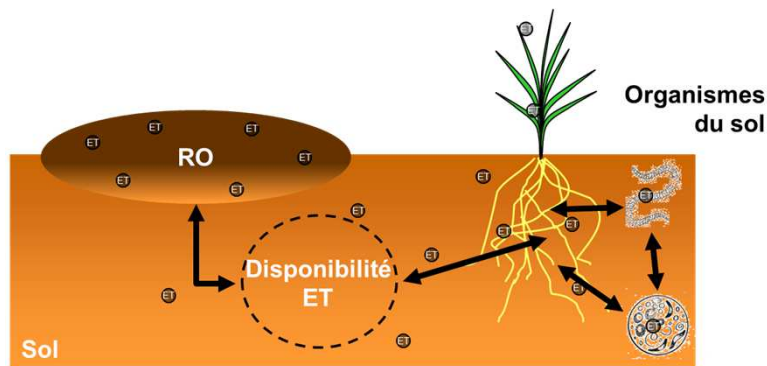


UR

Recyclage
et risque



Continuum d'approches biogéochimiques pour l'évaluation de l'écotoxicité terrestre des éléments traces (ET) en contexte de recyclage agricole de résidus organiques (RO)



Matthieu Bravin

matthieu.bravin@cirad.fr

<http://rhizotest.cirad.fr>



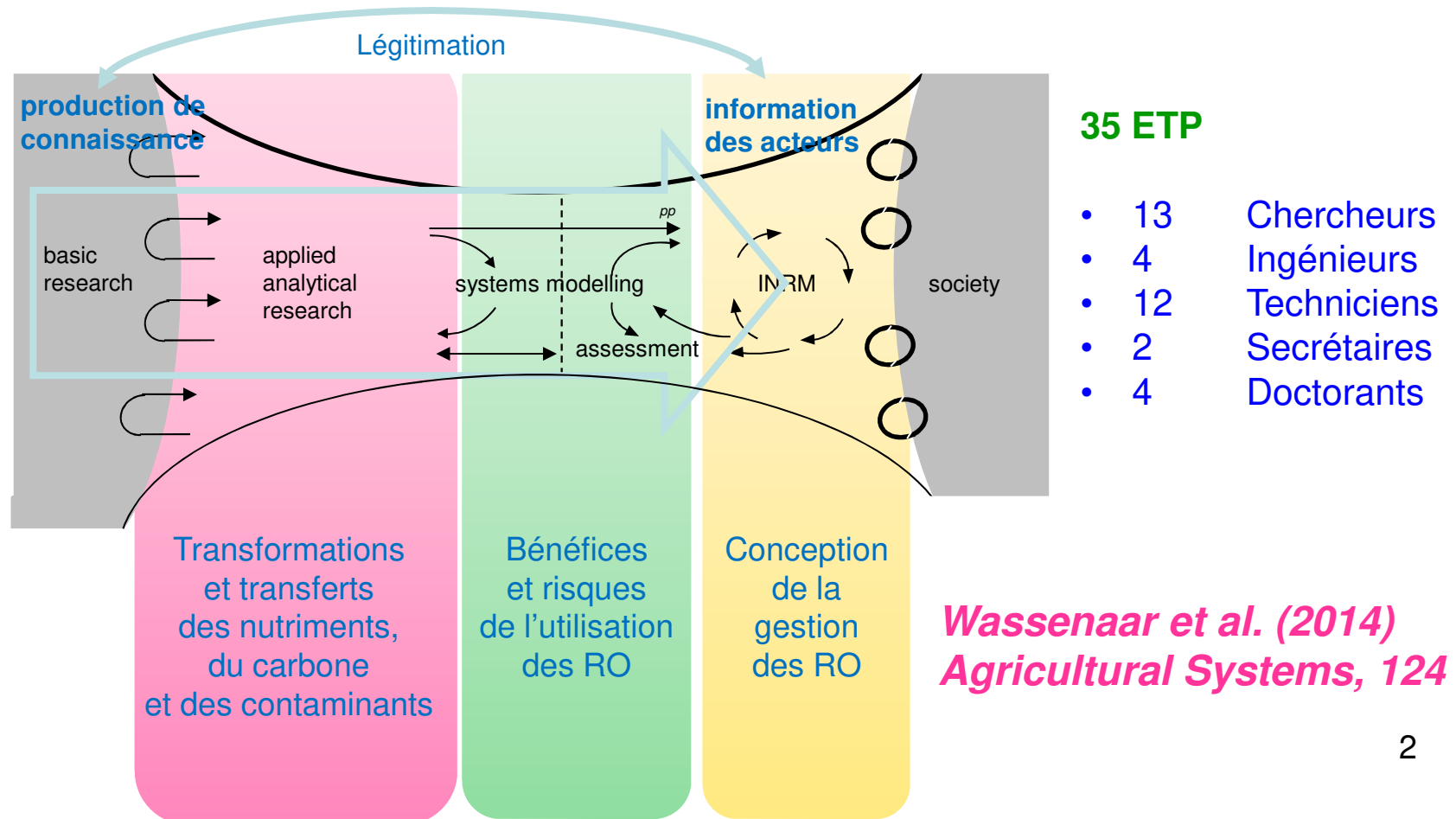
LA RECHERCHE AGRONOMIQUE
POUR LE DÉVELOPPEMENT

Animation Isto ● 6 mai 2021

Positionnement de l'unité

Des recherches collectives

contribuant à l'identification de **solutions durables de recyclage de RO** dans des situations où **leur volume croissant constitue un frein à la durabilité économique et environnementale des territoires**



Implantations géographiques



Cirad
Montpellier



CEREGE
Aix-en-Provence

Cirad-IRD
Dakar, Sénégal

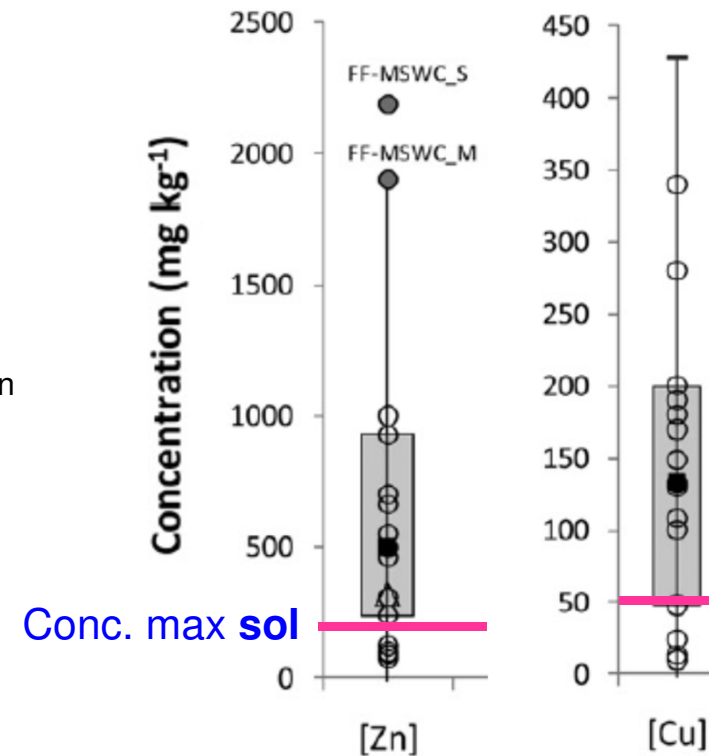
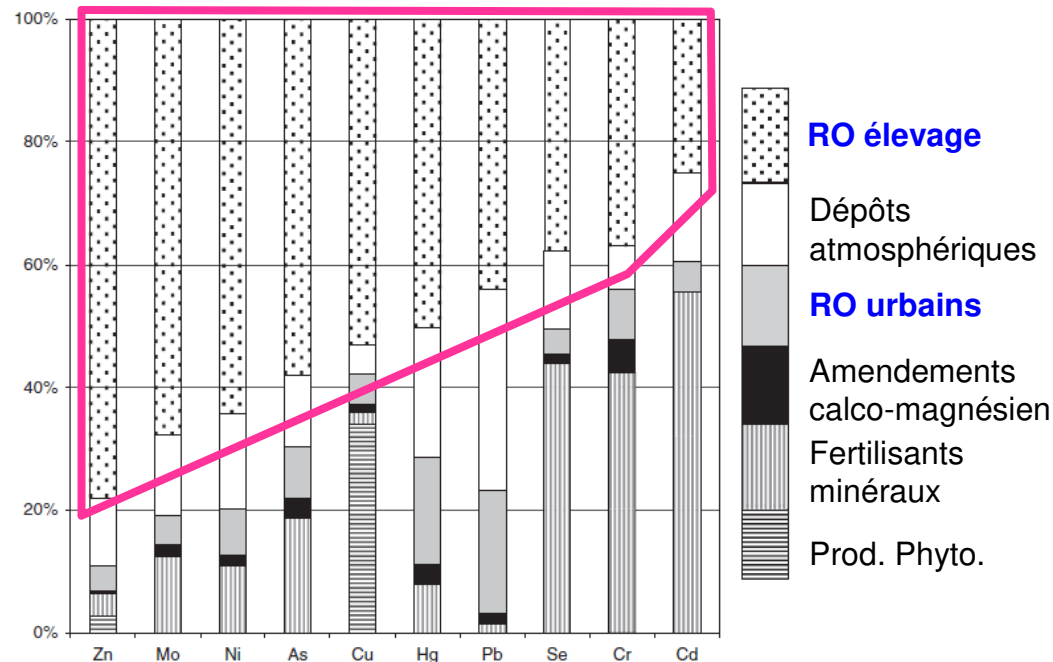


Cirad
La Réunion



Ecotoxicologie des ET dans les sols agricoles

Rôle majeur des RO dans la contamination des sols



➤ Flux moy. sols (tonnes an⁻¹)

