



**8e CONFÉRENCE EAU & SANTÉ**  
**14 & 15 novembre 2023 - Villeurbanne**

**graie**  
PÔLE  
EAU & TERRITOIRES

Avec le soutien de



En partenariat avec





# IMPACTS DE L'ÉPANDAGE AGRICOLE DE MATIÈRES FERTILISANTES D'ORIGINE RESIDUAIRE (MAFORS)

## SUR LES VERS DE TERRE (*Eisenia fetida*)

quelques éléments de la bioaccumulation des résidus de  
médicaments et biocides lié à l'épandage

Jean-Philippe Bedell <sup>a</sup>, Olivier Roques <sup>a</sup>, Laure Wiest <sup>b</sup>, Rémy Bayard <sup>c</sup>

<sup>a</sup> Univ Lyon, Université Claude Bernard Lyon 1, CNRS, ENTPE, UMR 5023 LEHNA, F-69518, Vaulx-en-Velin, France

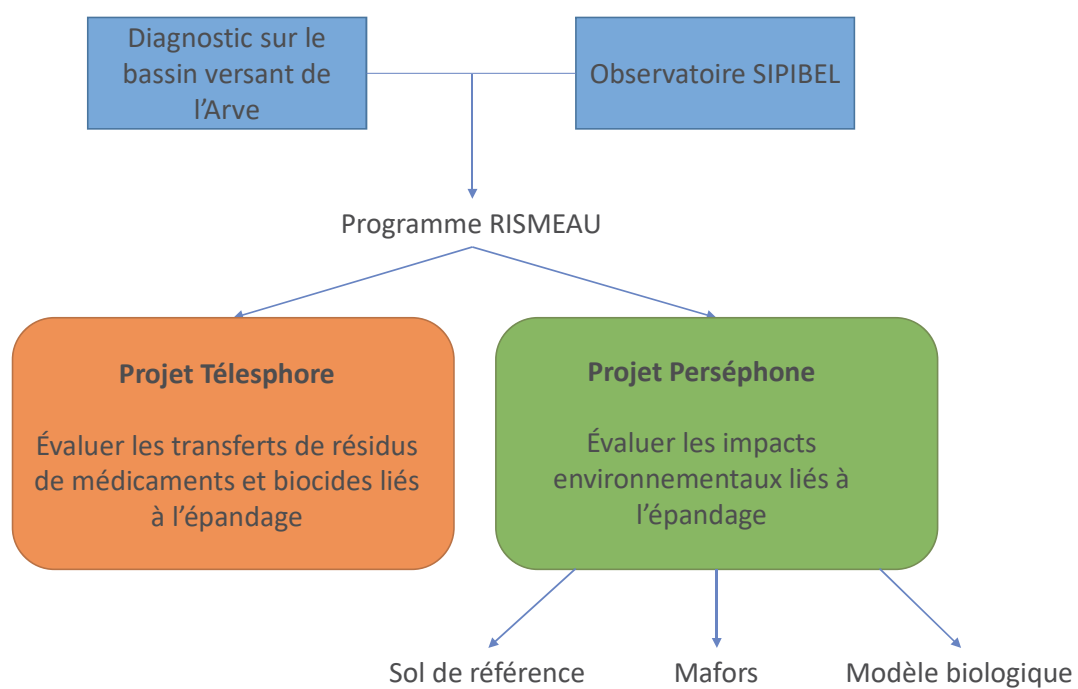
<sup>b</sup> Univ Lyon, CNRS, Université Claude Bernard Lyon 1, Institut des Sciences Analytiques, UMR 5280, 5 Rue de la Doua, F-69100 Villeurbanne, France

<sup>c</sup> INSA Lyon, Laboratoire DEEP EA7429, Université de Lyon, 9 rue de la Physique, 69621, Villeurbanne, France.

