



**HAL**  
open science

# Les micropolluants organiques contenus dans les produits résiduaux organiques ont-ils des impacts écotoxicologiques sur l'écosystème sol ?

Christian Mougin, Dominique Patureau, Guillermina Hernandez Raquet

► **To cite this version:**

Christian Mougin, Dominique Patureau, Guillermina Hernandez Raquet. Les micropolluants organiques contenus dans les produits résiduaux organiques ont-ils des impacts écotoxicologiques sur l'écosystème sol?. Colloque de la Société d'Ecotoxicologie Fondamentale et Appliquée, Mar 2010, Versailles, France. hal-02750940

**HAL Id: hal-02750940**

**<https://hal.inrae.fr/hal-02750940>**

Submitted on 20 Mar 2023

**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.

# Les micropolluants organiques contenus dans les produits résiduaux organiques ont-ils des impacts écotoxicologiques sur l'écosystème sol ?

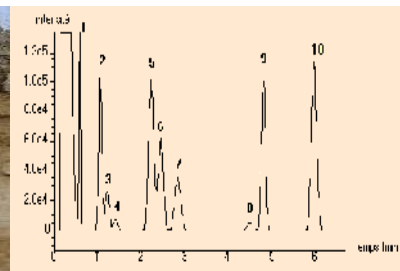
Christian Mougin<sup>1</sup>

Dominique Patureau-Steyer<sup>2</sup>, Guillermina Hernandez-Raquet<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Physicochimie et Ecotoxicologie des Sols d'Agrosystèmes Contaminés, Versailles

<sup>2</sup>Laboratoire de Biotechnologie de l'Environnement, Narbonne

<http://www-pessac.versailles.inra.fr>, <http://www.ensam.inra.fr/narbonne/>



**Pessac**

**Lbe**  
INRA

ALIMENTATION  
AGRICULTURE  
ENVIRONNEMENT

**INRA**

# Les produits résiduaires organiques (PRO)

- **Le contexte français**

- une valorisation importante des PROs comme amendements et fertilisants
- de nombreuses origines (agricoles, industrielles, domestiques...)
- des tonnages en augmentation ( boues :  $2 \cdot 10^6$  T MS, 450 000 ha)
- un encadrement réglementaire (AFNOR...)

- **Mais des questions légitimes**

- quelle innocuité environnementale et sanitaire ?
- quel(s) effet(s) sur le fonctionnement des sols ?

# La contamination chimique des PRO

- **La réglementation (normes NF)**
  - valeurs seuil : ETM, CTO > PCBs, HAPs
  - un projet de directive européenne : dioxines, phthalates, alkylbenzène sulphonates, NP et NPE...
  
- **Mais une interrogation**
  - natures et concentrations de contaminants organiques réputés non persistants

# Des teneurs variables dans les boues

<i>CTO contenus dans les boues</i>	Teneur des boues (mg/kg MS)		Quantité maximale apportée au sol**	
	moyenne	maximale*	g/ha	mg/kg
<b>Nonylphénol</b>	112	207	6200	4,1
<i>Fluoranthène</i>	0,53	5	75 <sup>\$</sup>	0,05
<b>Glyphosate / AMPA</b>	1 / 12	2,2 / 29	66 / 870	0,04 / 0,6
<b>Diuron</b>	0,026	0,07	2,1	0,001
Oestradiol	0,002	0,01	0,3	0,0002

