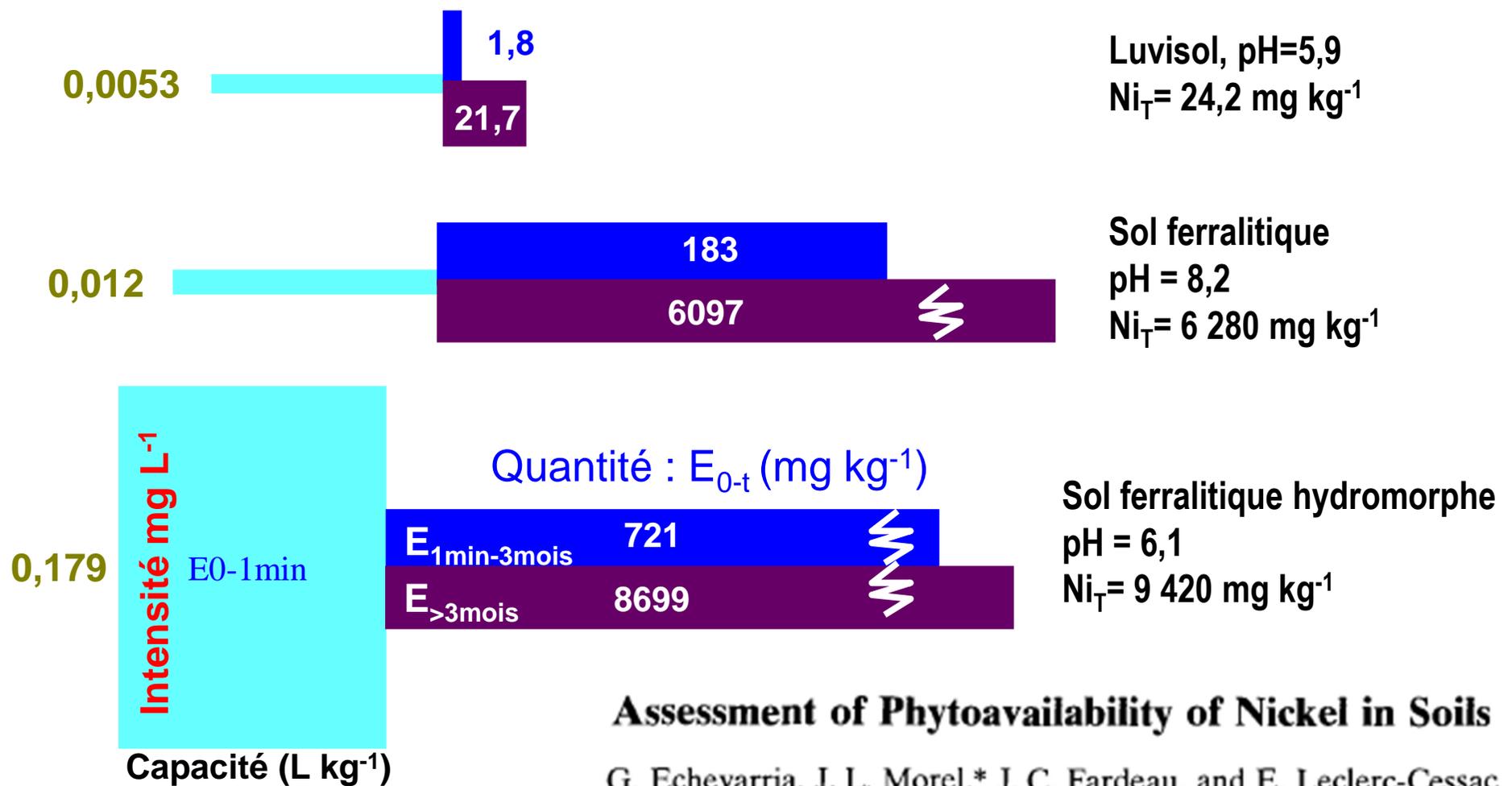
## SUMMARY

Application of residual sludges increases dry matter production. This effect is due to the low C/N of these matters. The possible risks depend on the alteration of ions mobility as  $\text{PO}_4^{--}$ ,  $\text{Zn}^{++}$ ,  $\text{Hg}^{++}$  and  $\text{Cd}^{++}$ , which are often very strongly absorbed by soil particules. For these investigations, use of radioactive tracers is necessary. We have shown, with  $^{65}\text{Zn}^{++}$ , that zinc of sludges is not available for ray-grass and, with  $^{32}\text{P}\text{O}_4$ , that phosphorus mobility declines with lime-treated sludges. The use of isotopic dilution kinetics allows to shown that  $\text{Hg}^{++}$  and  $\text{Cd}^{++}$  are not absorbed in too acidic soils.