RISques liés aux résidus de Médicaments, biocides et  
antibiorésistants d'origine humaine et vétérinaire sur les  
ressources en EAU du bassin versant de l'Arve

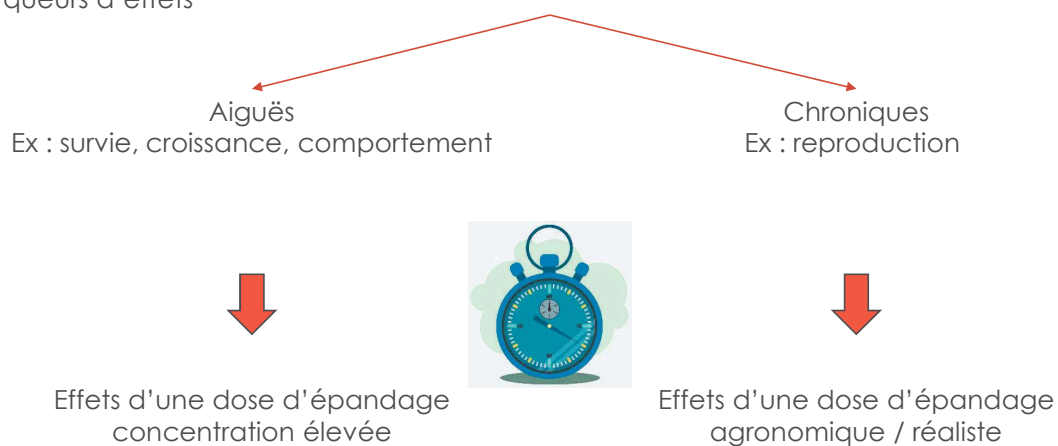
RISMEAU  
SIPIBEL  
Site Pilote de Bellecombe





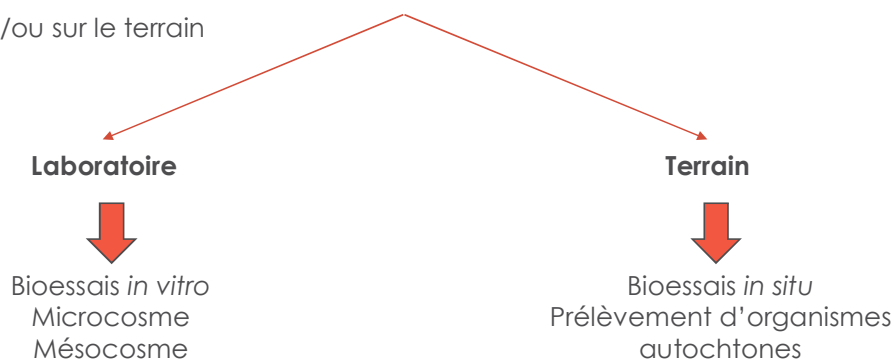
## Comment évaluer l'écotoxicité des Mafors dans un contexte d'épandage agricole ?

- Utilisation d'organismes modèles
- Suivis de marqueurs d'effets

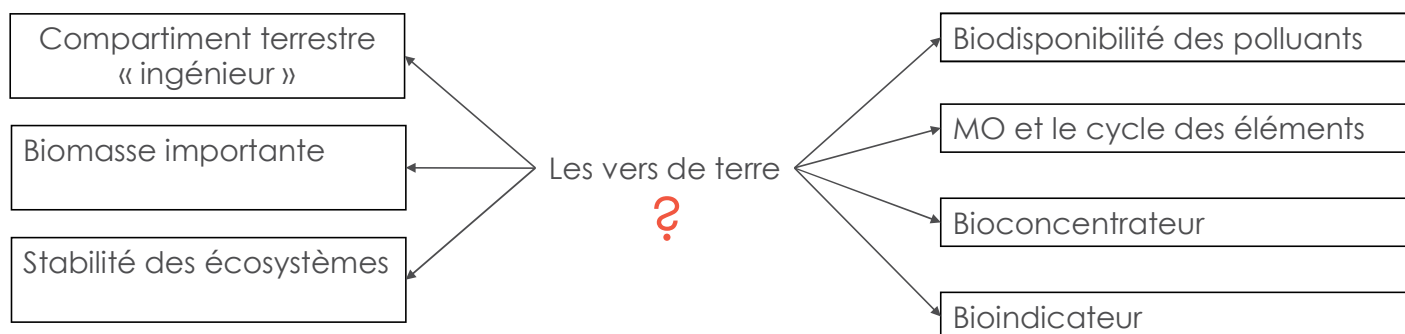


## Comment évaluer l'écotoxicité des Mafors dans un contexte d'épandage agricole ?

- Utilisation d'organismes modèles
- Suivis de marqueurs d'effets aigües (survie, croissance, comportemental) ou chroniques (reproduction)
- Essai en laboratoire et/ou sur le terrain