\$ flux maximum cumulé

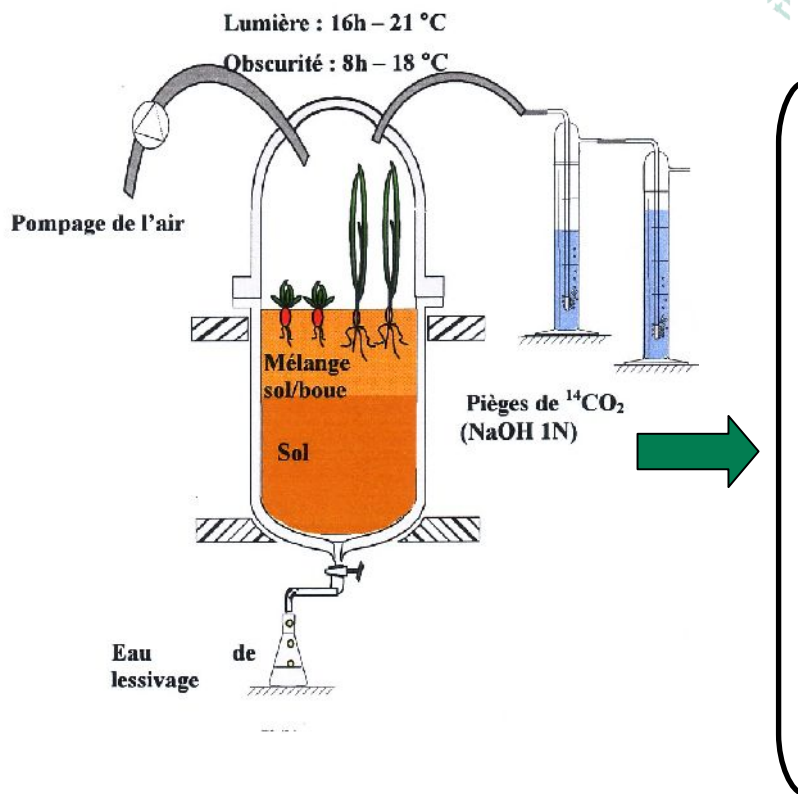
\* valeurs maximales mesurées ou réglementées

\*\* hypothèse de pire cas : épandage de 30 T boue sèche.ha<sup>-1</sup> à la teneur maximale en composé avec un m<sup>2</sup> de sol correspondant à 150 kg de sol

# Mais un challenge analytique

- Très peu de méthodes disponibles pour doser ces composés en trace dans des matrices très complexes
- Difficiles à utiliser en routine
  - Glyphosate et AMPA : Ghanem et al., *Anal Chem* 2007, 79:3794-3801
  - Phénylurés et triazines : Ghanem et al., *Anal Bioanal Chem* 2008, 391:345-352

