



HAL
open science

L'écotoxicologie des sols revisitée à l'aune de l'agroécologie

Christian Mougin

► **To cite this version:**

Christian Mougin. L'écotoxicologie des sols revisitée à l'aune de l'agroécologie. " Toxicologie environnementale " - Ecole de Giens, Oct 2014, Hyères, France. 2014. hal-01601725

HAL Id: hal-01601725

<https://hal.science/hal-01601725>

Submitted on 3 Jun 2020

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

L'écotoxicologie des sols revisitée à l'aune de l'agroécologie

Christian Mougin *et coll.*

UR 251

**Physicochimie et Ecotoxicologie des Sols d'Agrosystèmes Contaminés
Versailles**

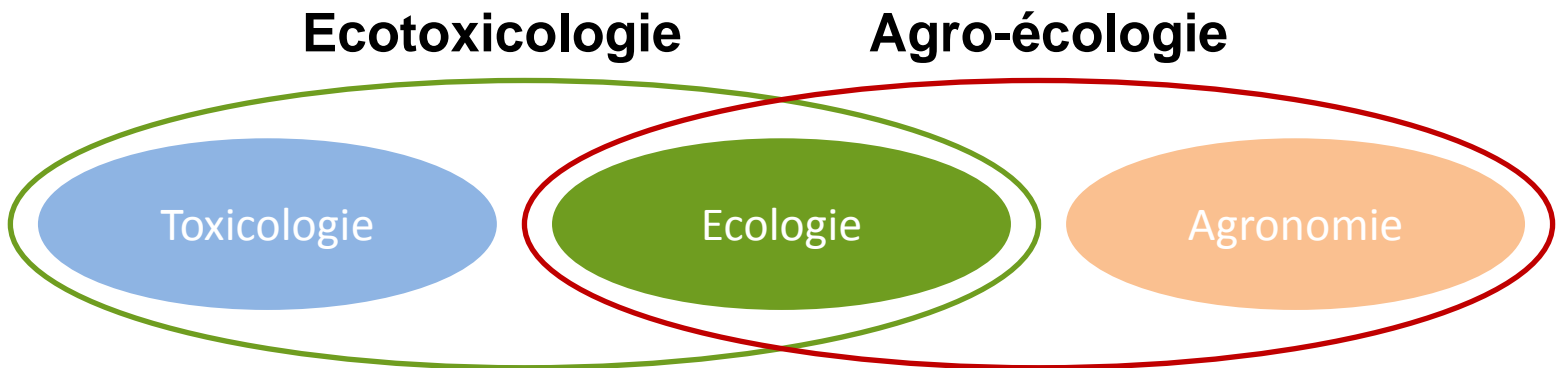


Introduction



❖ Une réflexion de notre unité de recherche
<http://www.inra.fr/Chercheurs-etudiants/Agroecologie/Tous-les-dossiers/L-ecotoxicologie-des-sols-revisitee-a-l-aune-de-l-agroecologie>

❖ Une inter-relation

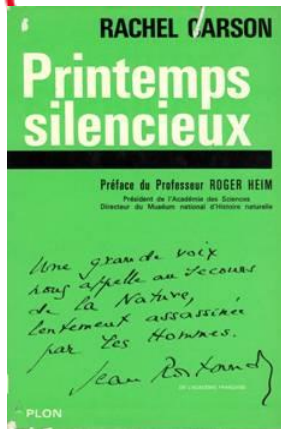


L'écotoxicologie

Toxicologie
Programme Transversal



- ❖ Fin des années 60 : prise de conscience de l'ampleur et de la gravité de la pollution de l'écosphère
- ❖ Intensification des recherches consacrées aux problèmes de pollution des milieux naturels
- ❖ Mise en place d'une subdivision au sein des sciences écologiques , **l'écotoxicologie** (Truhaut, 1969, Stockholm)



- ▶ L'écotoxicologie est un champ interdisciplinaire à l'interface de l'écologie et de la toxicologie, qui étudie le comportement et les effets directs, indirects et différés de composés chimiques « polluants » sur le vivant, des cellules aux écosystèmes
- ▶ L'écotoxicologie intègre le devenir et le transfert des contaminants dans les différents compartiments de l'environnement