## Modèle biologique



## Modèle biologique

### Un modèle biologique idéal



*E. fetida* (Savigny, 1826)

#### ***Eisenia fetida***

Surnom : Vers de compost, de fumier  
Masse adulte : 0,3 – 0,6 g (8 semaines)  
Durée de vie : 2 ans  
Localisation : Epigée (20<sup>er</sup> cm du sol)

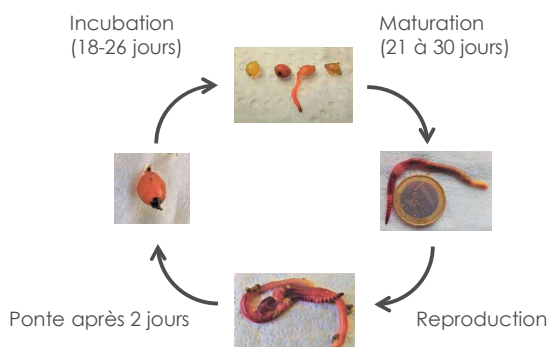
- Biologie et physiologie connue
- Sensibilité à divers polluants
- Entrée des polluants par voies passives (contact tégumentaire) et actives (par ingestion)

## Modèle biologique

### Le ver de fumier *Eisenia fetida*



Groupe fonctionnel : Épigée  
Milieu de vie : Matière organique, litière  
Reproduction : Hermaphrodite



#### Avantages :

- ⇒ Cycle de vie rapide, facilement élevé en laboratoire
- ⇒ Utilisé dans les normes internationales ISO
- ⇒ Adapté au contexte de l'étude

#### Inconvénients :

- Moins sensible que les autres espèces de vers ←
- Moins représentative ←
- Rôle fonctionnel moins important ←

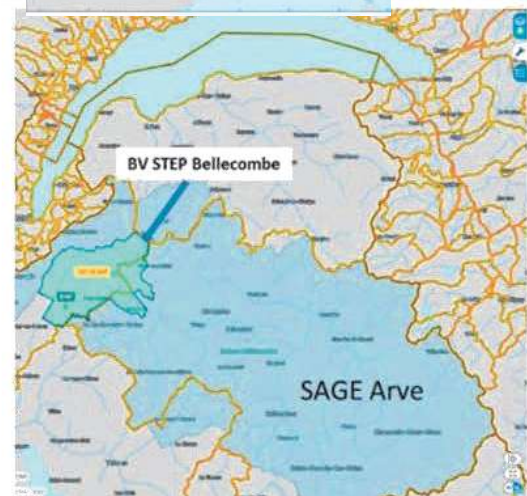
Autre espèce : *Aporrectodea caliginosa* (INRAE Versailles)



## Zone d'étude



- Site d'expérimentation du programme RISMEAU
  - Sol agricole avec une activité humaine réduite
  - Représentatif de la zone d'étude
- = Sol de référence



## Choix des matrices

- Matrices représentative de la zone d'étude / à l'échelle nationale
- Épanchées sans traitement
- Présences de résidus pharmaceutiques