# Devenir des contaminants



- **Radiotraceurs**

## Transformation (sols, végétaux)

minéralisation / extraction / stabilisation  
cartes métaboliques

## Biodisponibilité

adsorption / désorption  
transfert sol / plante  
lixiviation



**Caractérisation chimique des  
lixiviats**



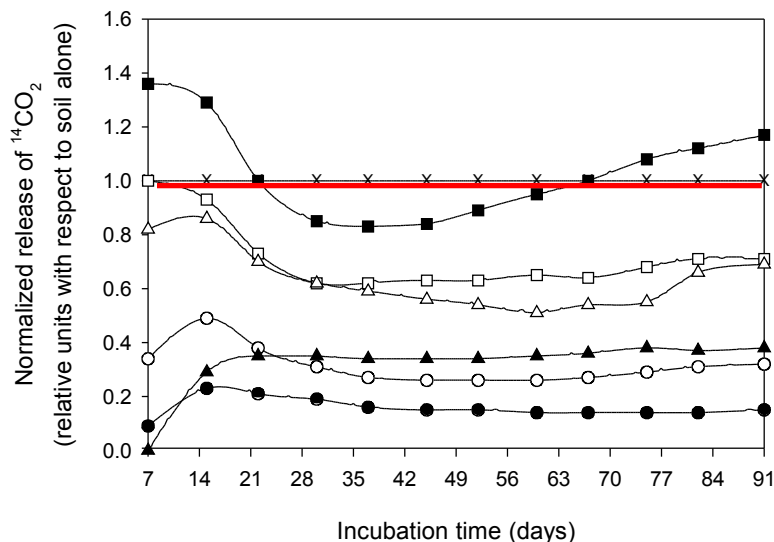
**Risque sanitaire**



# Degradation des contaminants

## Cas des pesticides

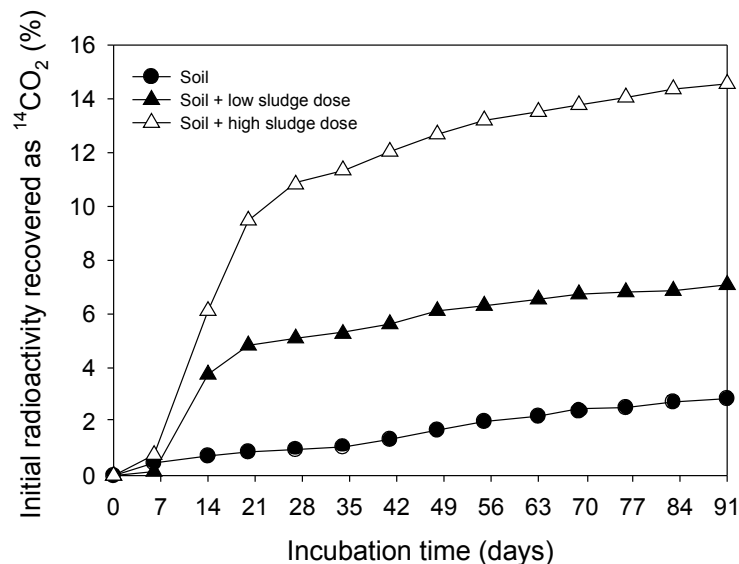
Ghanem et al., *Env Chem Lett* 2006, 4:63-67



x, sol seul  
 o, boue séchée 6 T ha<sup>-1</sup>; ●, boue séchée 30 T ha<sup>-1</sup>  
 □, boue compostée 6 T ha<sup>-1</sup>; ■, boue compostée 30 T ha<sup>-1</sup>  
 △, boue chaulée 6 T ha<sup>-1</sup>; ▲, boue chaulée 30 T ha<sup>-1</sup>.

## Cas de l'oestradiol

Dubroca et al., *Env Chem Lett* 2009, 7:368-373



**Référence = sol seul**  
**Situation agronomique : 6 T MS/ha**  
**Situation de pire cas : 30 T MS/ha**

6 ppm glyphosate, 17 ppm diuron, 7 ppm 4-nonylphénol / 75 et 750 ppb oestradiol



ALIMENTATION  
 AGRICULTURE  
 ENVIRONNEMENT

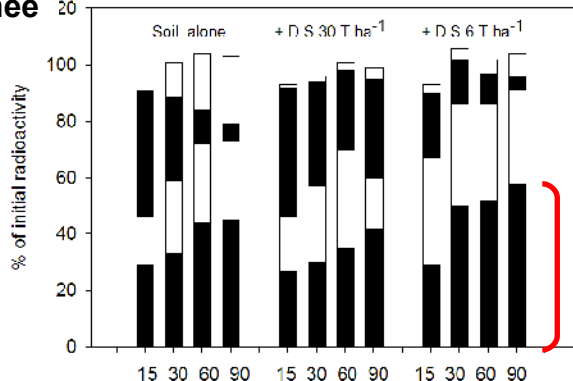




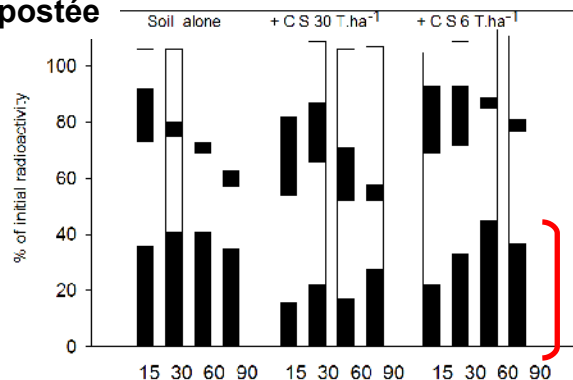
# Répartition des contaminants dans le sol