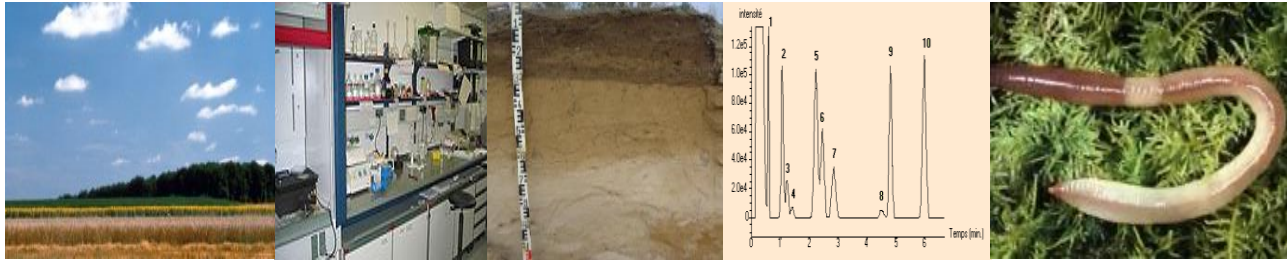
L'agro-écologie



- ❖ Un grand projet pour la France : S. le Foll, 18/12/2012
 - ▶ Stratégie 2010-2020 de l'INRA
- ❖ Dépasser le clivage historique entre agronomie et écologie :
 - ▶ Produire autrement!
- ❖ « Appropriation par l'agronomie des concepts et des méthodes de l'écologie et leur application aux écosystèmes anthropisés gérés par l'agriculture et l'élevage »
- ❖ Des questions de recherche prioritaires :
 - Etude intégrative des interactions biotiques dans les agroécosystèmes
 - Agro-écologie du paysage
 - Evaluation multicritère des agro-écosystèmes
 - Gestion durable de la multifonctionnalité des sols





L'évolution des concepts



Des approches « classiques »...



ToxicologiE
Programme Transversal

- 
- 
- ❖ Les effets biologiques des contaminants sont universels, et les tests monospécifiques permettent d'évaluer les impacts
 - ❖ L'écotoxicologie s'est imposée dans les règles commerciales, pour les procédures d'évaluation de certains produits chimiques avant leur mise sur le marché (OCDE, Reach...)
 - ❖ Elle a conduit à l'émission de lignes directrices pour l'essai des produits chimiques
 - ❖ Des valeurs de référence (EC_{50} , NOEL...) sont fournies aux évaluateurs du risque

Mais...



... peu adaptées à l'échelle de la parcelle

Toxicolo
Programme Transver

Soil Biology & Biochemistry 49 (2012) 150–156

Contents lists available at SciVerse ScienceDirect

Soil Biology & Biochemistry

journal homepage: www.elsevier.com/locate/soilbio



ELSEVIER



Assessing impacts of copper on soil enzyme activities in regard to their natural spatiotemporal variation under long-term different land uses

Jérémy D. Lebrun^{a,b,*}, Isabelle Trinsoutrot-Gattin^a, Marthe Vincelas-Akpa^c, Caroline Bailleul^a, Agathe Brault^b, Christian Mougin^b, Karine Laval^a

^a ESITPA, Laboratoire BioSol, 3 rue du Tronquet, 76134 Mont-Saint-Aignan cedex, France

^b INRA, UR 251 Physico-chimie et Ecotoxicologie des Sols d'Agrosystèmes Contaminés, RD-10, 78026 Versailles cedex, France

^c Université de Rouen, UFR des Sciences et Techniques, Laboratoire Ecodiv, Place Emile Blondel, 76821 Mont-Saint-Aignan cedex, France

- Des questionnements sont posés sur la pertinence et l'interprétation des réponses de nombreux biomarqueurs et bioindicateurs lors de leur utilisation à la parcelle



Effet des multipollutions : RESACOR

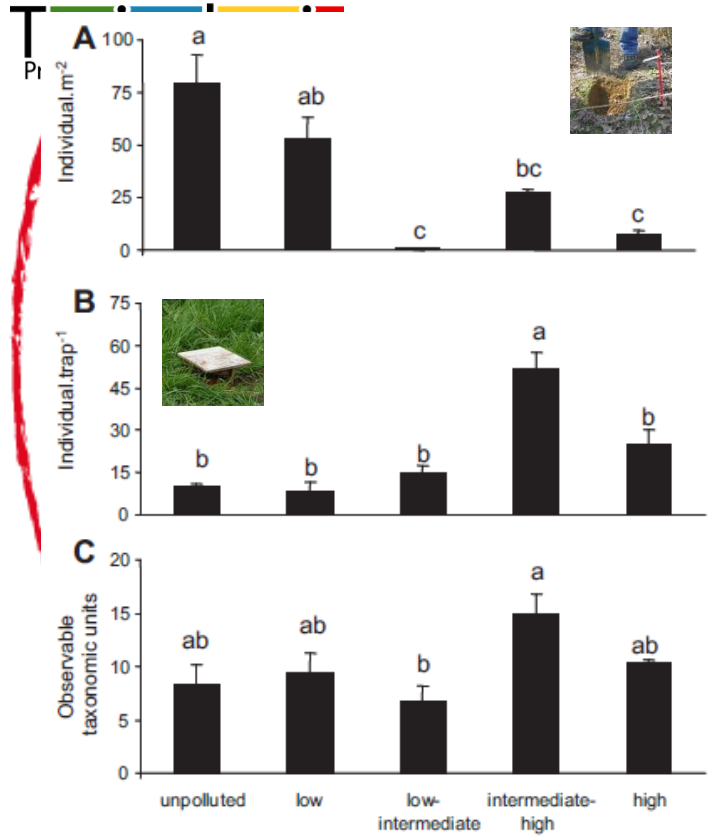
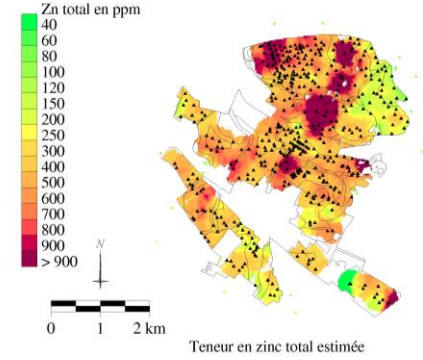