Zn >> **Cu** >> Cr > Pb > Ni > As >> Mo > Se > Cd > Hg

15 200

12

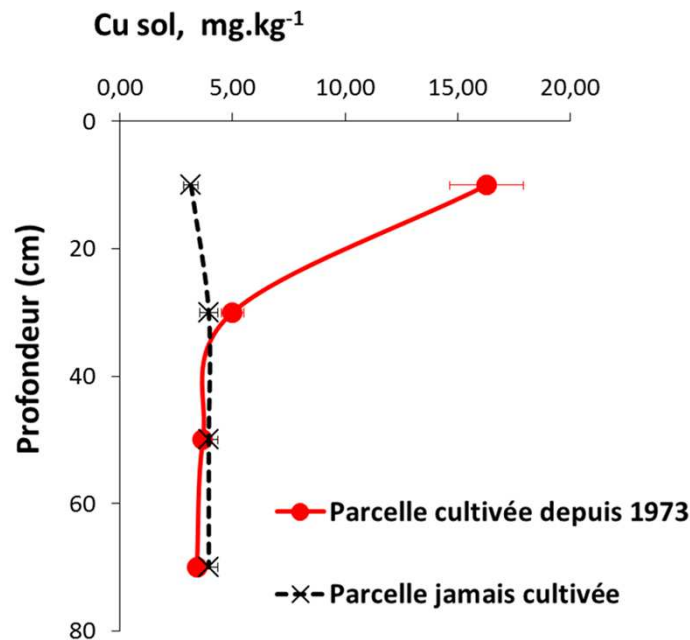
Belon et al. (2012) Stoten, 439

*Tella et al. (2013)
Waste Manag., 33*

Ecotoxicologie des ET dans les sols agricoles

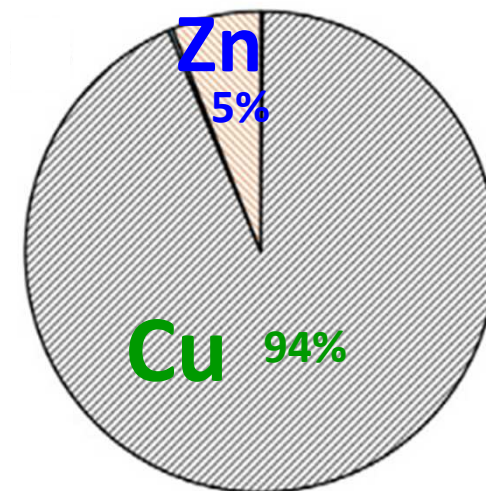
Contamination modérée mais à long-terme

Sénégal
Sol maraîcher

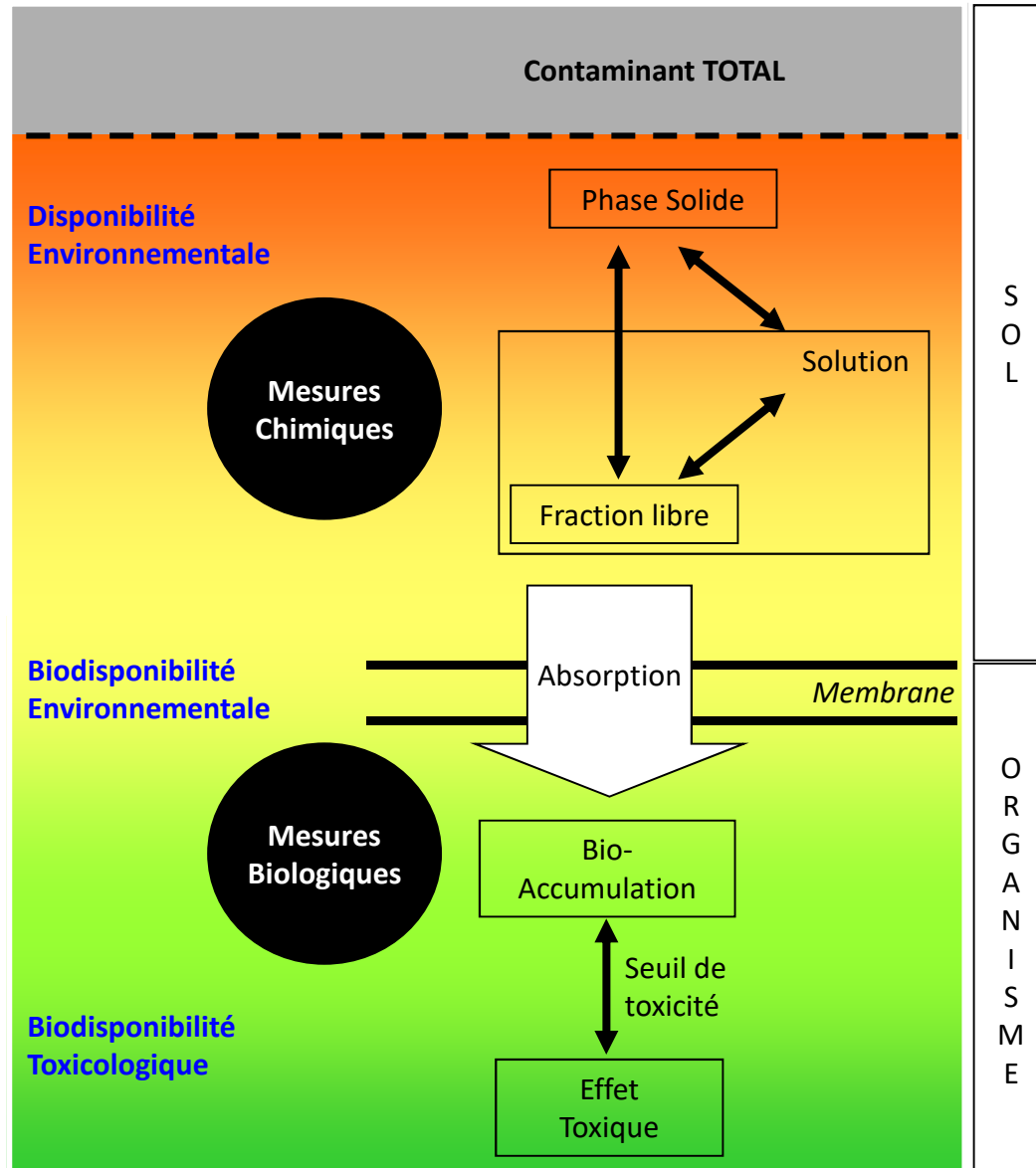


Hodomihou et al. (2016)
Base, 20

Impact écotoxicologique
Cu et Zn ≈ 100%



Leclerc et Laurent (2017) Stoten, 590-591

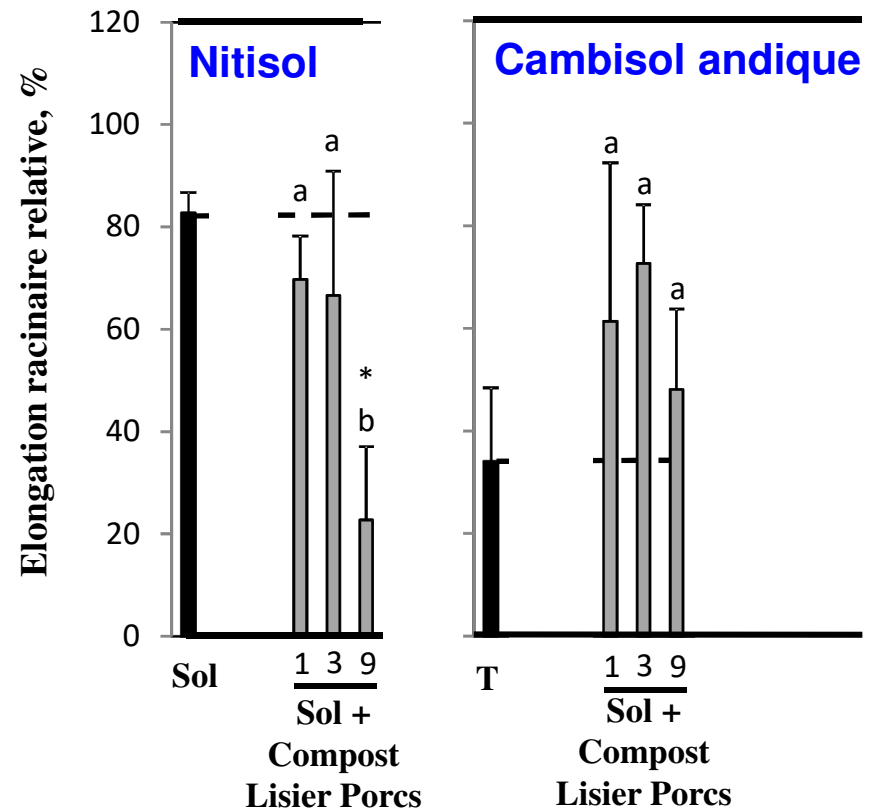


➤ *fraction du contaminant potentiellement disponible pour des organismes et qui résulte de processus physico-chimiques de désorption*

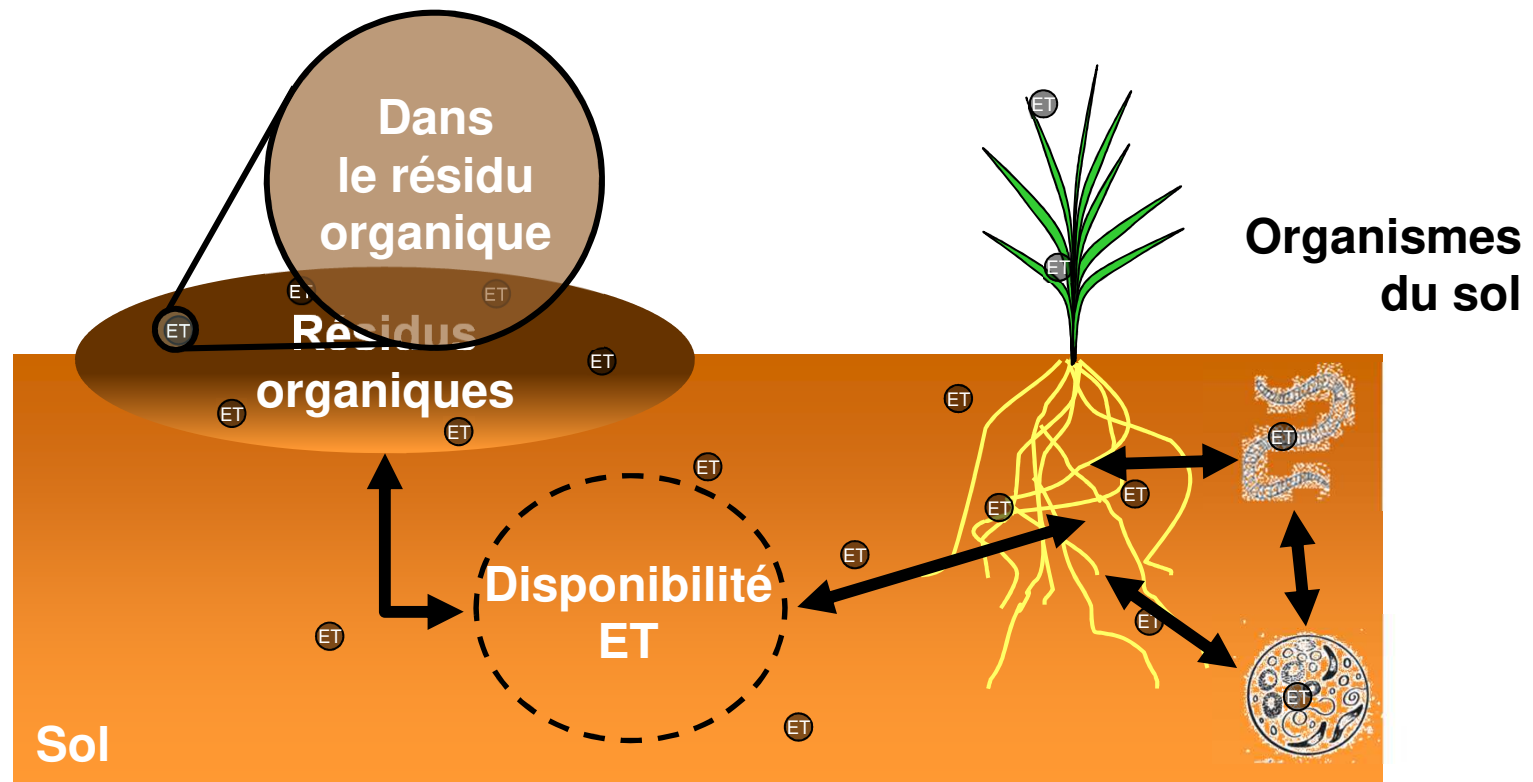
➤ *fraction du contaminant environnementalement disponible qu'un organisme absorbe par des processus physiologiques*
⇒ Spécificité de chaque organisme cible