Boue d'épuration



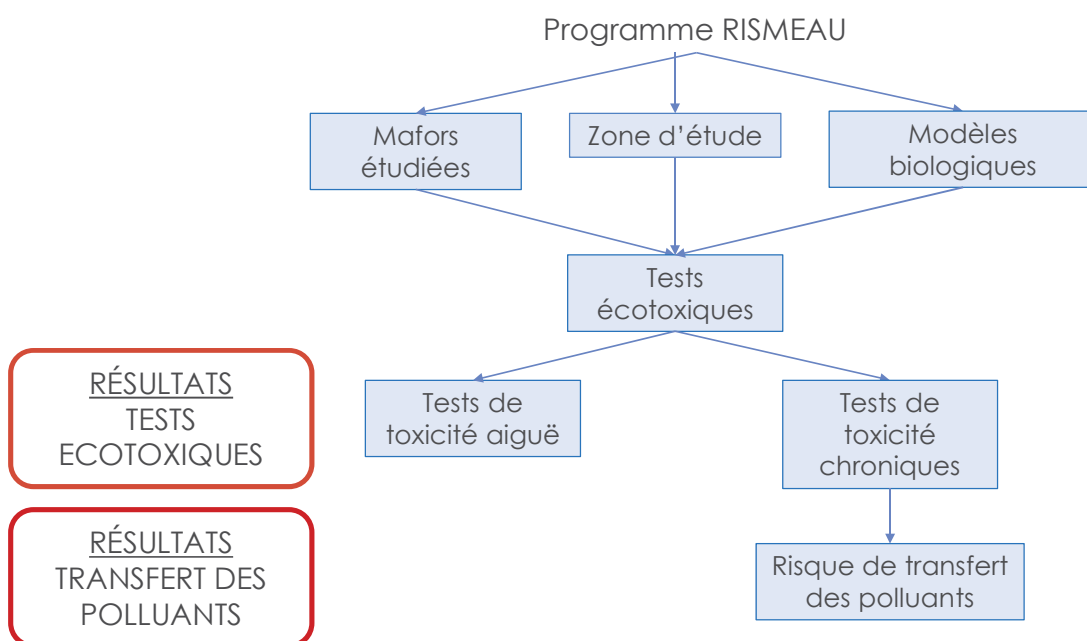
Fumier de vache



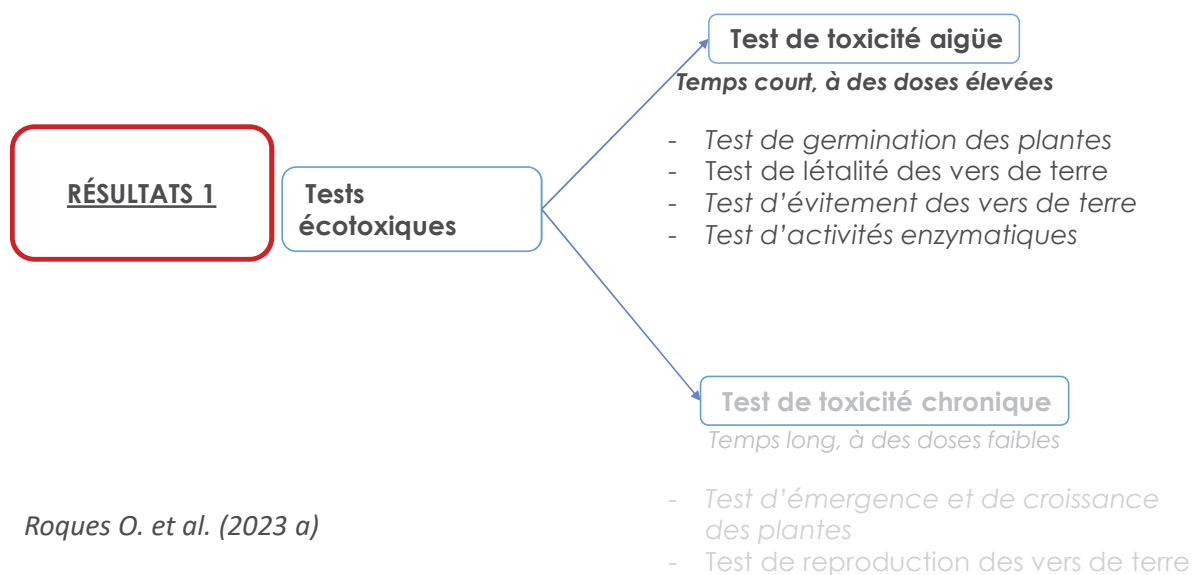
Lisier de vache

- pH élevé pour les effluents agricoles
- Teneur en matières organiques similaires
- Teneur en azote ammoniacale élevé dans le lisier