Fig 1. Relationships (mean \pm SEM; $n = 4$) between indices of macro-invertebrate community structure and soil contamination level in agricultural plots of the Pierre-laye wastewater irrigation area (France). A, density of soil and litter dwelling invertebrates; B, abundance-activity of invertebrates at soil surface; C overall diversity of invertebrates. Different letters indicated statistical differences ($p < 0.05$).

- ❖ Diminution de la densité des animaux dans les sols
- ❖ Peu d'effet sur l'activité de la macrofaune de surface
- ❖ Peu d'effet sur la diversité taxonomique
- ▶ Contamination « historique », les systèmes sont probablement stables sous ce régime de contrainte

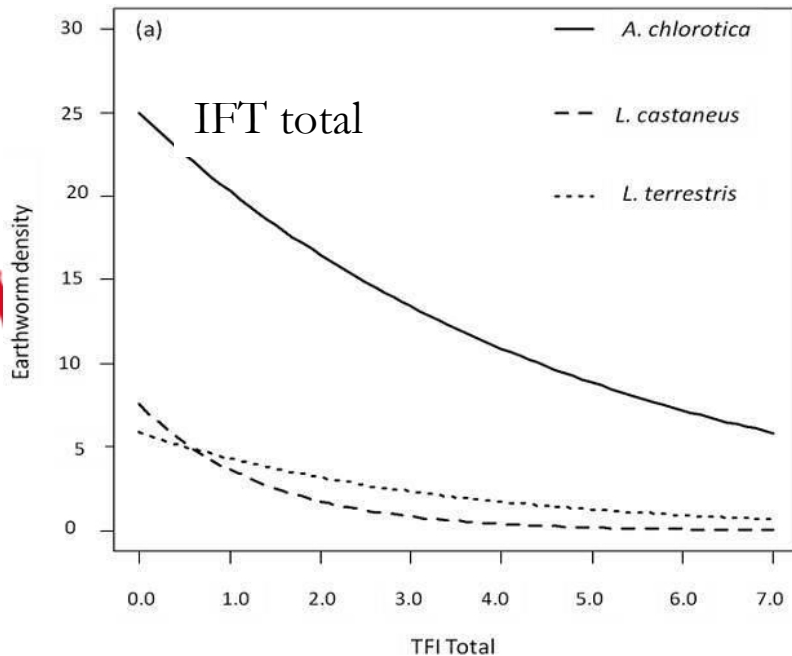
Hedde, M., van Oort, F., Lamy, I., 2012. *Environmental Pollution* 164, 59-65



Choisir la bonne espèce



- **Etablir une relation statistique** entre un **indicateur de pression** (Indice de Fréquence de Traitement phytosanitaire - IFT) et un **indicateur d'impact** (densité de 3 espèces de vers de terre vivant en contact avec la surface du sol)



TFI	Earthworm species	Effet IFT
Herbicide	<i>L. castaneus</i>	-1.17 (0.19)
	<i>L. terrestris</i>	-0.64 (0.11)
	<i>A. chlorotica</i>	-0.38 (0.04)
Insecticide	<i>L. castaneus</i>	-2.14 (0.44)
	<i>L. terrestris</i>	-0.84 (0.22)
	<i>A. chlorotica</i>	-0.56 (0.09)
Fungicide	<i>L. castaneus</i>	-1.82 (0.37)
	<i>L. terrestris</i>	-0.36 (0.16)
	<i>A. chlorotica</i>	-0.33 (0.07)



- Différences entre espèces et entre traitements



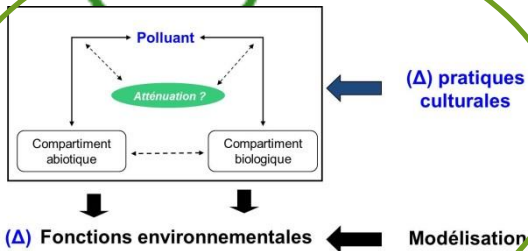
Pelosi et al. (2013) *Agriculture Ecosystems & Environment* 181, 223-230



Des pistes d'évolution

► Développer une approche systémique des socio-agro-écosystèmes

ToxicologiE
Programme Transversal



Améliorer l'étude des expositions

Biodisponibilité, interactions, SIG...

Développer une évaluation des dangers écologiquement pertinente

Procédures d'essai et modèles plus réalistes, échelles spatio-temporelles, paysages, adaptation, résilience ...

Améliorer les bases scientifiques de l'évaluation des risques

Situation de stress multiple...