## Cas des pesticides

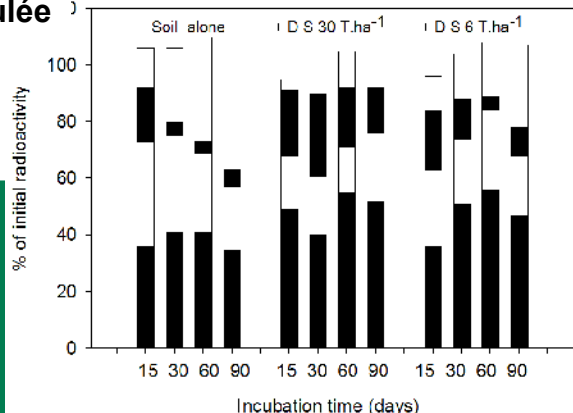
Séchée



Compostée

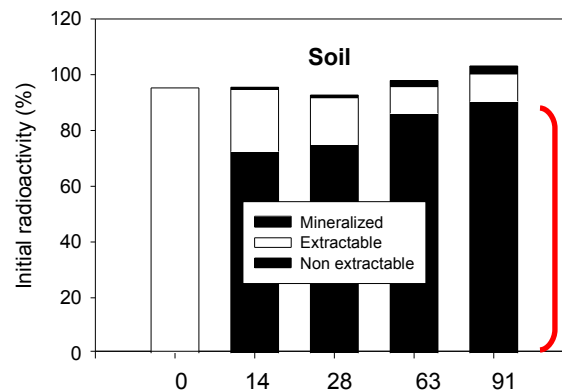


Chaulée

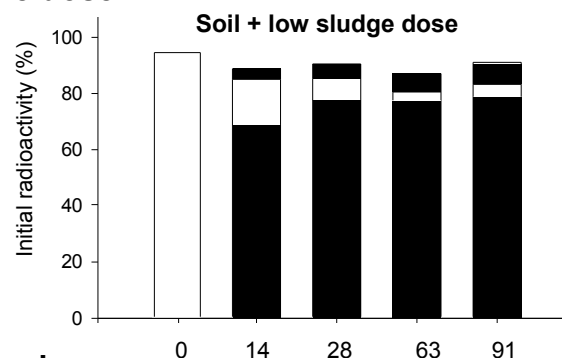


## Cas de l'oestradiol

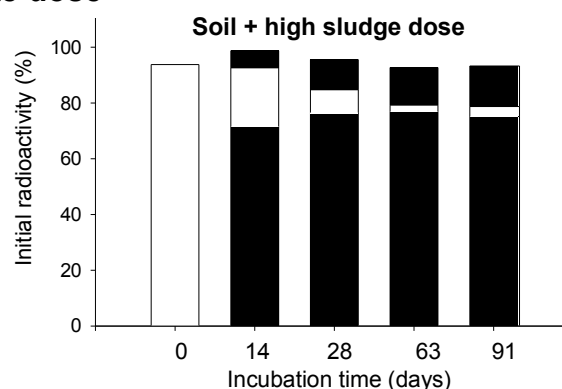
Sol



Faible dose



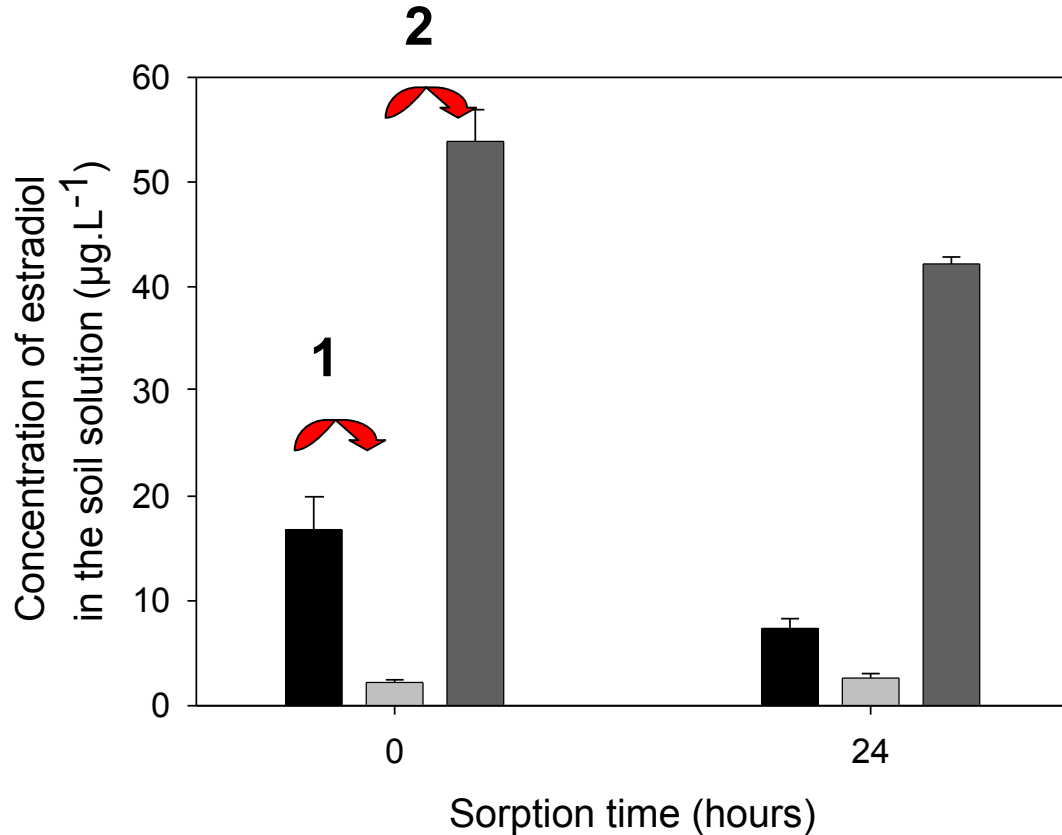
Forte dose



# Transfert des pesticides

- **Concentration dans les lixiviats ( $\approx 10 \mu\text{g/L}$ )**
  - Moins de 1 % de la radioactivité lors d'un apport de 20 mm de pluie
  - Seule la boue chaulée entraîne une augmentation de la radioactivité dans les lixiviats
- **Transfert vers la plante ( $\approx \text{mg/kg}$ )**
  - Moins de 0,05 % de la radioactivité dans le blé ou le radis
  - Les boues diminuent le transfert vs sol seul
  - Il n'y pas d'effet spécifique d'un type de boue particulier