➤ *concentration interne susceptible de générer un effet toxique*

Contamination modérée mais à long-terme



Devenir dans le continuum résidus organiques-sol-organismes





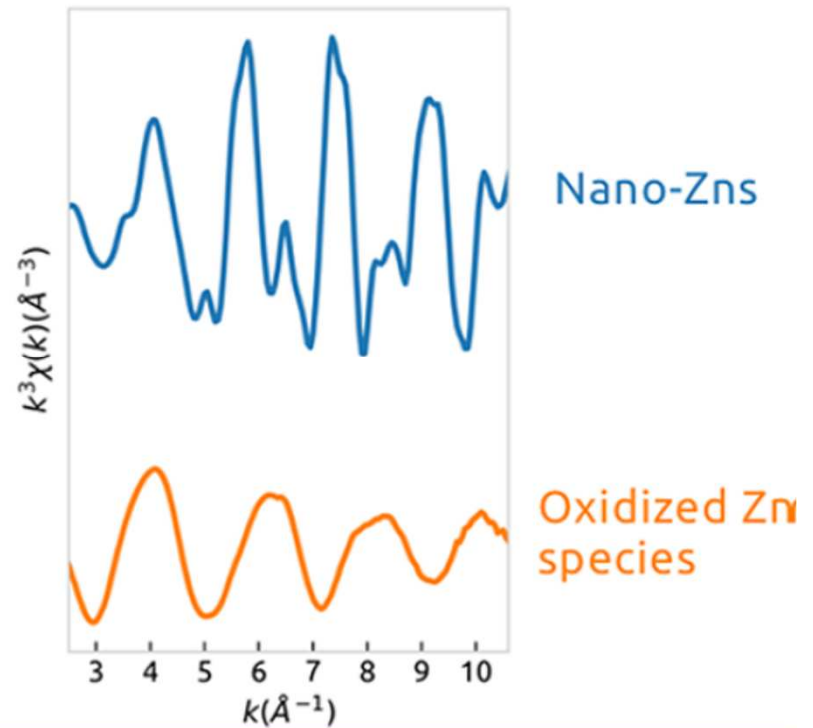
Spéciation de Cu et Zn dans les RO

Evolution de la spéciation au cours de la transformation hors-sol



Anaerobic digestion

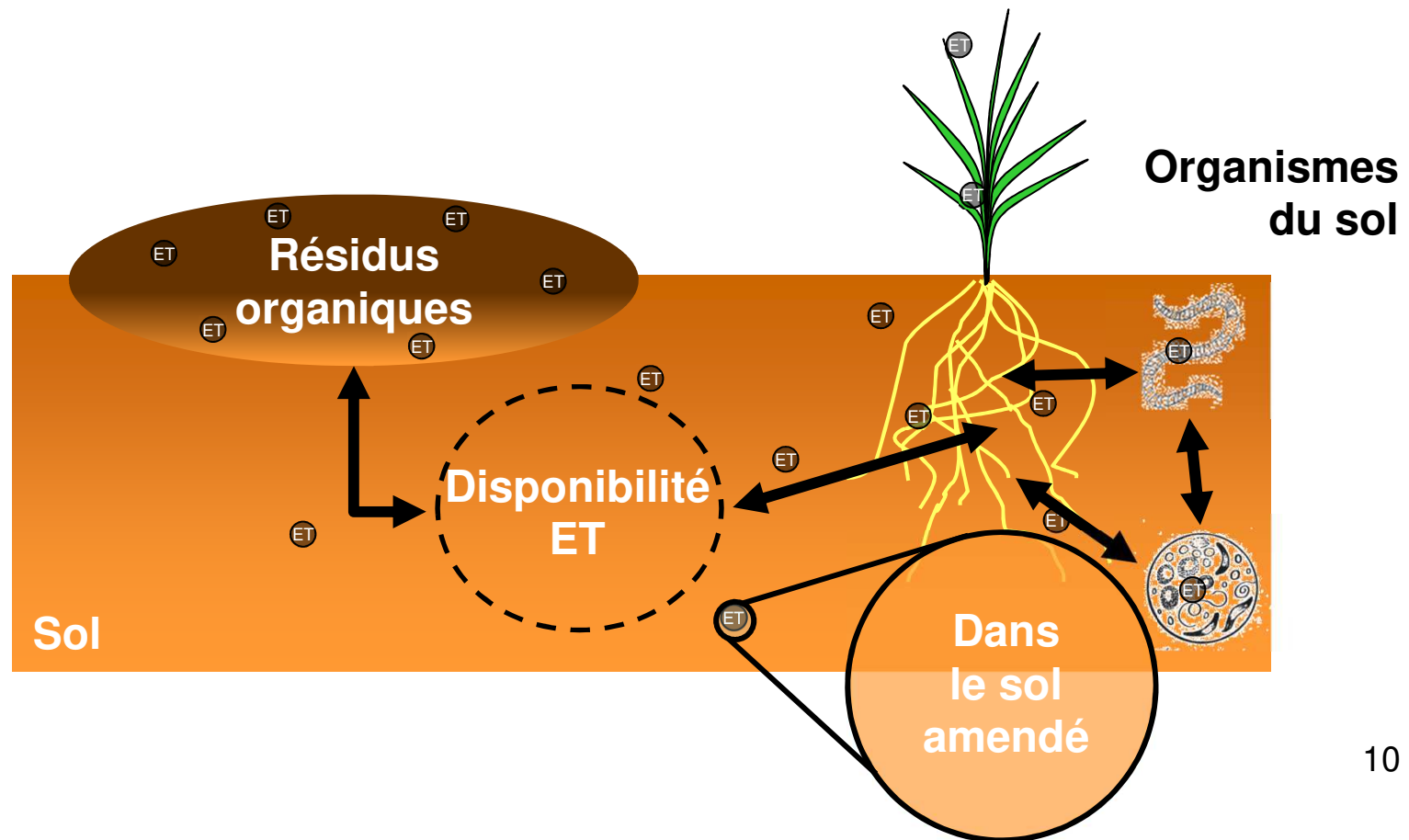
RAW OW



Legros et al. (2017) ES&T, 51

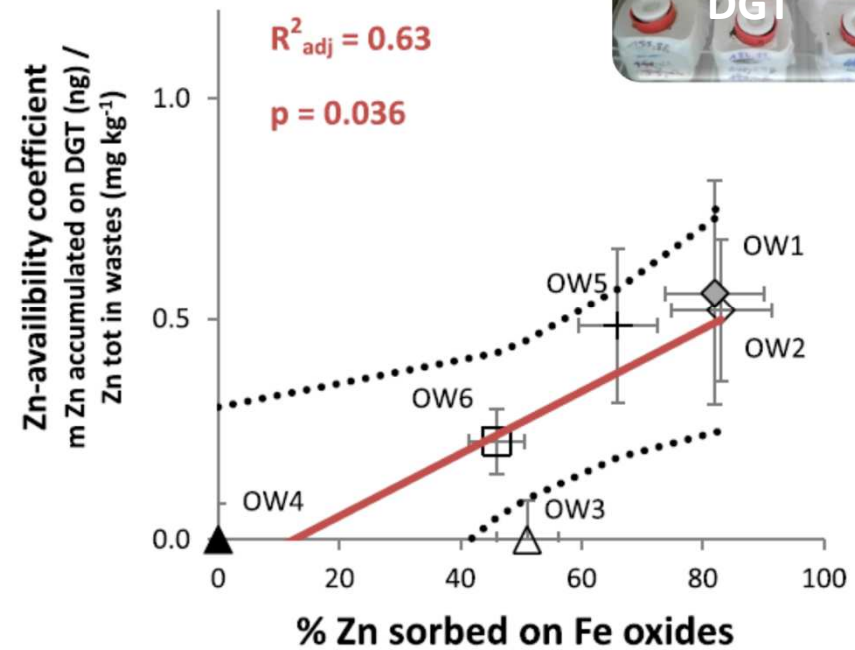
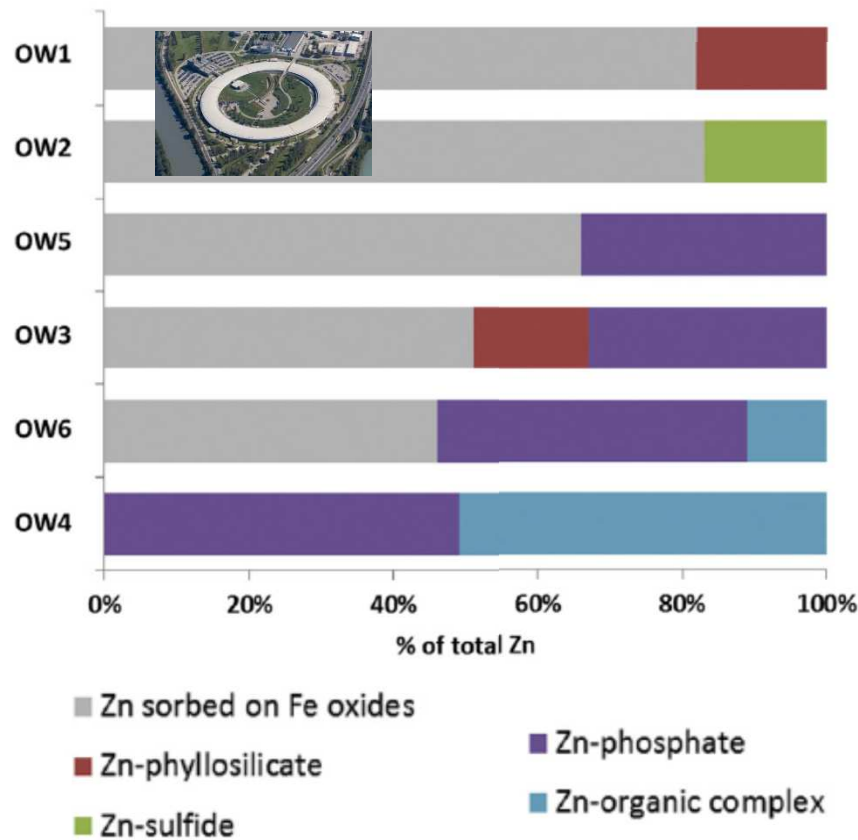
Le Bars et al. (2018) ES&T, 52