## Approche expérimentale

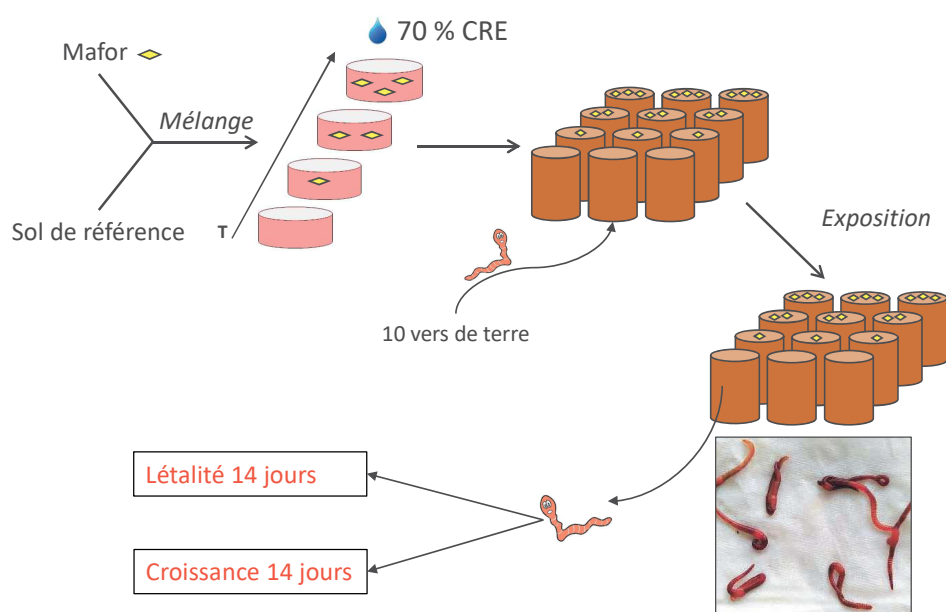


## Approche expérimentale. 1. Tests de toxicité aigües

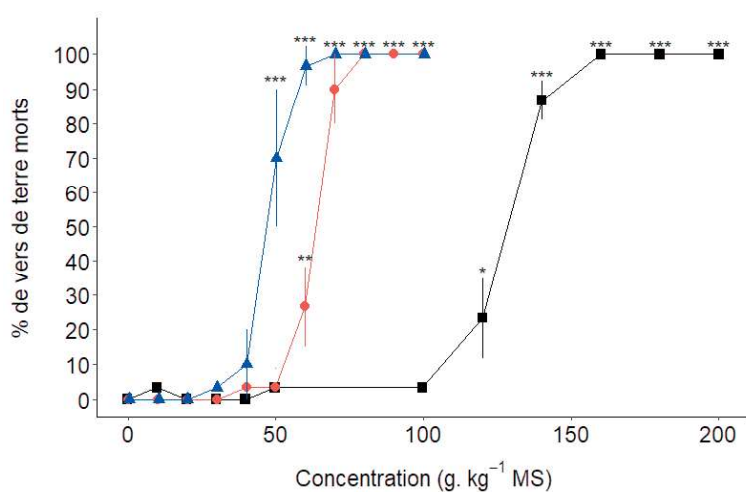


# Approche expérimentale. 1. Tests de toxicité aigües

Test de létalité des vers de terre – NF ISO 11268-1



## Tests de toxicité aigües: Résultats

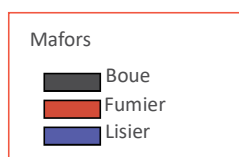
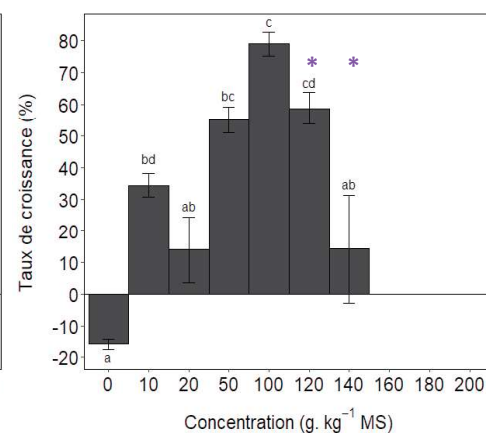
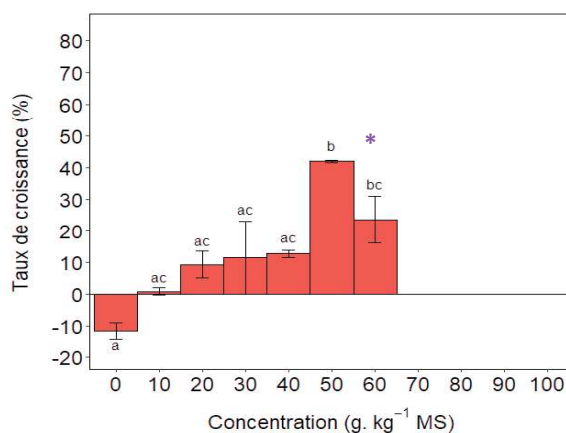
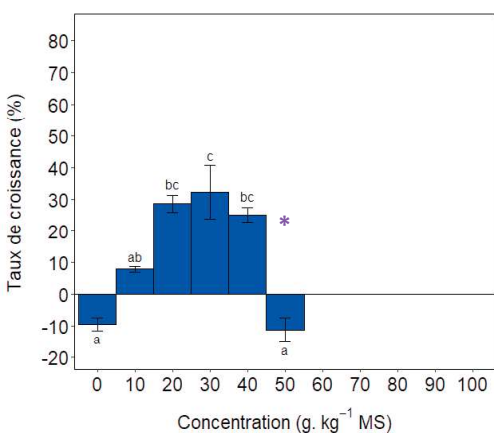