Prendre en compte des services écosystémiques

Les indicateurs mesurés montrent-ils une amélioration des services rendus?

En terme de socio-agro-écosystèmes

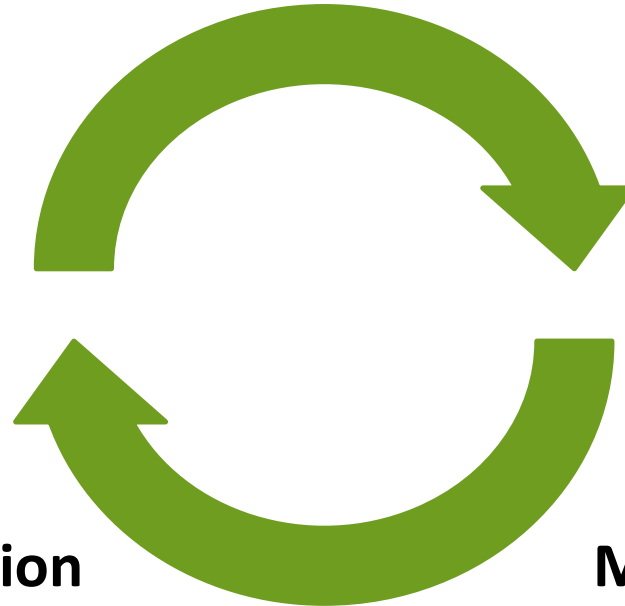
Quelle volonté/acceptation par les parties prenantes?



Associer les approches et les compétences



Observation

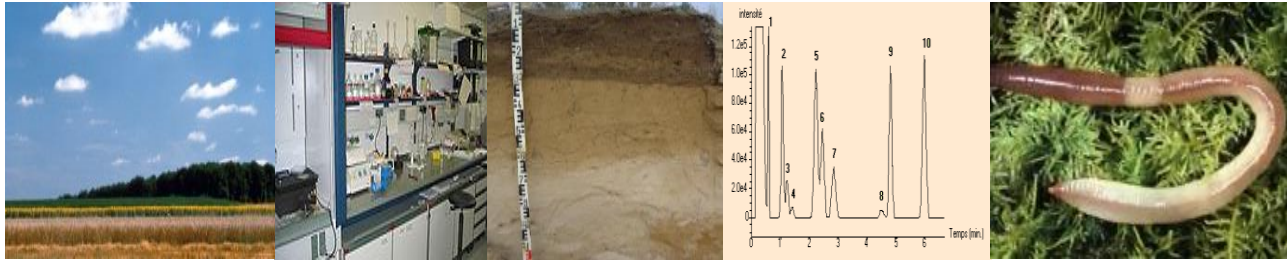


Expérimentation

Modélisation



De nouveaux outils



Les microorganismes photosynthétiques du sol

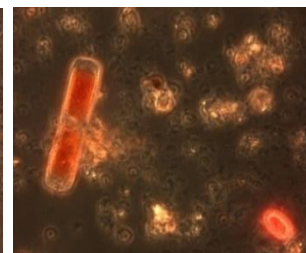
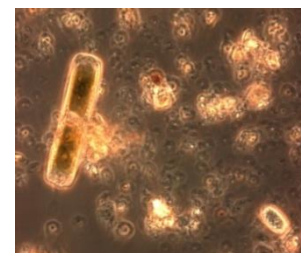
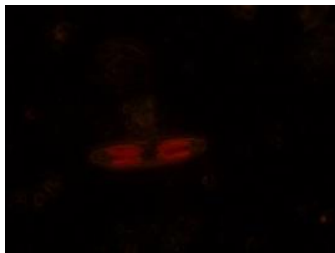
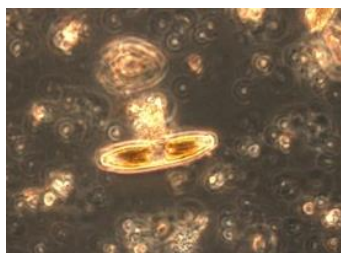


❖ Pourquoi ces modèles ?

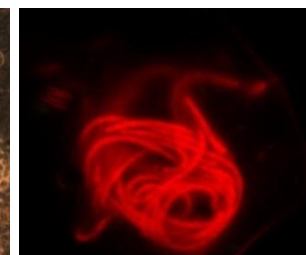
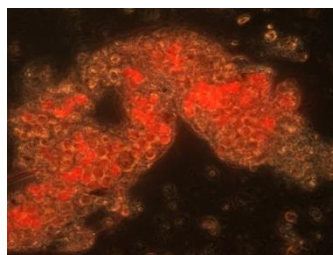
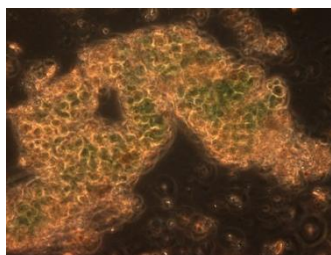
- Des réactions métaboliques proches de celles des plantes
- Dans les sols, les 1^{ers} biofilms exposés aux pesticides
- Des connaissances acquises pour le compartiment aquatique sur les effets directs et indirects des pesticides