Devenir dans le continuum résidus organiques-sol-organismes



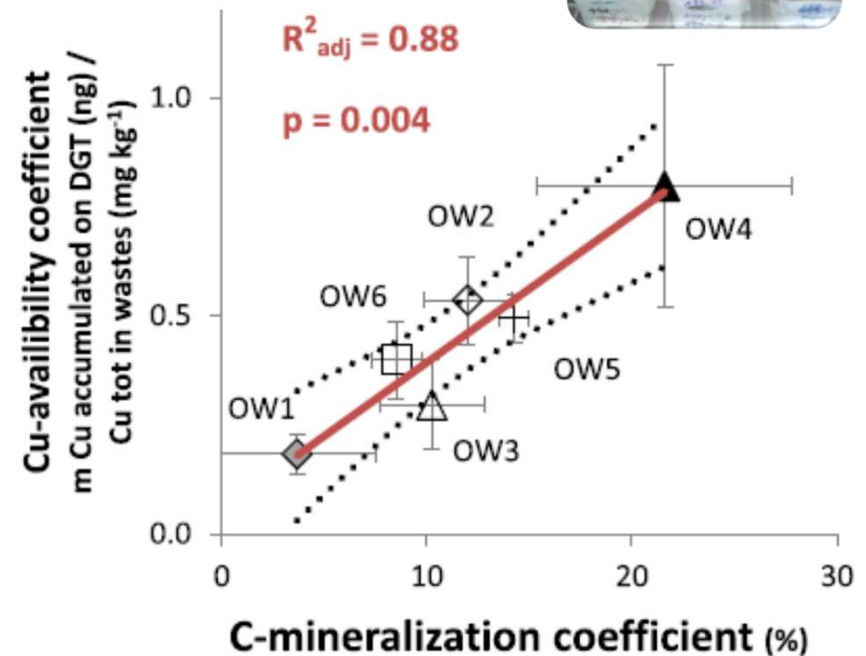
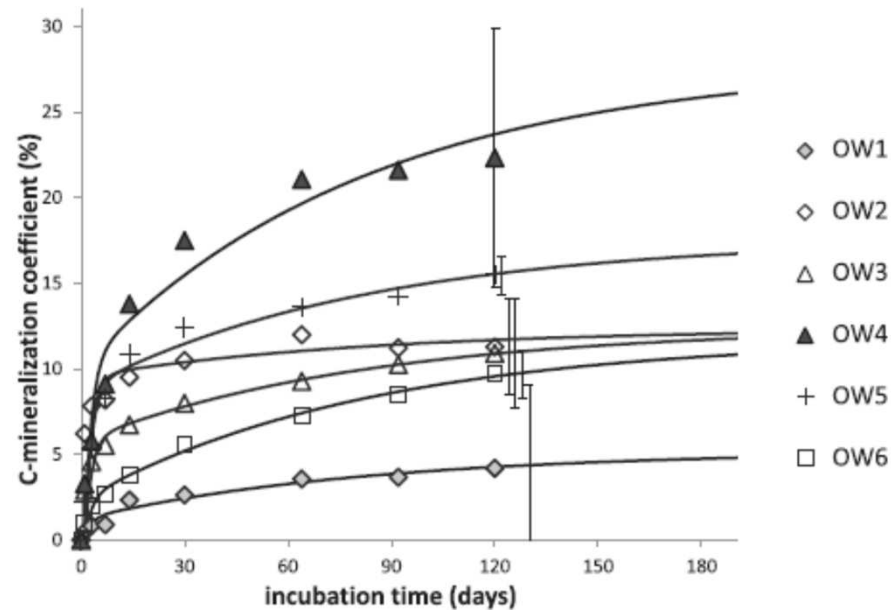
Disponibilité de Cu et Zn dans le sol

Disponibilité de Zn dans le sol amendé contrôlée par la spéciation de dans les RO...



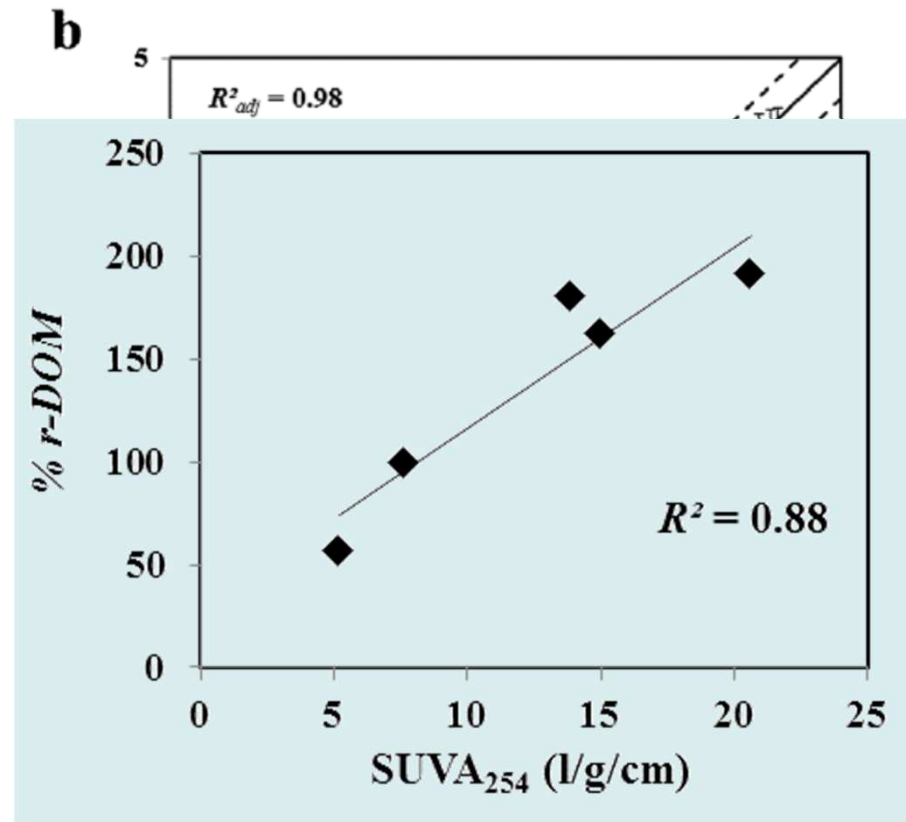
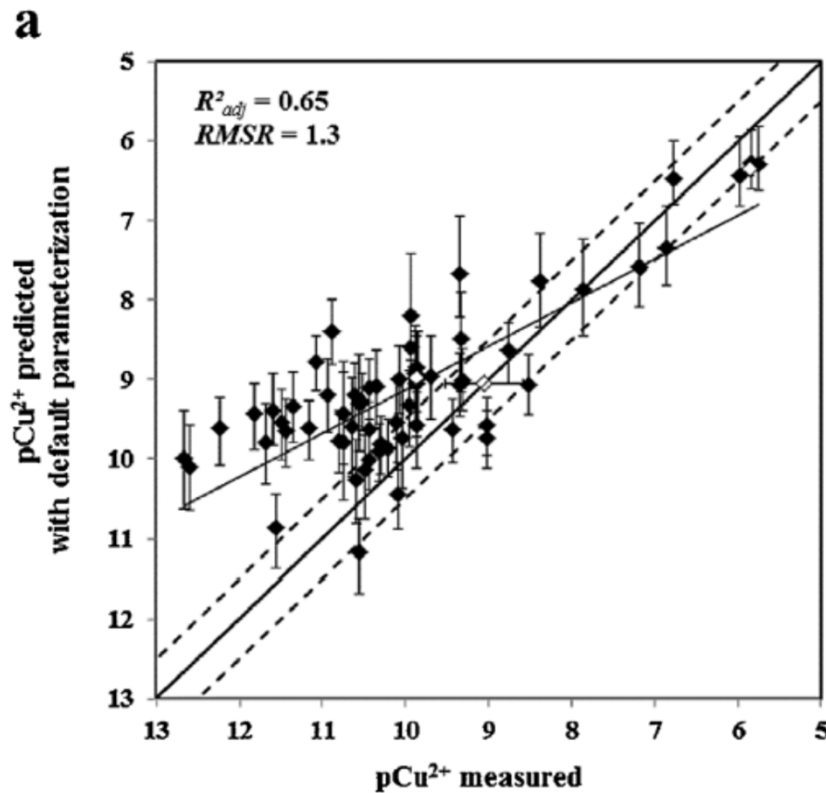
Disponibilité de Cu et Zn dans le sol