Mafor  
■ Boue  
● Fumier  
▲ Lisier

Effet de létalité observée pour les trois MAFORs mais à des doses d'amendements différentes  
Boue la moins létale (>100 g/kg MS)

### Test de létalité des vers de terre – NF ISO 11268-1

## Tests de toxicité aigües: Résultats



\* Mortalité significative

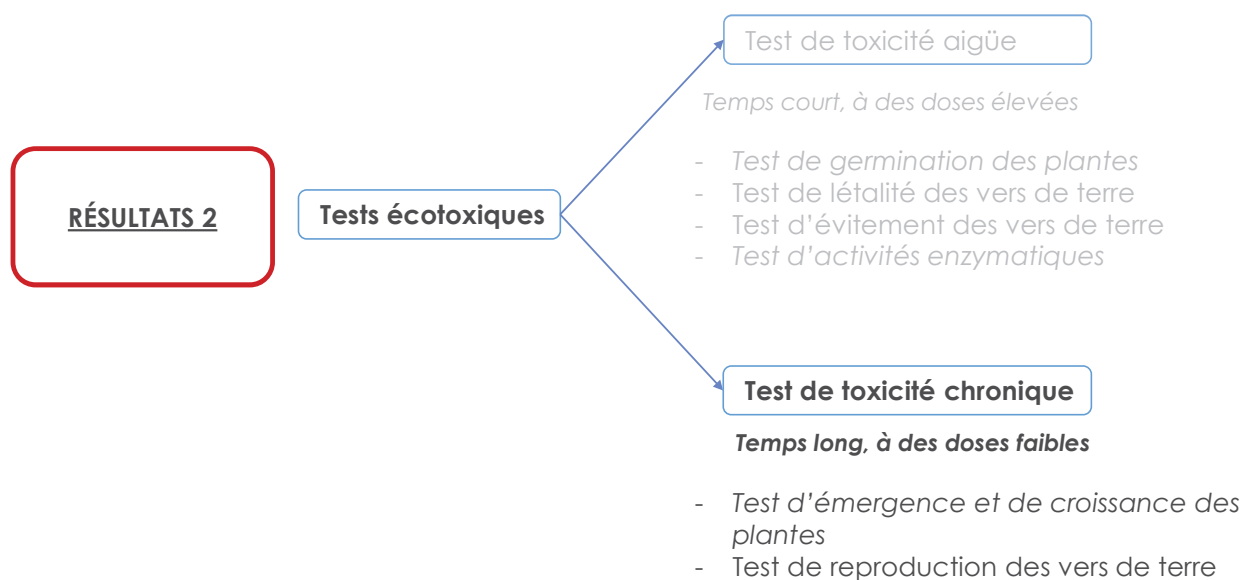
- Témoin négatif normal car sol « pauvre »
- Effet sur la croissance des trois MAFORS
- Meilleure croissance avec Boue
- Doses les plus fortes avec Boue pour avoir létalité