# Biodisponibilité de l'oestradiol



Mesure dans la solution du sol

1 - effet limitant de la boue

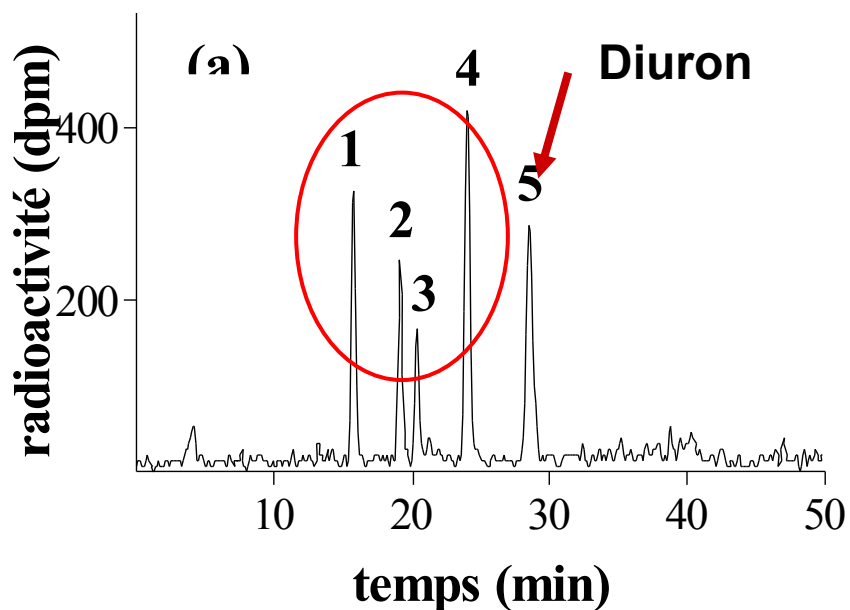
2 - effet concentration

Sol seul ■, faible dose □, forte dose ■

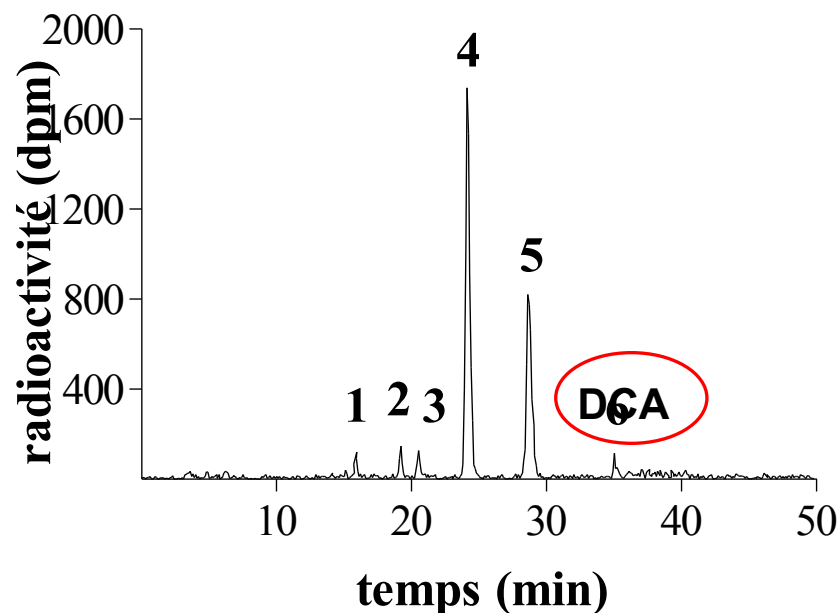
# Vers des formes bioactives de contaminants

## Profil CLHP-14C d'extrait brut

### BLE feuille



### RADIS Racine

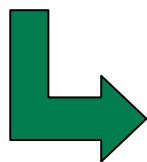


# Impacts écotoxicologiques



## Tests sur des organismes de 3 niveaux trophiques

- **Décomposeurs**
  - diversité fonctionnelle microbienne  
« litter bag »
  - diversité structurale  
PLFA
  - champignons filamenteux
- **Producteurs (X 31-201/202)**
  - germination (% , délai) des végétaux
  - production de biomasse
- **Consommateurs (ISO 11267)**
  - mortalité, reproduction des collemboles

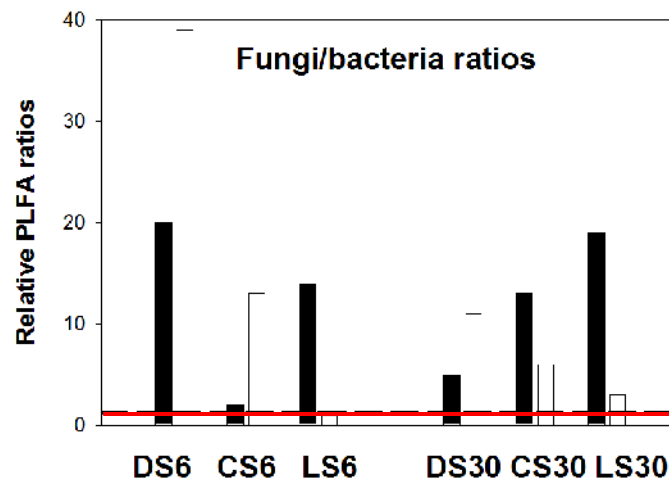
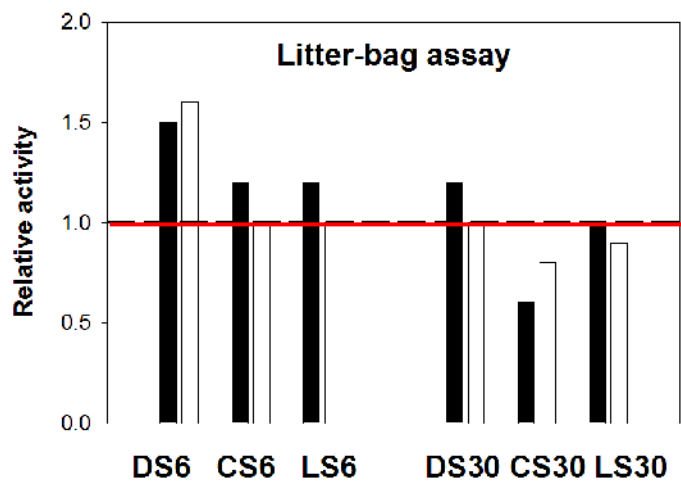