... mais disponibilité de Cu contrôlée par minéralisation MO



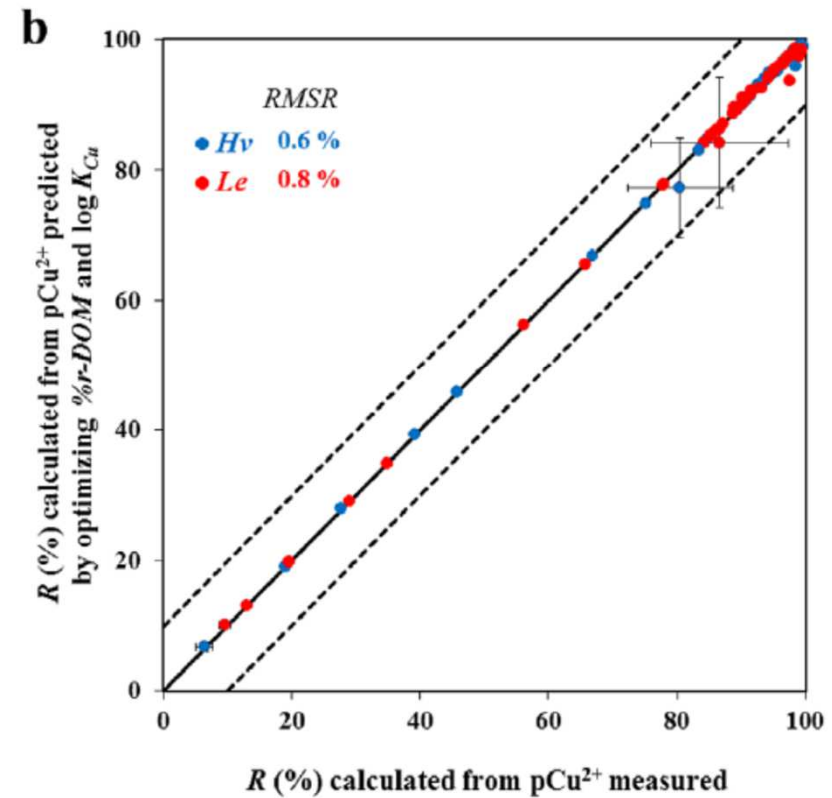
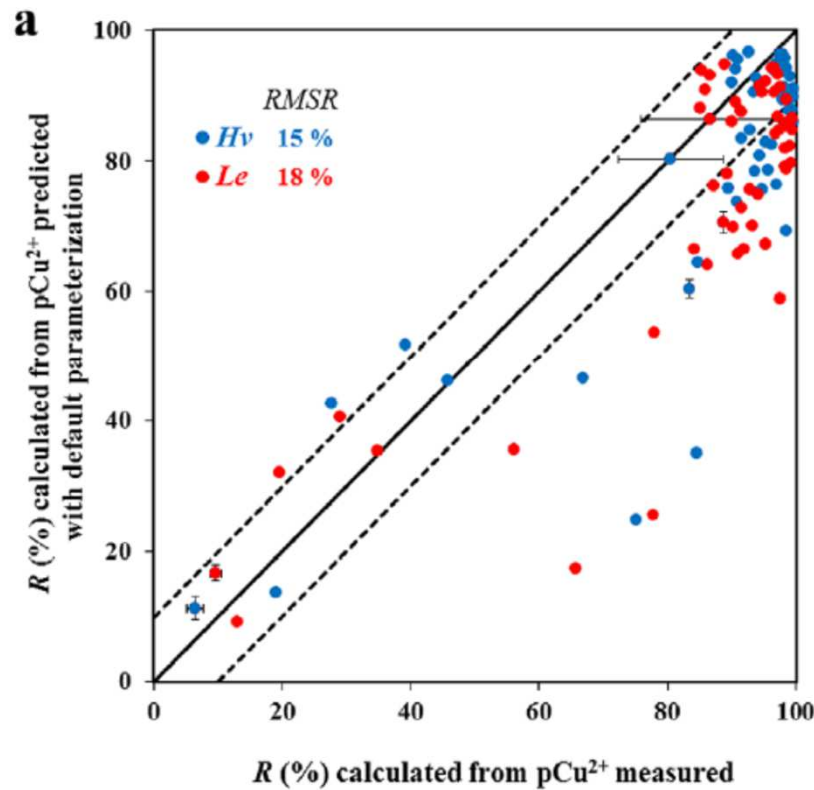
Spéciation de Cu dans la solution du sol

Complexation Cu par MOD
varie beaucoup entre les sols



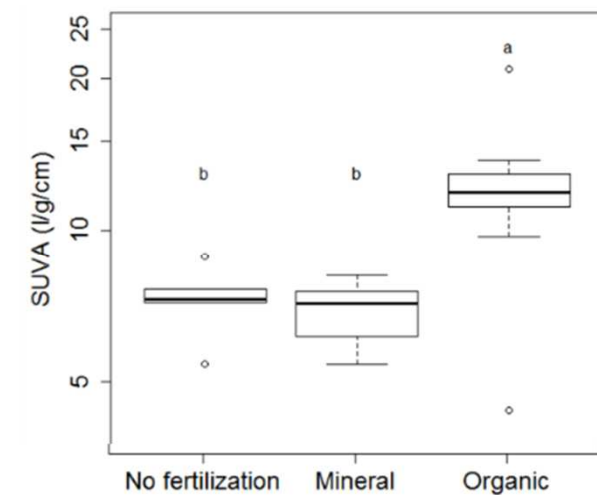
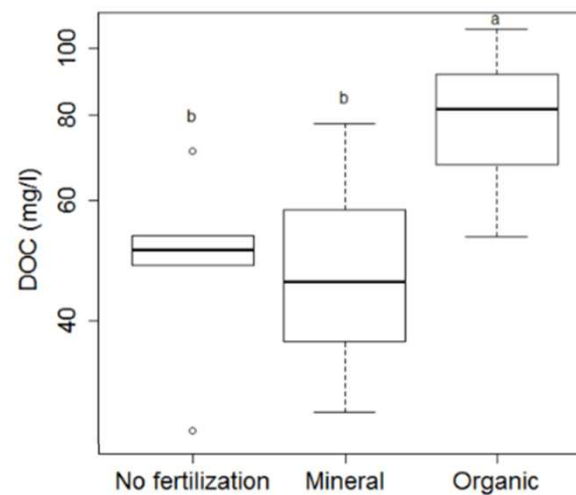
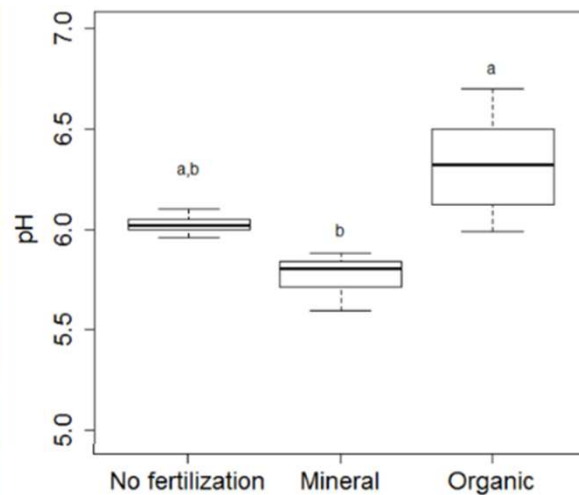
Spéciation de Cu dans la solution du sol

Spéciation en solution déterminante pour la prédiction de l'écotoxicité



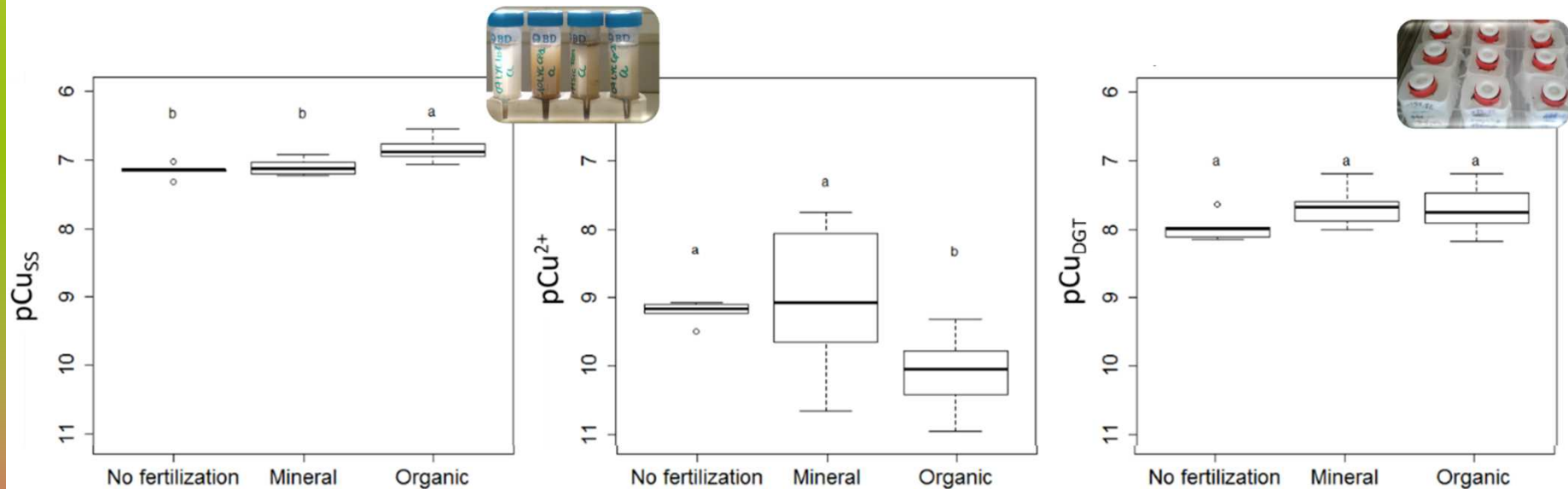
Disponibilité de Cu et Zn dans le sol

L'apport répété de RO au sol modifie profondément sa physico-chimie...

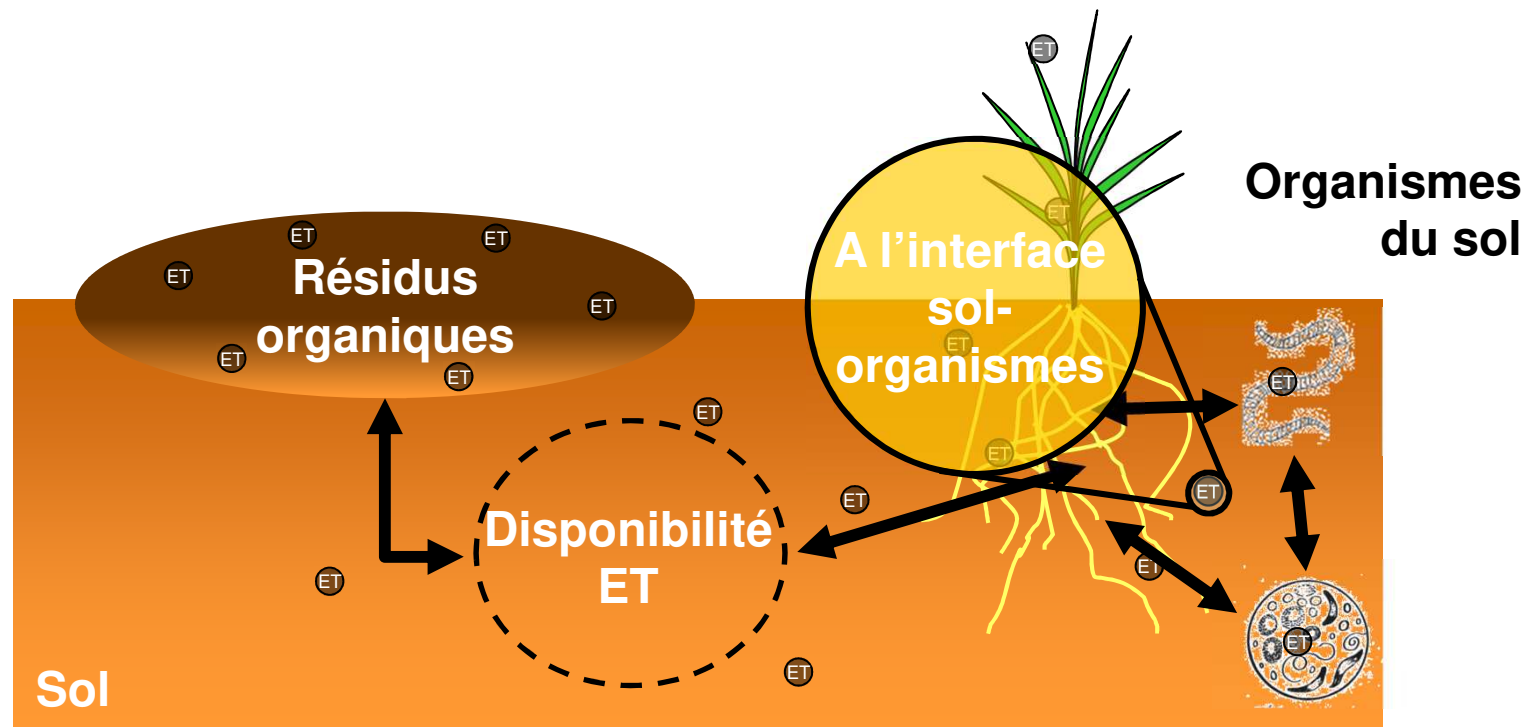


Disponibilité de Cu et Zn dans le sol

L'apport répété de RO au sol modifie profondément sa physico-chimie et la disponibilité de Cu et Zn