Test de létalité des vers de terre – NF ISO 11268-1

## Tests de toxicité aigües: Conclusions

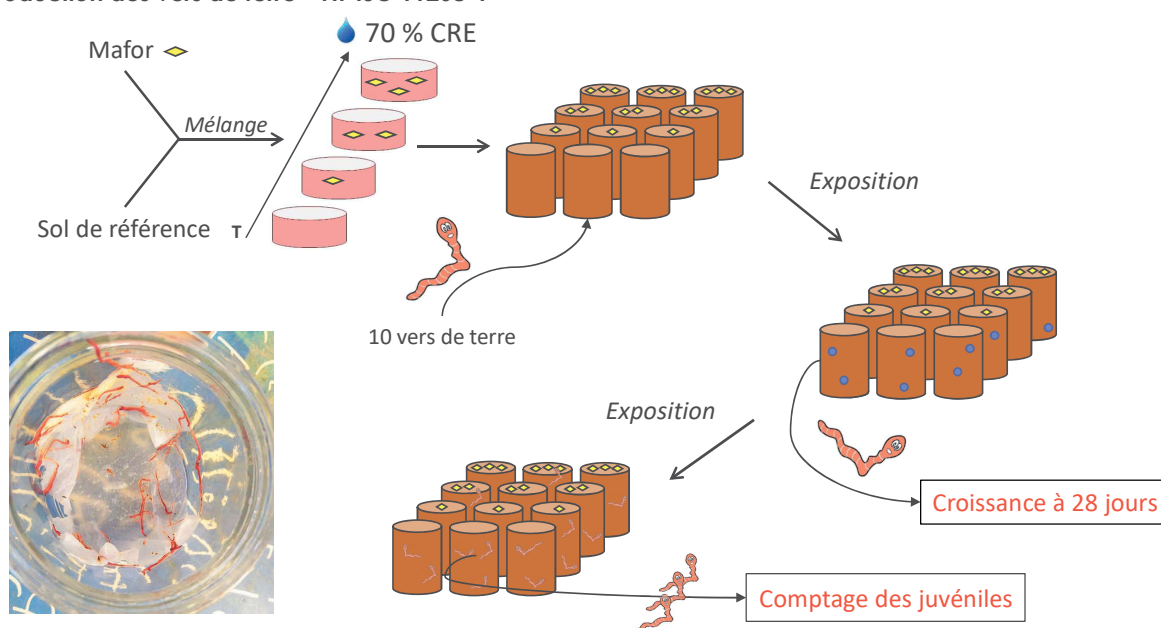
		Effet (dose agronomique 1 à 2 %)		
		Boue	Fumier	Lisier
Test de germination des plantes	Germination			
	Croissance racinaire	+		
Test de létalité des vers de terre	Survie			
	Croissance	+	+	+
Test d'évitement des vers de terre	Évitement/attraction	+	+	
Microorganismes	Activité enzymatique	+	+	+

## Approche expérimentale. 2. Tests de toxicité chroniques



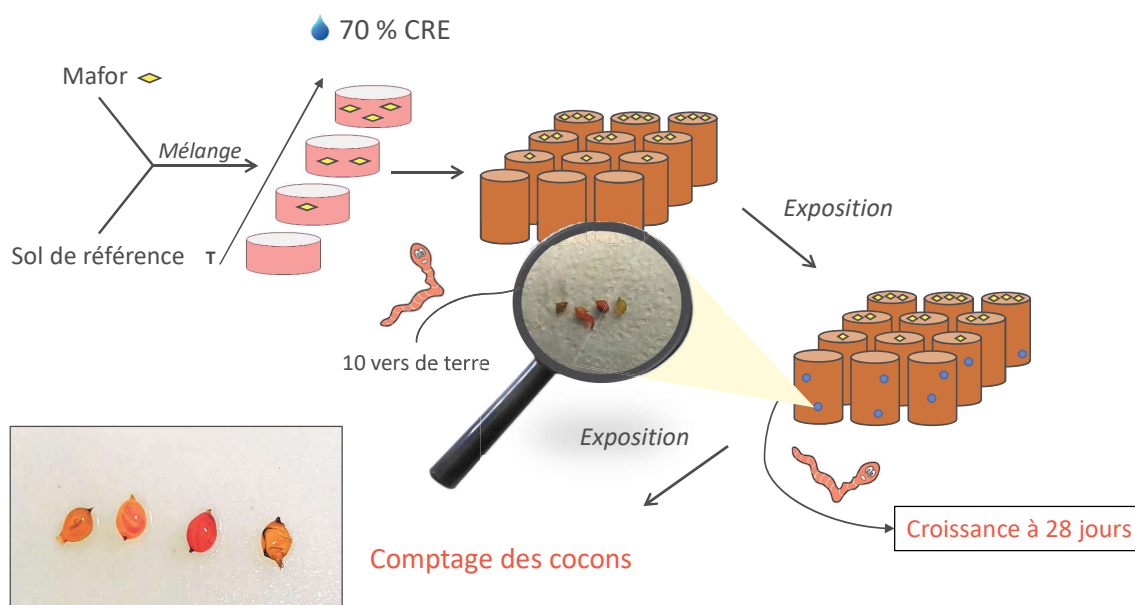
## Approche expérimentale. 2. Tests de toxicité chroniques