**Evaluation de l'estrogénicité**  
lignées humaines MELN



**Risque sanitaire**

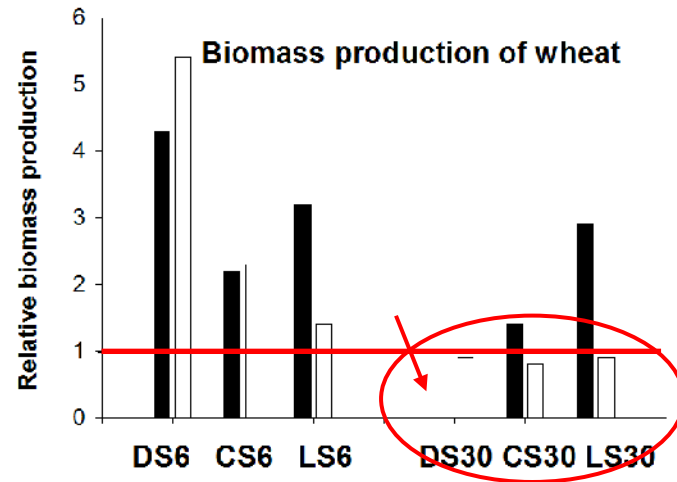
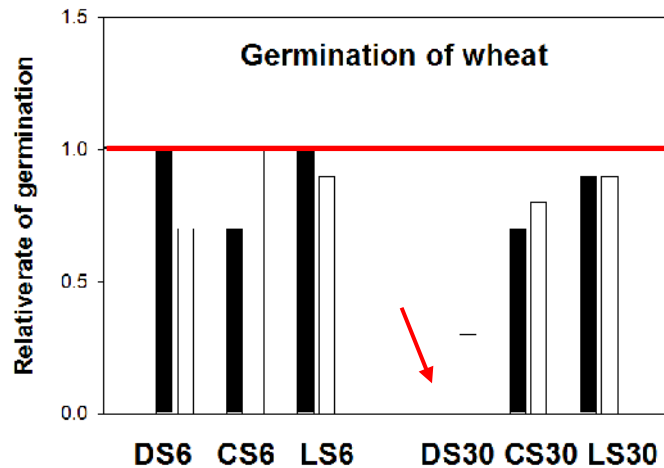
# Effet sur les décomposeurs



**Sol sans traitement**, + boues non dopées ■ , + boues dopées □

- **Activité (litter bag) : pas d'effet des boues ni contaminants**
- **Communautés (PLFA) : stimulation des communautés fongiques**