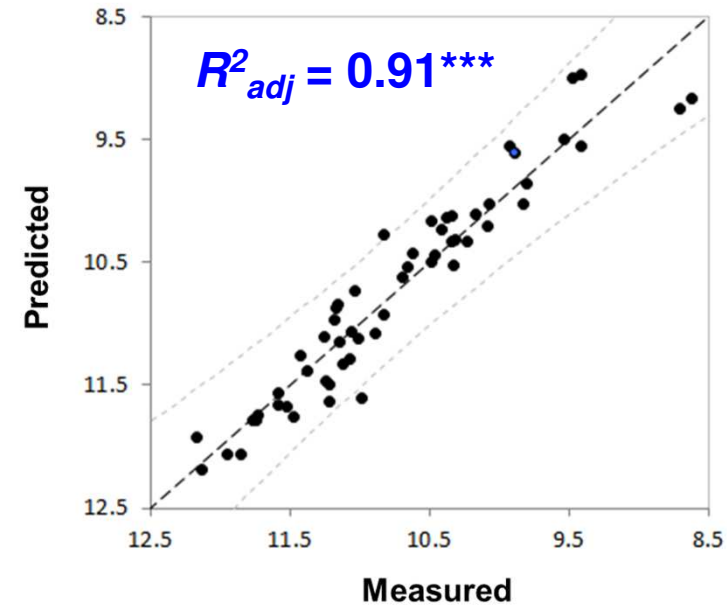
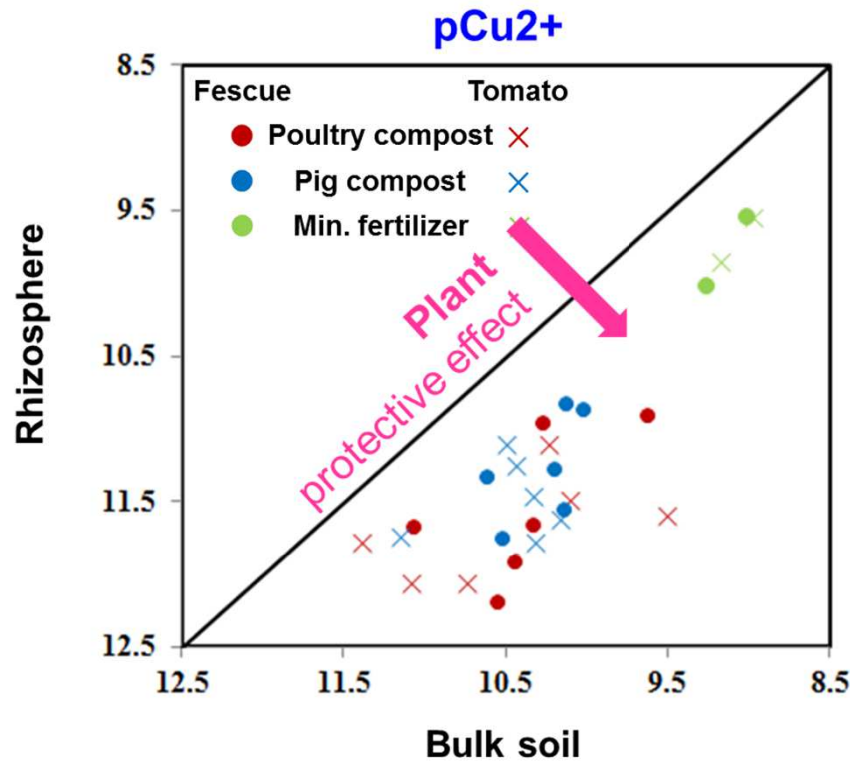


Devenir dans le continuum résidus organiques-sol-organismes



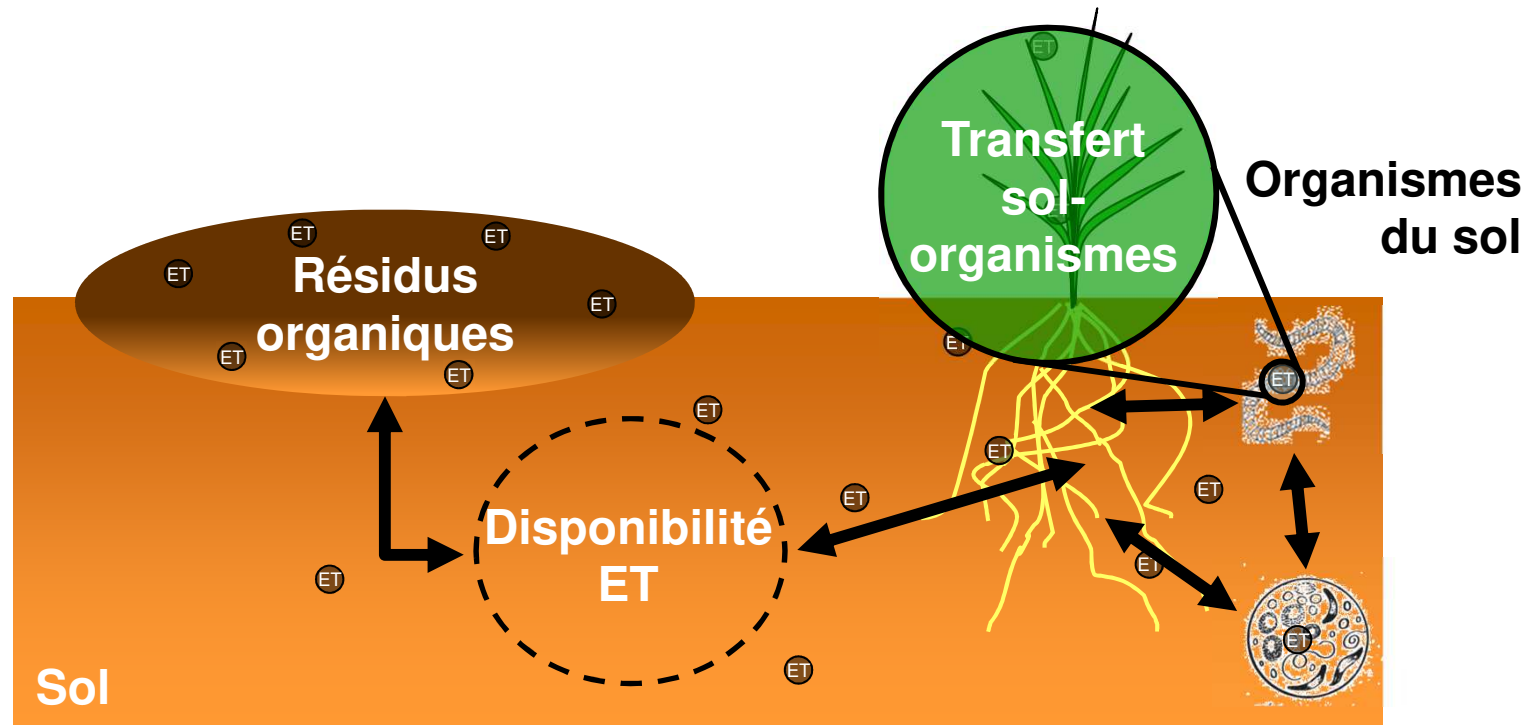
Disponibilité de Cu dans la rhizosphère

Diminution de la disponibilité de Cu en lien avec l'évolution du pH et de la MOD



$$\begin{aligned}
 \text{pCu}^{2+} = & 1.0 \pm 0.2 \text{ pH} \\
 & + 1.5 \pm 0.4 \log_{10}[\%r\text{-DOM}] \\
 & + 0.4 \pm 1.1
 \end{aligned}$$

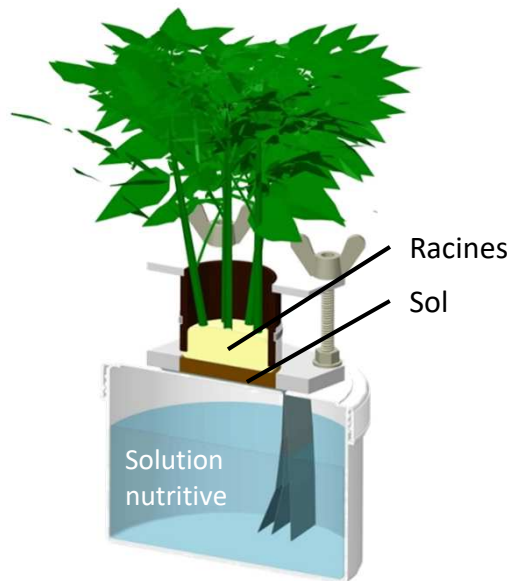
Devenir dans le continuum résidus organiques-sol-organismes



Exemple de méthodologie plus adaptée que la mesure d'un effet toxique

Plante

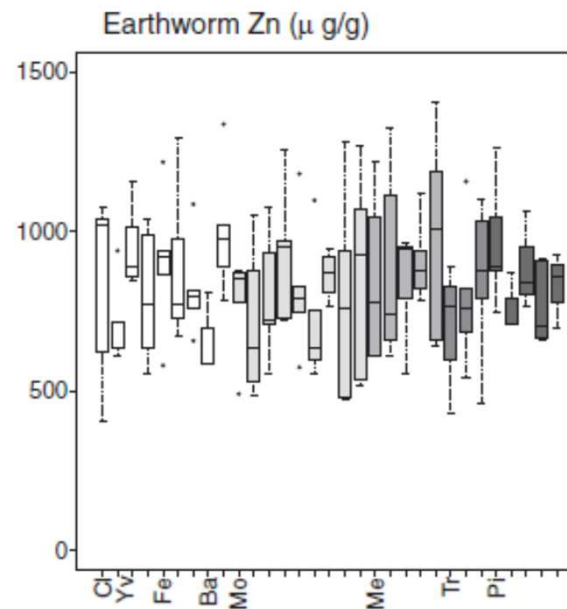
RHIZOtest
Flux de prélèvement



Bravin et al. (2010)
ENPO, 158
ISO 16198 (2015)