- **Sols amendés avec des boues d'épuration**
- **Technique Larsen: mesure du pool dans lequel la plante prélève l'élément**
  - Valeur L
  - mesure du coefficient des réserves du sol (Zn : 1,2%)
- **Technique des cinétiques de dilution isotopique : mesure du pool d'élément isotopiquement échangeable**
  - Valeur E
  - Zn, Cd, Hg fortement retenus par le sol ( $r_1/R < 1\%$ )

# Cinétiques d'échange isotopique: représentation de la distribution du nickel dans trois types de sols (« modèle mamellaire », J-C. Fardeau)



# Origine du nickel phytodisponible

Comparaison des compositions isotopiques du nickel dans la plante et la solution du sol (kBq  $\mu\text{g}^{-1}$ )

	Sol brun lessivé	Sol industriel
<i>Trifolium pratense</i>	36,4a	2,3b
<i>Alyssum murale</i>	38,5a	2,5b
Solution du sol	44,1a	3,8b

- Les plantes prélèvent toutes leur nickel dans le même compartiment, quelle que soit leur demande (e.g. hyperaccumulateurs)
- Le Ni provient exclusivement du pool isotopiquement échangeable du Ni du sol
- Le DTPA extrait majoritairement le Ni isotopiquement échangeable

(Thèses Echevarria et Shallari, 1997, Echevarria et al., 1997, 1998; Shallari *et al.*, 2000)

# Comparaison des valeurs L et $E_{3\text{mois}}$ du cadmium pour une terre acide contaminée par des rejets industriels

L			$E_{3\text{mois}}$
<i>L. perenne</i>	<i>L. sativa</i>	<i>N. caerulescens</i>	Solution du sol
-----mg <sup>-1</sup> Cd kg terre -----			
16 a	Toxicité	17 a	17 a

- Le Cd phytodisponible est le Cd isotopiquement échangeable
- Le Cd phytodisponible est le même pour des plantes ayant des prélèvements variés en Cd (Graminées et hyper accumulateur)