❖ Les microorganismes photosynthétiques du sol, une biodiversité méconnue

↪ Microalgues eucaryotiques



↪ Cyanobactéries



Crouzet et al. (2013) SETAC Meeting, Glasgow



La mésofaune : les enchytréides



- ❖ De rares études alors que leur intérêt comme bioindicateurs de stress chimiques dans les écosystèmes terrestres est reconnu (Didden et Römbke, 2001)
- ❖ Test écotox OECD

Table 1. The Enchytraeid Reproduction Test (ERT; Römbke & Moser 1999)

Guideline + Reference	Guideline according to ASTM E 1676-97 (2000), OECD 220 (2003); or ISO 16387 (2002)
Test principle	Chronic, sublethal laboratory test
Test parameter	Mortality (adults), reproduction (number of juveniles)
Test duration	Range-Finding-Test: 2 weeks; main test: variable, depending on the species; <i>E. albidus</i> : 6 weeks; others species: 4 weeks
Test species	<i>Enchytraeus albidus</i> (Enchytraeidae) or other species of this genus; in all cases originating from mass culture
Test substrate	Artificial soil: quartz sand, kaoline, peat, calcium carbonate and water (OECD 1984); also field soils possible
Application of test substance	Mixed into the artificial soil; mixtures of contaminated and control soil also possible
Test conditions	10 adult (= clitellate) worms per test vessel (glass with lid; 0.2 – 0.25 L volume); temperature: 20 ± 2 °C; permanently no light; moisture: 40–60 % of the WHC _{max} ; extraction of the juveniles using Bengal red; weekly feeding with rolled oats
Control	Untreated test substrate (e.g. artificial soil or a reference soil such as the German LUFA 2.2)
Validity criteria (control)	Mortality < 20 % (adults); number of juveniles per test vessel (at the end of the test) > 25 (<i>E. albidus</i>) or > 50 (other species)
Test assessment	NOEC or ECx (treatment versus control)
Reference substance	EC50 (reproduction) of Carbendazim: 1.2 ± 0.8 mg/kg



- ❖ Etudier l'interaction enchytréides/vers de terre

Modélisation graphique : SEM

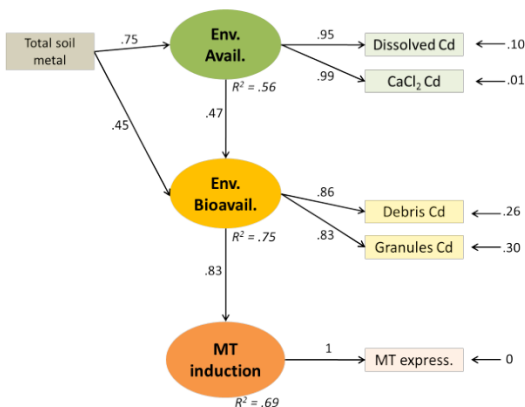
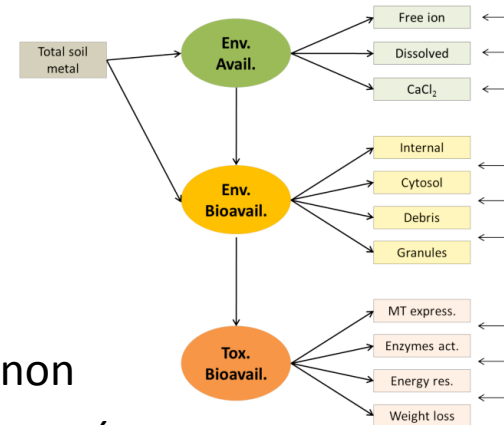
Chaîne de causalité :

Disponibilité -> Absorption -> Impact

Le modèle SEM

- ❖ permet de modéliser ces relations causales
- ❖ permet de représenter des variables latentes (non mesurées) reflétées par plusieurs indicateurs mesurés :

la biodisponibilité toxicologique est une variable latente reflétée par plusieurs biomarqueurs

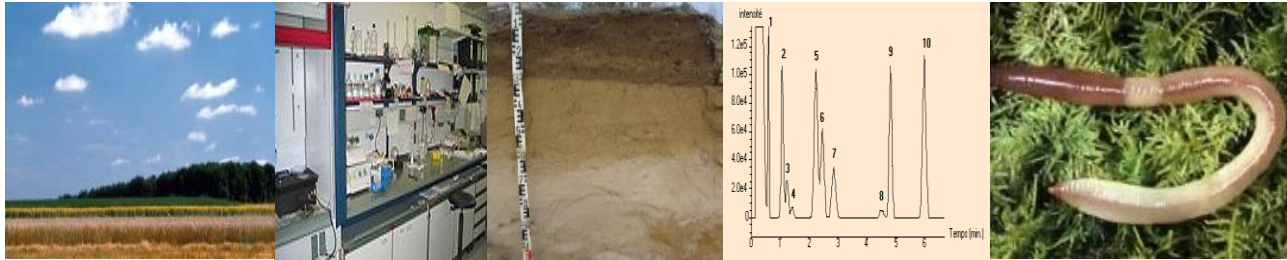


Résultats

- ❖ Identification d'indicateurs chimiques et biologiques pertinents pour refléter la biodisponibilité des métaux pour le ver de terre
- ❖ Les métaux dans la solution du sol ne constituent pas le seul pool de métaux disponible pour les vers de terre