Vers de terre

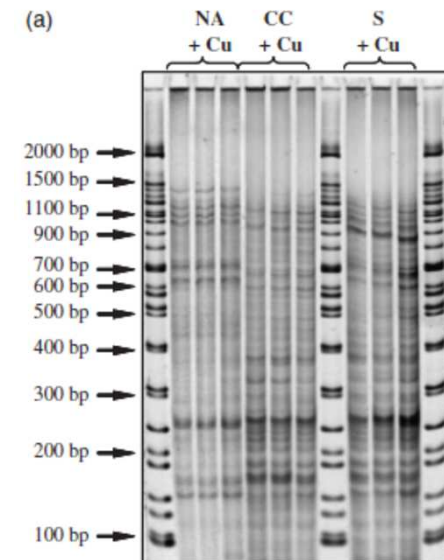
Bioaccumulation



Beaumelle et al. (2015)
Stoten, 520

Micro-organismes

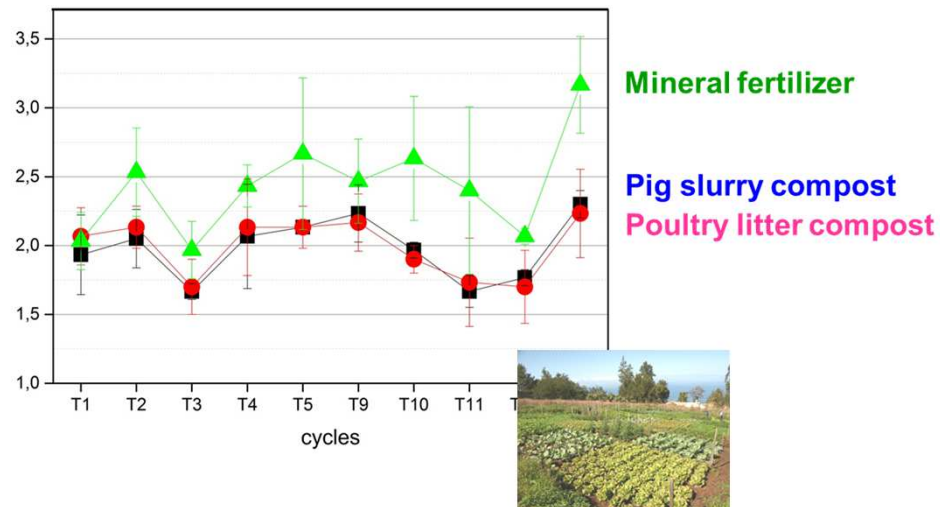
Gènes de résistance
à Cu et Zn



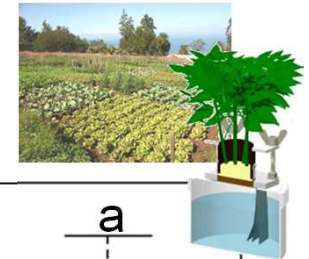
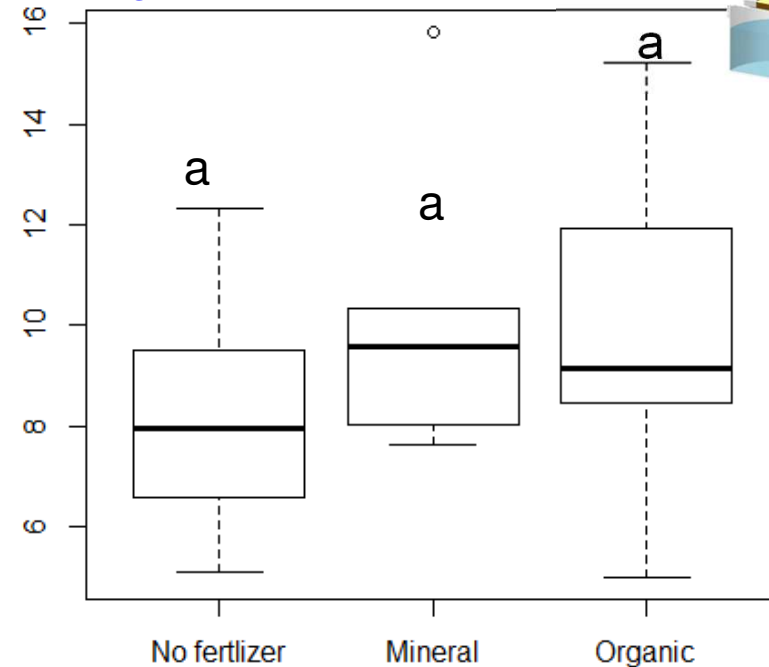
Lejon et al. (2007) 20
Fems Microbiol. Ecol., 61

Faible transfert de Cu et Zn dans les organismes malgré la contamination du sol

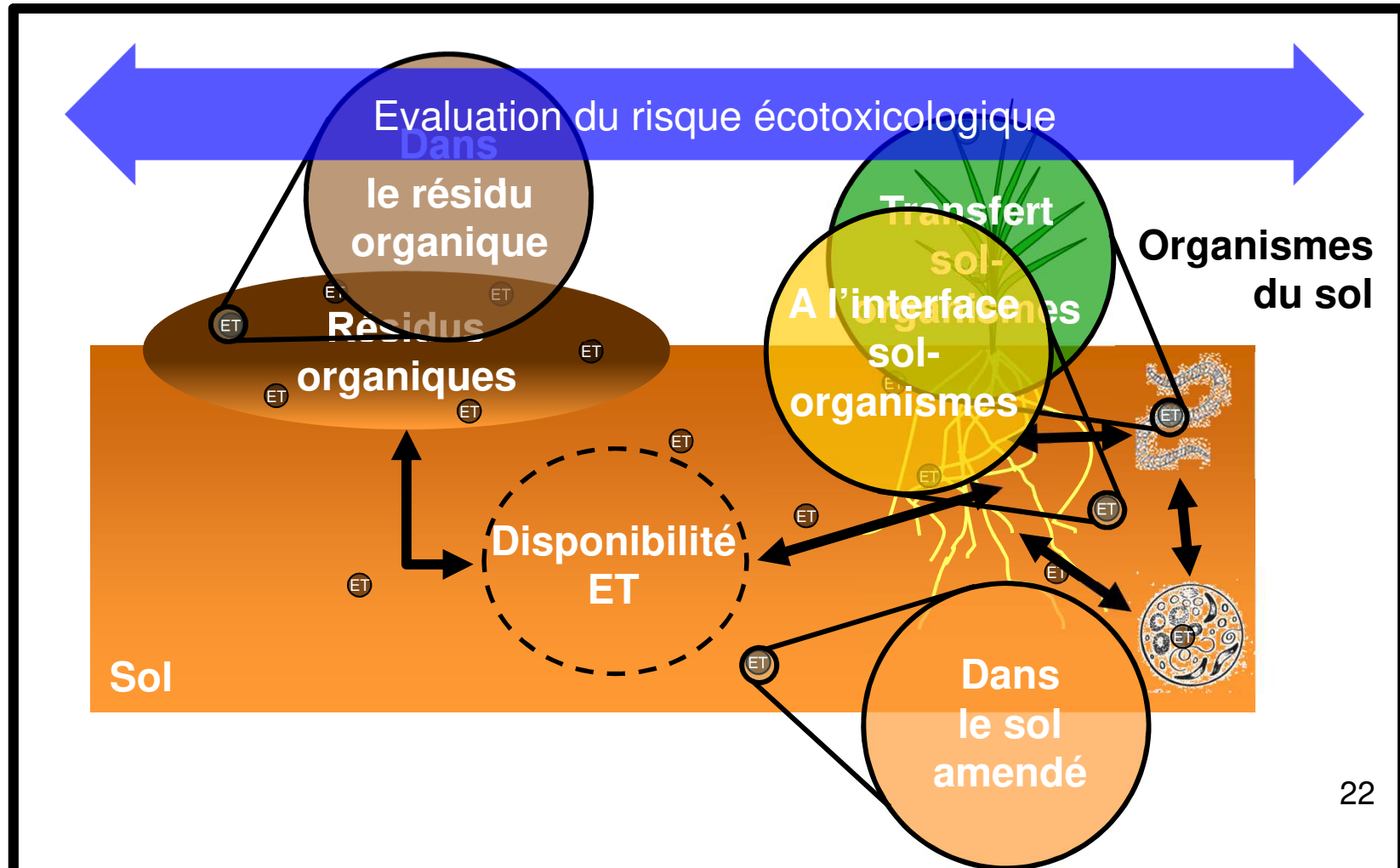
Cu cabbage, mg kg⁻¹



Plant uptake flux
ng Cu m⁻² s⁻¹

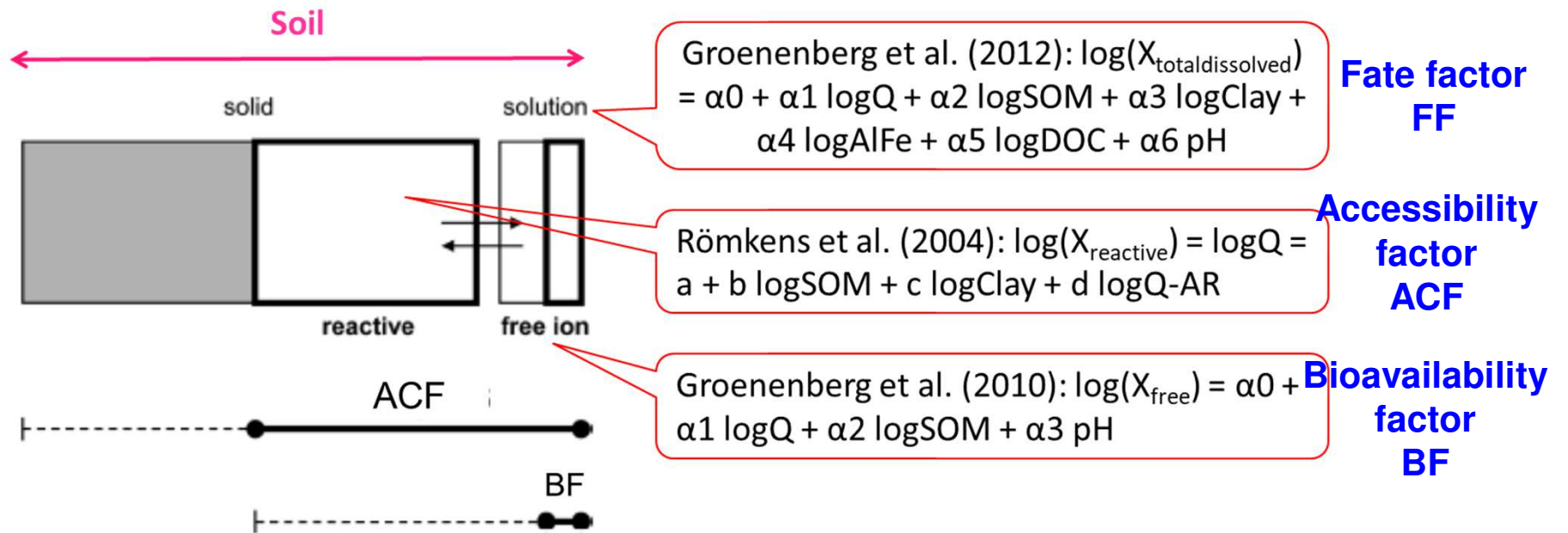


Devenir dans le continuum résidus organiques-sol-organismes



Analyse de Cycle de Vie risque écotoxicologique

Proposition récente d'un formalisme USEtox intégrant la théorie de la biodisponibilité