# Effet sur les producteurs : blé

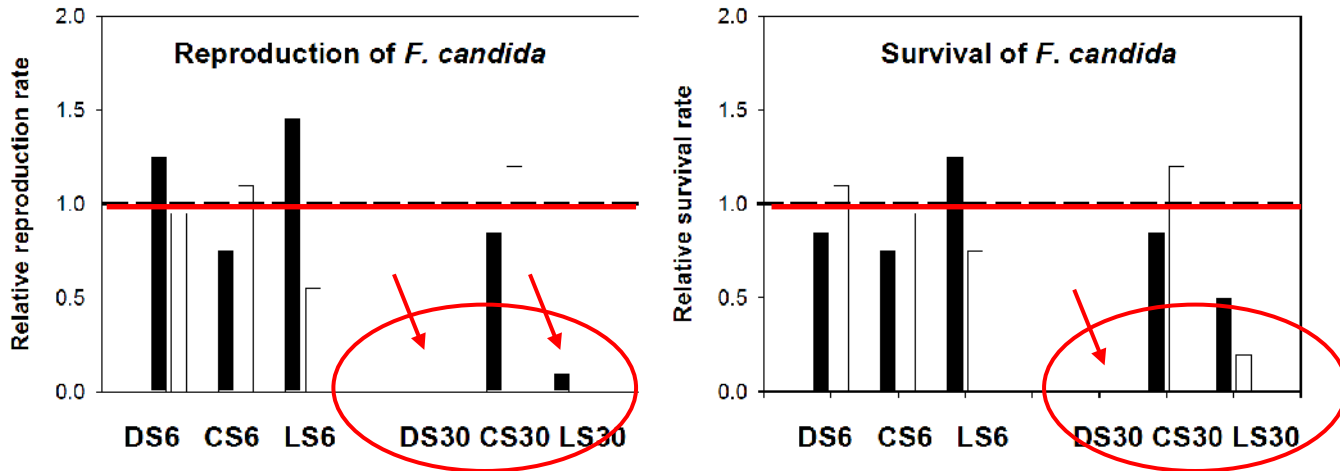


**Sol sans traitement**, + boues non dopées ■ , + boues dopées □

- Germination : effet négatif non significatif (+ allongement délai)
- Production de biomasse : effet plutôt stimulateur (+ phytotoxicité fortes doses)
- Boue séchée 30 (DS 30)



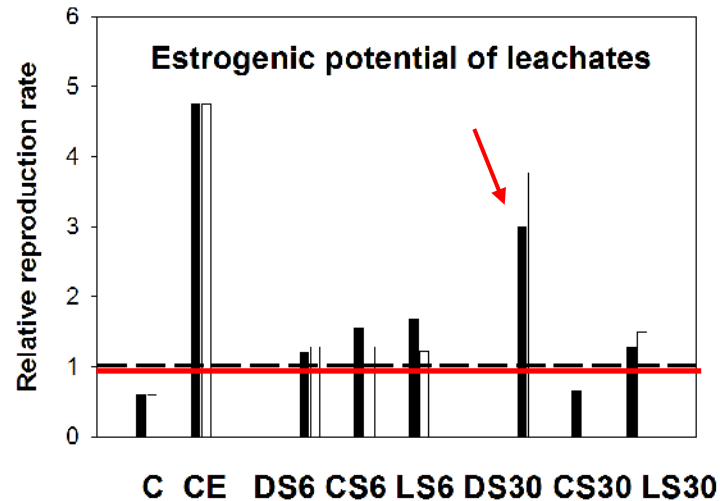
# Effet sur les consommateurs : *F. candida*



**Sol sans traitement**, + boues non dopées ■ , + boues dopées □

- Reproduction et survie : effets négatifs non significatif aux faibles doses
- Effets des boues fortes doses (séchée : champignons, chaulée : pH)

# Estrogénicité des lixiviats : MELN



**Sol sans traitement**, + boues non dopées ■ , + boues dopées □

- Pas d'effet significatif vs contrôle positif (C : DMSO, E : oestradiol  $10^{-9}M$ )
- Boue séchée 30 (DS 30) ?

# Conclusions

- **Les PRO contiennent des contaminants organiques « non POPs » difficiles à analyser**
- **La persistance de ces contaminants est souvent augmentée dans les sols amendés, mais les risques de transfert restent limités (attention à la bioactivation)**
- **Les impacts écotoxicologiques sont masqués par l'effet « amendement » dans les conditions agronomiques**

# Perspectives

- **Les données génériques sont difficiles à obtenir**
  - du cas par cas > vers une typologie des contaminants?
  - vers un suivi des expositions (métrologie)
  - vers de nouveaux outils d'évaluation des impacts
- **Il existe des préoccupations émergentes**
  - cosmétiques : nanomatériaux : AFSSET
  - fumiers, lisiers : antibiotiques : ANR DIPERPHA
- **Vers une nouvelle conception des procédés de traitement des eaux usées en STEP ?**

# Le suivi sur le long terme...

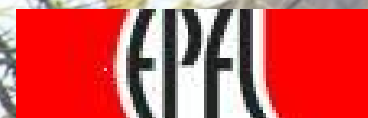
- **Systeme d'Observation et d'Experimentation, sur le long terme, pour la recherche en environnement (SOERE-PRO)**
- « Impacts environnementaux du recyclage de produits résiduaux organiques sur les écosystèmes cultivés »
- S. Houot, EGC Grignon, 5 sites, 21 partenaires



ALIMENTATION  
AGRICULTURE  
ENVIRONNEMENT







Merci pour votre attention

# Les phosphonates