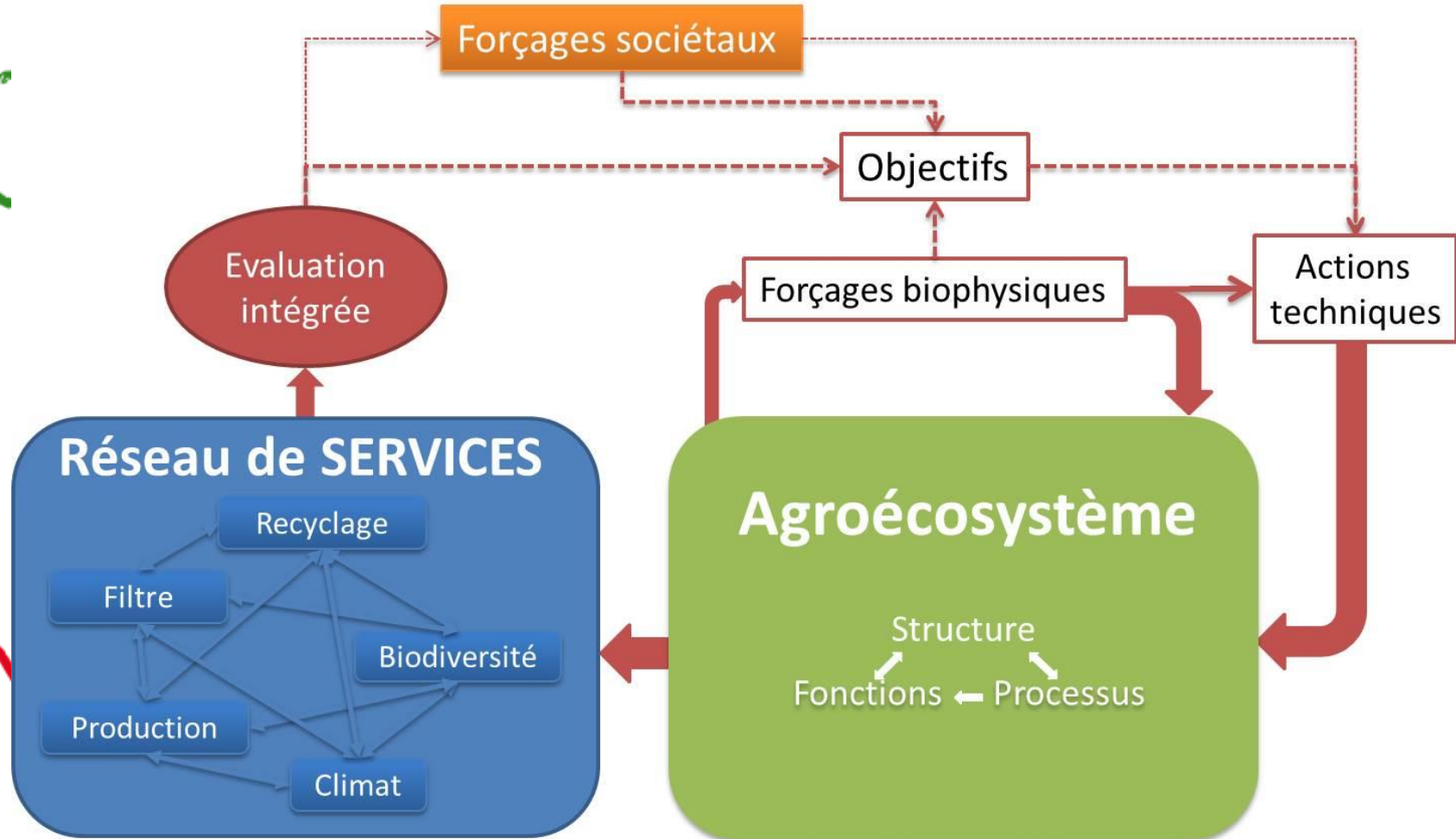
Modèle SEM biodisponibilité Cd, *Beaumelle et al. (in prep.)*

Des infrastructures adaptées



L'UMR ECOSYS...