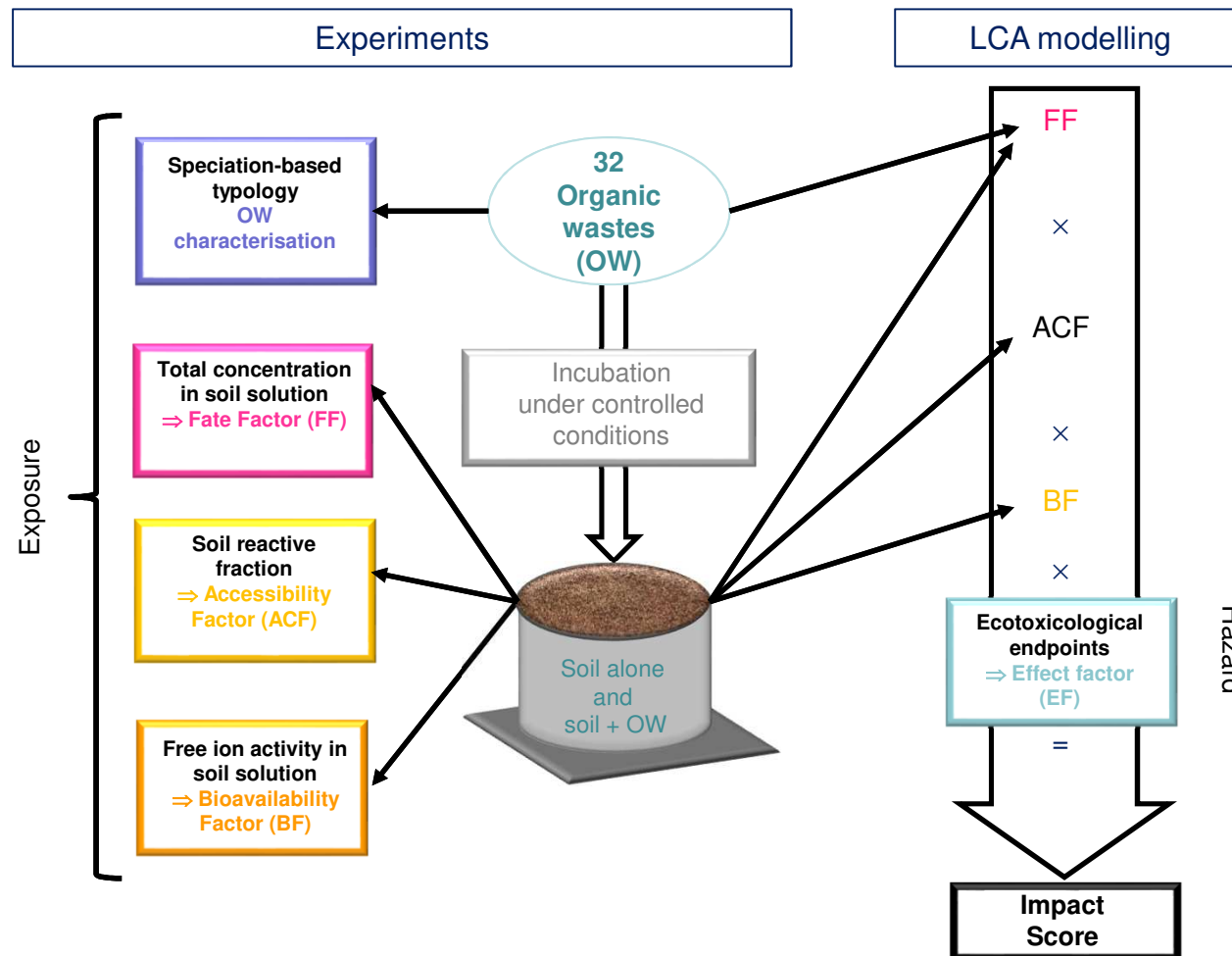


Owsianiak et al. (2013)
ES&T, 47

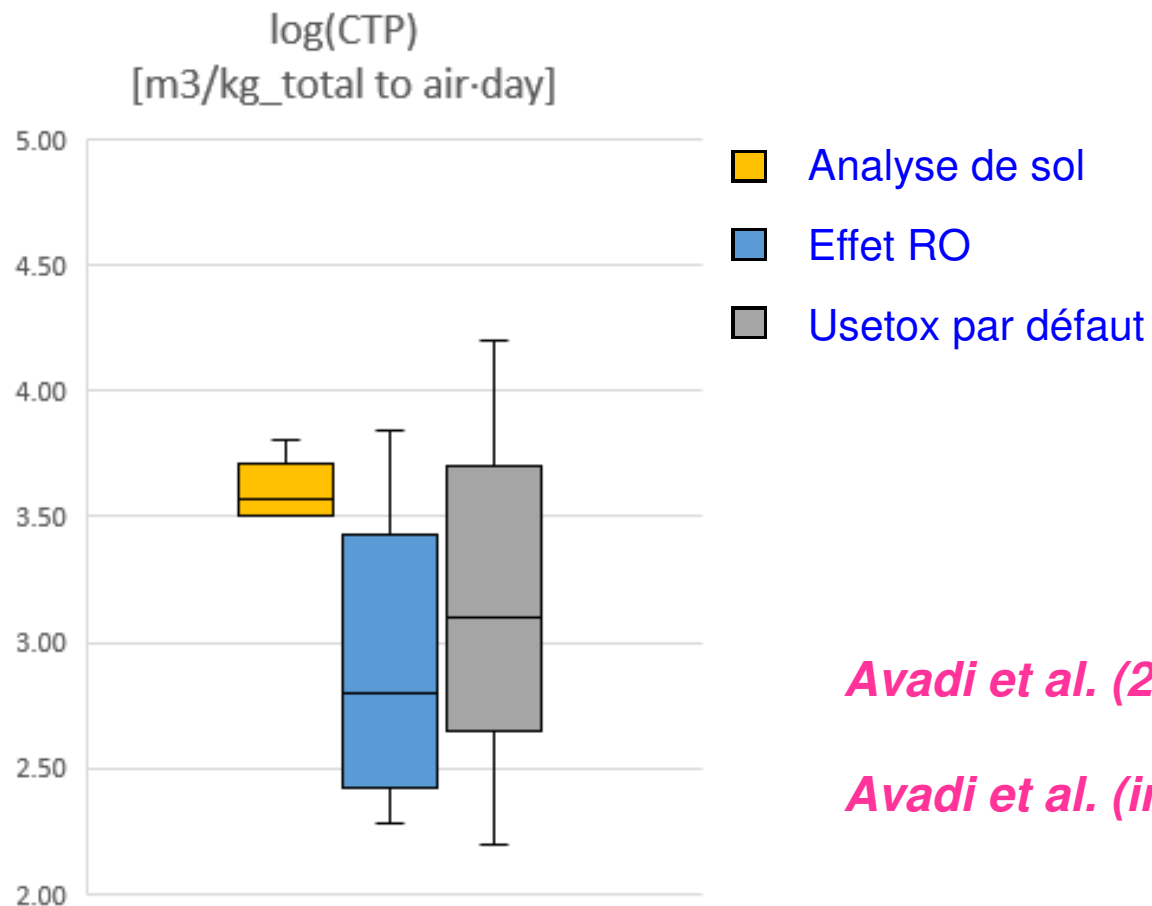


Analyse de Cycle de Vie risque écotoxicologique

Une expérimentation dédiée pour tester la pertinence de la méthode USEtox



La méthode USEtox doit être améliorée pour tenir compte de l'effet RO



Avadi et al. (2020) LCA Food 2020

Avadi et al. (in prep) Adv. Agron.

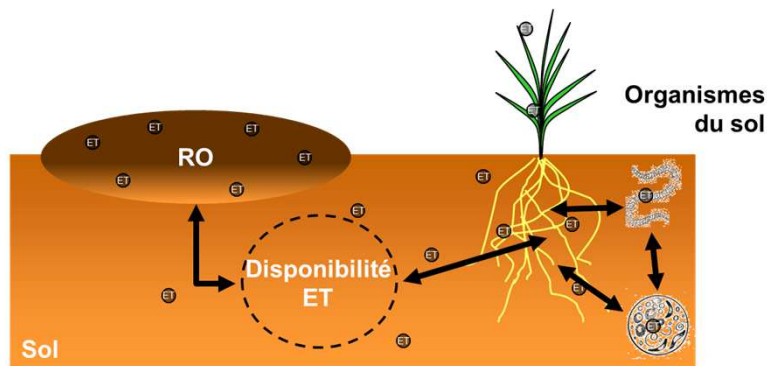
- Amélioration de Usetox pour **prise de l'effet RO dans l'évaluation de l'écotoxicité des ET**
- Elargissement de la démarche **aux contaminants traces organiques**
- Caractérisation de **l'effet cocktail ET-CTO** et intégration dans USEtox

UR

Recyclage
et risque



Continuum d'approches biogéochimiques pour l'évaluation de l'écotoxicité terrestre des éléments traces (ET) en contexte de recyclage agricole de résidus organiques (RO)



Matthieu Bravin
matthieu.bravin@cirad.fr
<http://rhizotest.cirad.fr>



LA RECHERCHE AGRONOMIQUE
POUR LE DÉVELOPPEMENT

Animation Isto ● 6 mai 2021