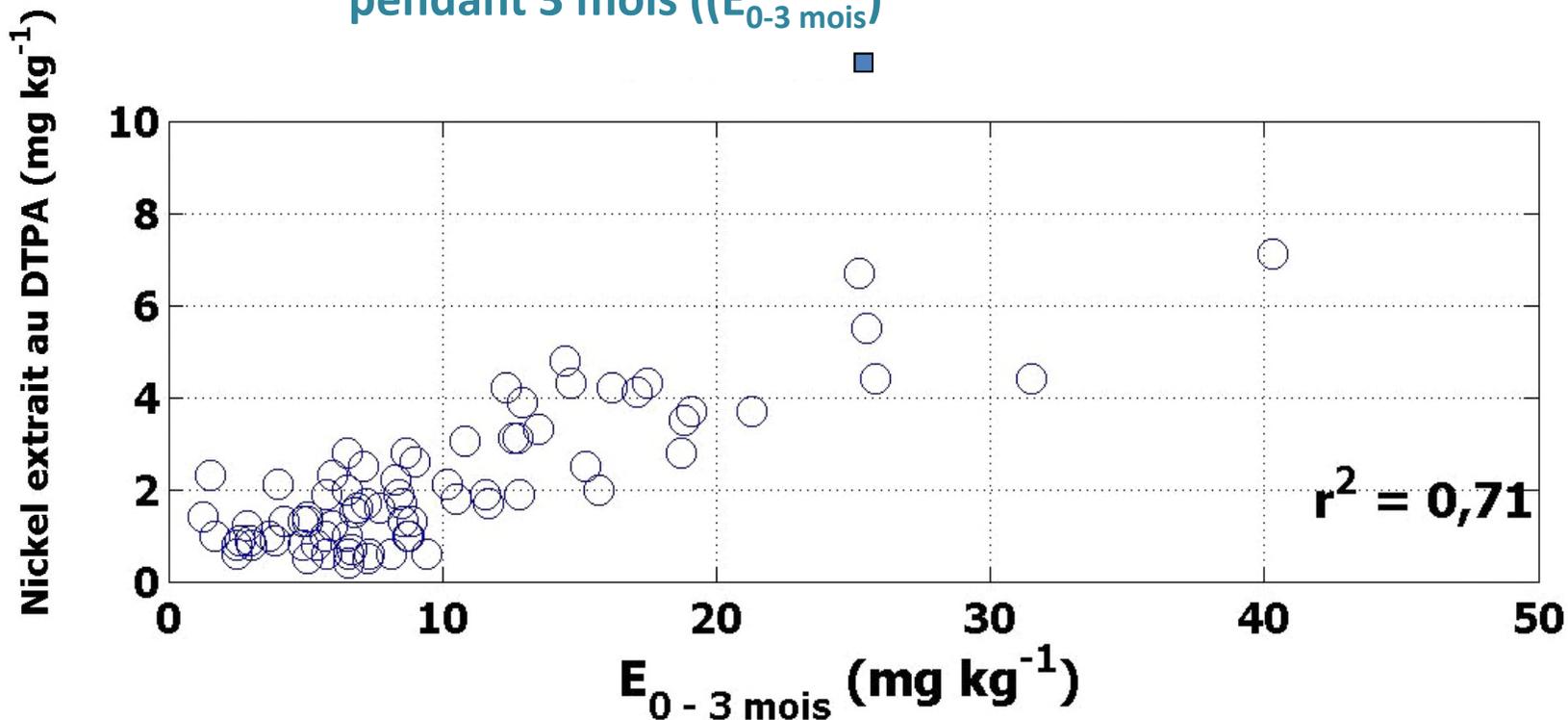


# Applications

validation des méthodes d'extraction chimique  
effets d'amendements  
gestion des sols contaminés

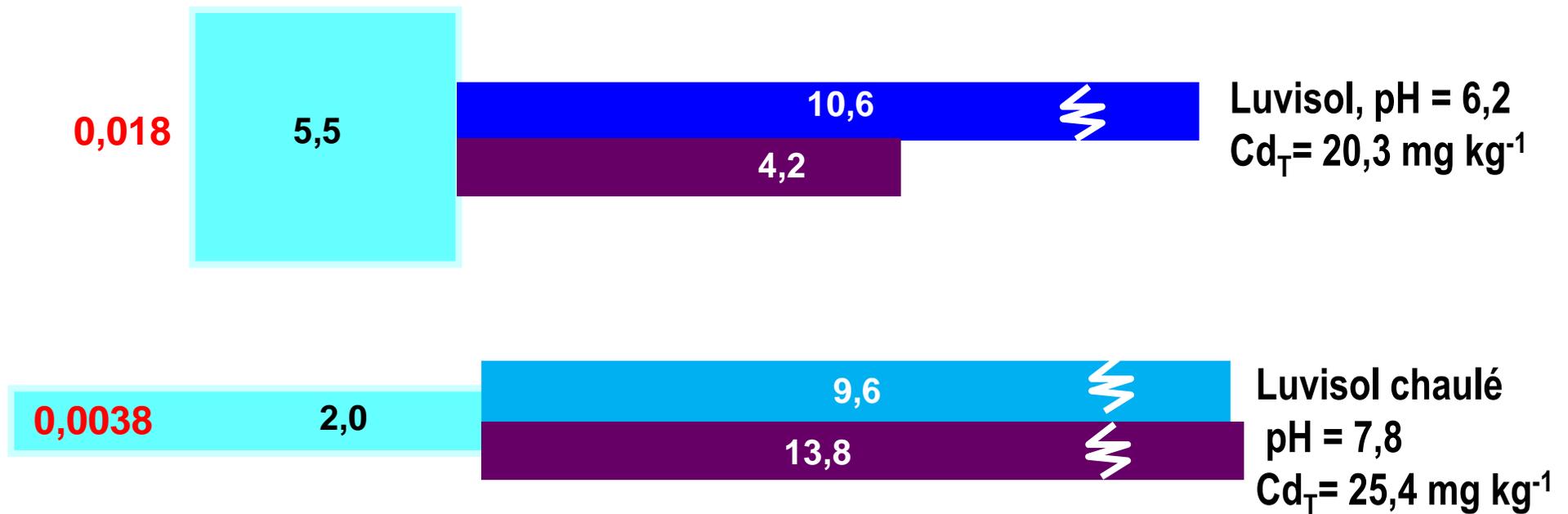
# Mesure de la phytodisponibilité: validation des méthodes d'extraction chimique

- Comparaison des quantités extractibles par le DTPA et la taille du compartiment isotopiquement échangeable pendant 3 mois ( $E_{0-3 \text{ mois}}$ )