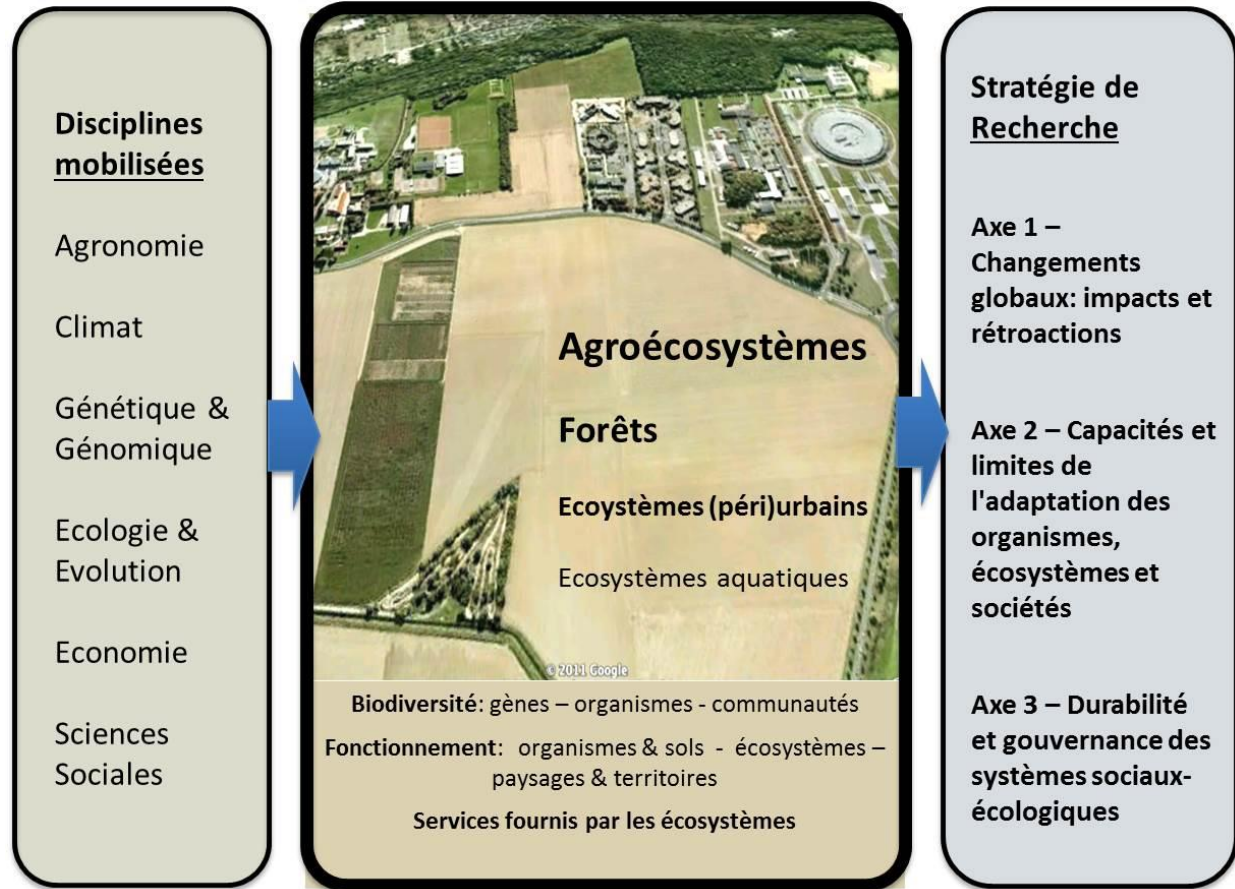
Ecologie fonctionnelle et écotoxicologie des agroécosystèmes



... dans un cadre élargi : le LabEx BASC



Biodiversité, Agroécosystèmes, Société, Climat



13 unités de recherche, 3 réseaux dont Ecotox



Sélectionner les outils



Répliquabilité

Complexité - Représentativité

CONDITIONS DE LABORATOIRE

Espèces isolées

Chaînes trophiques

Microcosmes



CONDITIONS NATURELLES

Mésocosmes

Ecosystèmes naturels

.....
Canaux artificiels

Mares/étangs expérimentaux

.....
Enclos



Danger -
Mode d'action
des toxiques

Recherche de l'origine
des effets sur les populations
et sur les relations inter-spécifiques

Effets aux
niveaux élevés d'organisation
biologique

D'après Caquet et al. (1989, 2000)



En développer de nouveaux : ANAEE-France



Toxicologi3
Programme Transversal

Analyse et expérimentation sur les écosystèmes – Services

- ❖ Une infrastructure nationale de recherche en biologie-santé
- ❖ Soutenue par le programme INBS 2011
- ❖ Co-dirigée par le CNRS et l'INRA
- ❖ Dont les objectifs sont :
 - **De rassembler** dans un **réseau** les **dispositifs expérimentaux, analytiques et de modélisation majeurs** dédiés à la compréhension des processus biologiques des écosystèmes continentaux (aquatiques et terrestres)
 - **D'offrir une gamme de services ouverts** à la communauté scientifique nationale et internationale, ainsi qu'à la R&D



<http://www.anaee-s.fr>

<http://www.inra.fr/Chercheurs-etudiants/Agroecologie/Tous-les-dossiers/Des-infrastructures-pour-la-recherche-en-environnement/>



L'organisation

U3E-CARRETEL



Plateformes expérimentales

Nœud 1
Ecotrons



Nœud 2
Semi-naturel



Nœud 3
In natura

SOEREs

Activités transversales d'AnaEE-France

- Standardisation des chartes d'utilisation, du vocabulaire partagé, des protocoles et des mesures
- Partage des données
- Services écologiques et scénarios de la biodiversité

Microbiologie
environnementale

Laboratoire
mobile

Instrumentation
partagée

Nœud 4

Instruments analytiques

Plateforme
web

Données,
métadonnées

Outils de
modélisation

Nœud 5

Systèmes d'information

Sol virtuel

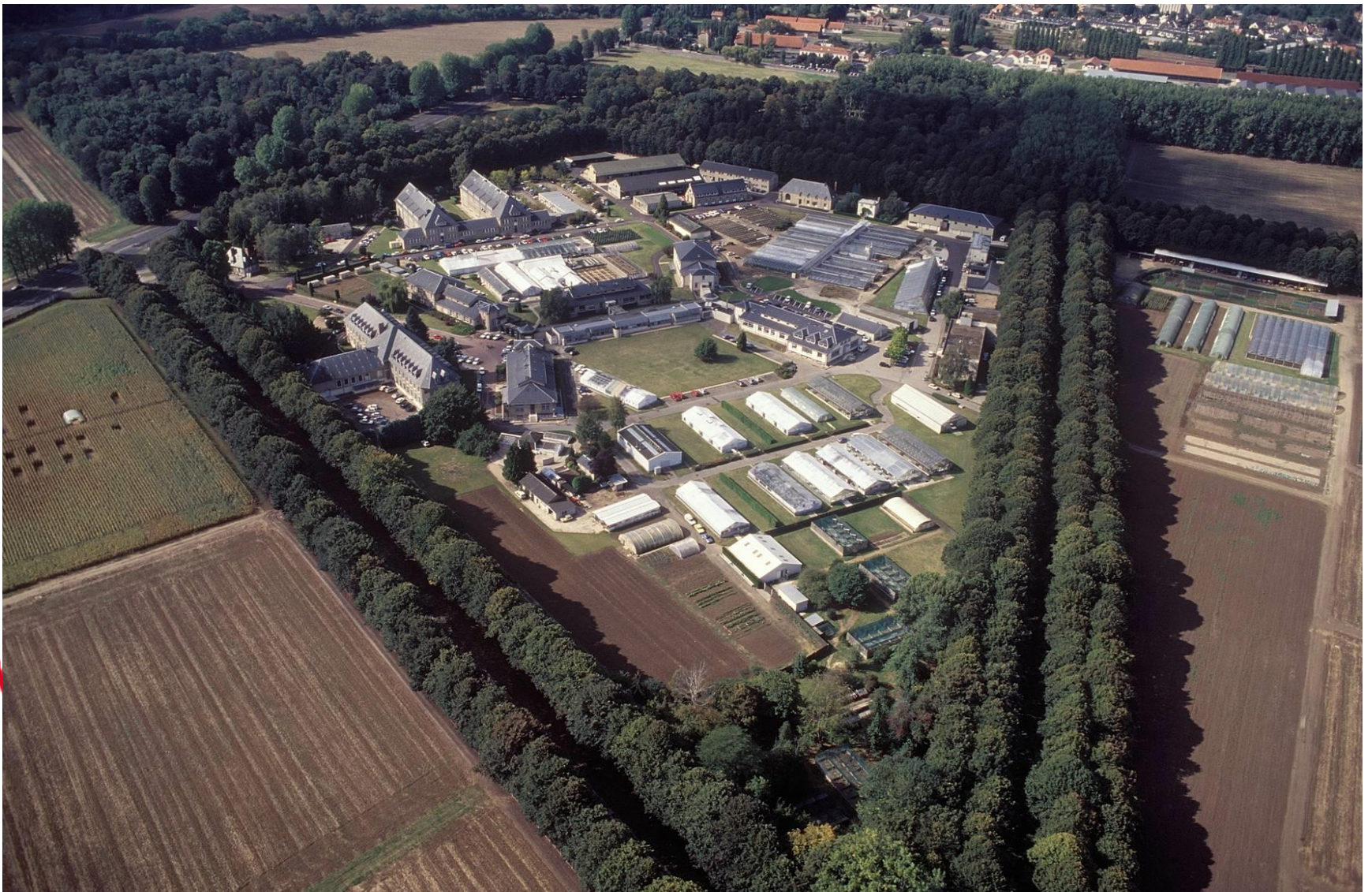
....

Quelques conclusions!



- ❖ Agroécologie et écotoxicologie : un mariage de raison, mais...
- ❖ L'interface entre sciences agronomiques, écologie, biodiversité, toxicologie et SHS doit se construire
- ❖ Mais il faut aussi intégrer le rapport IFRES et le continuum toxicologie/écotoxicologie (vs Ecotox et Ecotoxicomic)





Merci pour votre attention!

Toxicologie Environnementale – Ecole de Giens du 13 au 15 octobre 2014