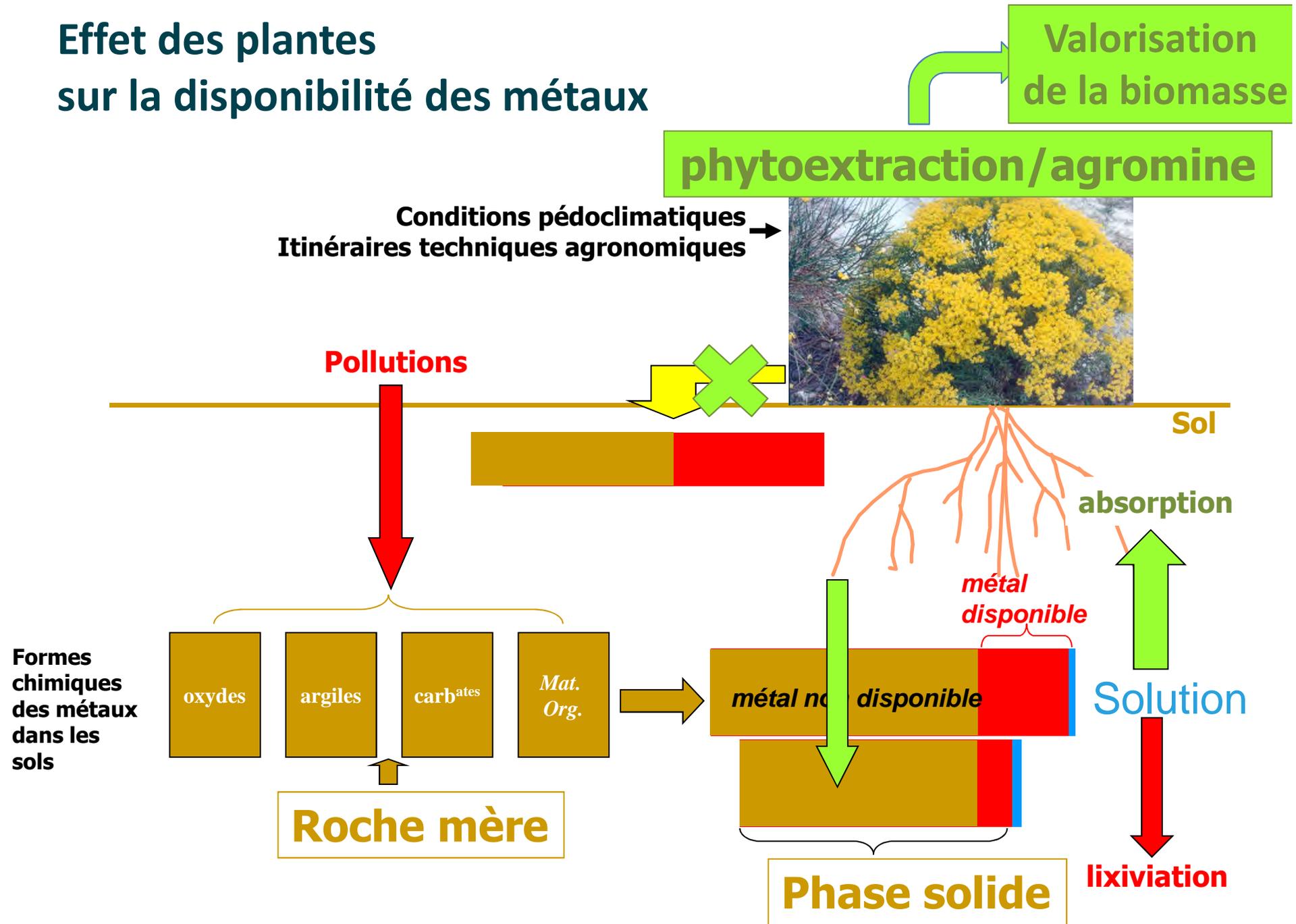


(Echevarria et al., 2002)

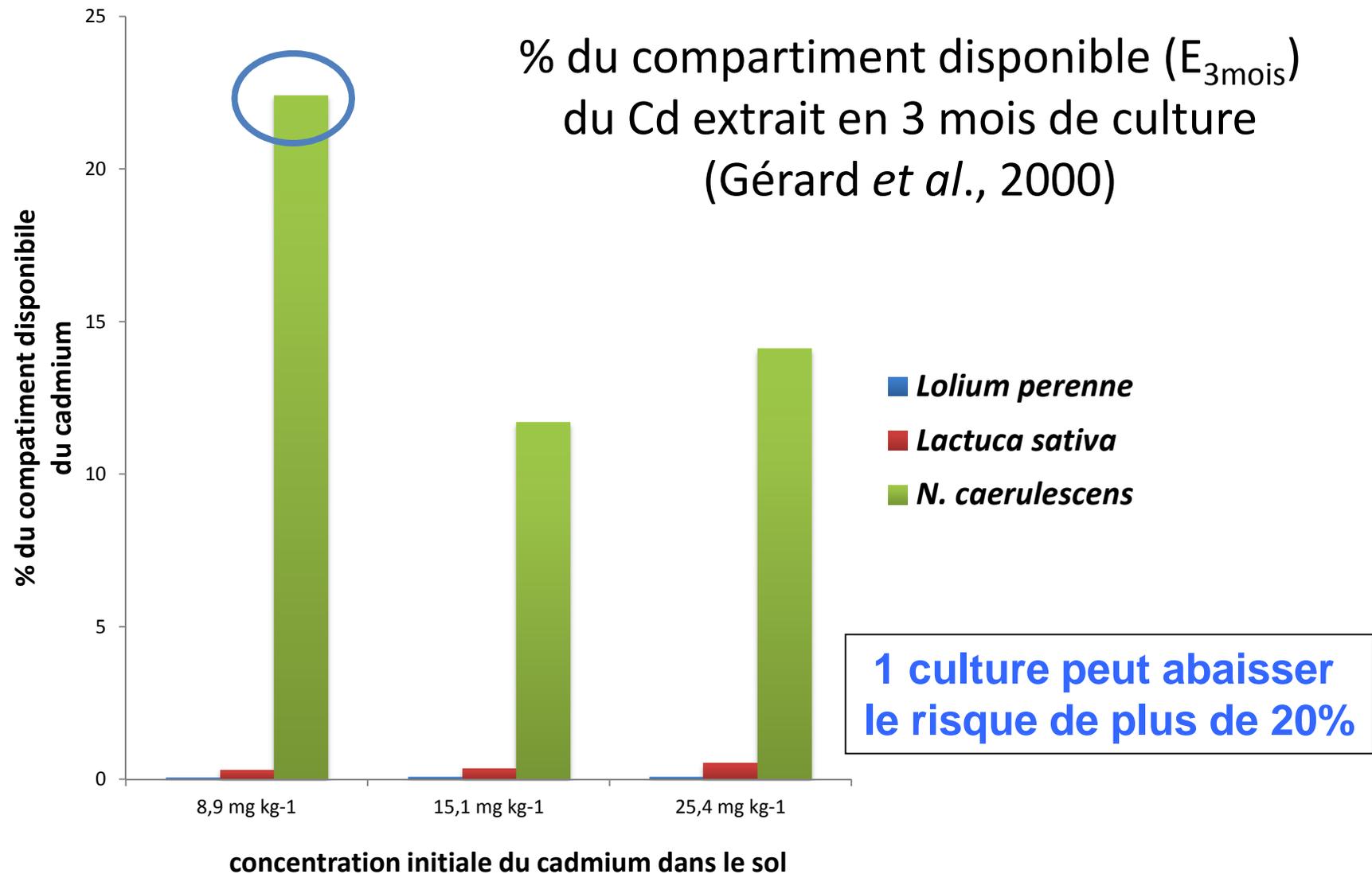
# Effet du chaulage sur le cadmium phytodisponible



# Effet des plantes sur la disponibilité des métaux



# Influence des plantes sur le cadmium disponible du sol



# Conclusion

- **Jean-Claude Fardeau**

- pionnier
- entraîneur
- rigoureux
- pédagogue, une voix
- ami fidèle, disponible

- **Biodisponibilité**

- -ité, -able
- aptitude, potentiel

- **Nous a légué une pensée  
et des outils exceptionnels**

- quel avenir (utilisation des isotopes radioactifs) ?



# Rigueur et humour

Plant and Soil **41**, 293–302 (1974)

Ms. 2357

## MESURE AU CHAMP DU PHOSPHORE DISPONIBLE 'L'

par J. C. FARDEAU et E. TRIBOI

Avec la collaboration technique de J. JAPPÉ

Commissariat à l'Energie Atomique, Département de Biologie,  
Service de Radioagronomie CEN de Cadarache, 13115 Saint-Paul-lez-Durance, France.

FIELD MEASUREMENT OF AVAILABLE PHOSPHORUS, L VALUE

par 2 m<sup>2</sup>: six parcelles de 2m<sup>2</sup> ont été traitées ainsi. Armé d'une bêche, on se doit de retourner la terre 4 fois <sup>1</sup> pour aboutir à une répartition suffisamment homogène de la radioactivité. On a alors semé du ray-grass ainsi que

## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- 1 Blanchard, J., Le système pifométrique. *Energie nucléaire* **14**(1), 59–60 (1972).