Test de reproduction des vers de terre – NF ISO 11268-1



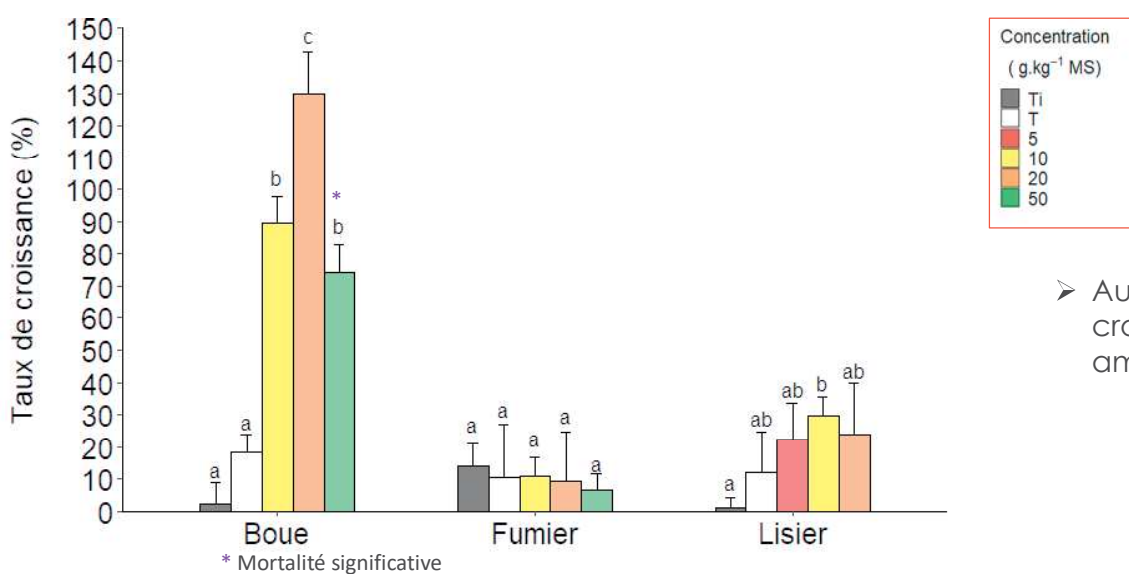
## Approche expérimentale. 2. Tests de toxicité chroniques

Test de reproduction des vers de terre – NF ISO 11268-1



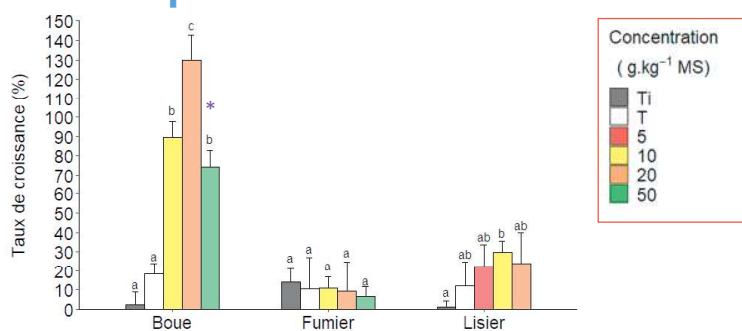
## Tests de toxicité Chroniques: Résultats

### Test de reproduction des vers de terre

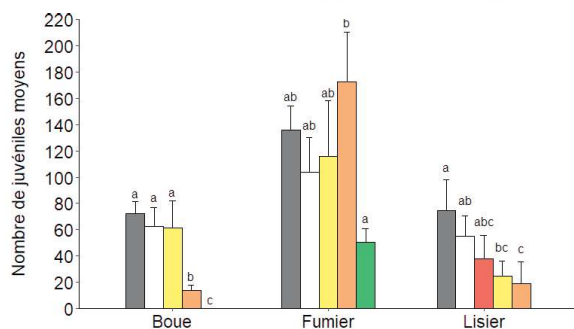


➤ Augmentation du taux de croissance dans les sols amendés en boue

## Approche expérimentale. 2. Tests de toxicité chroniques



➤ Augmentation du taux de croissance dans les sols amendés en boue



➤ Inhibition de la reproduction dans les sols amendés en boue d'épuration et en lisier

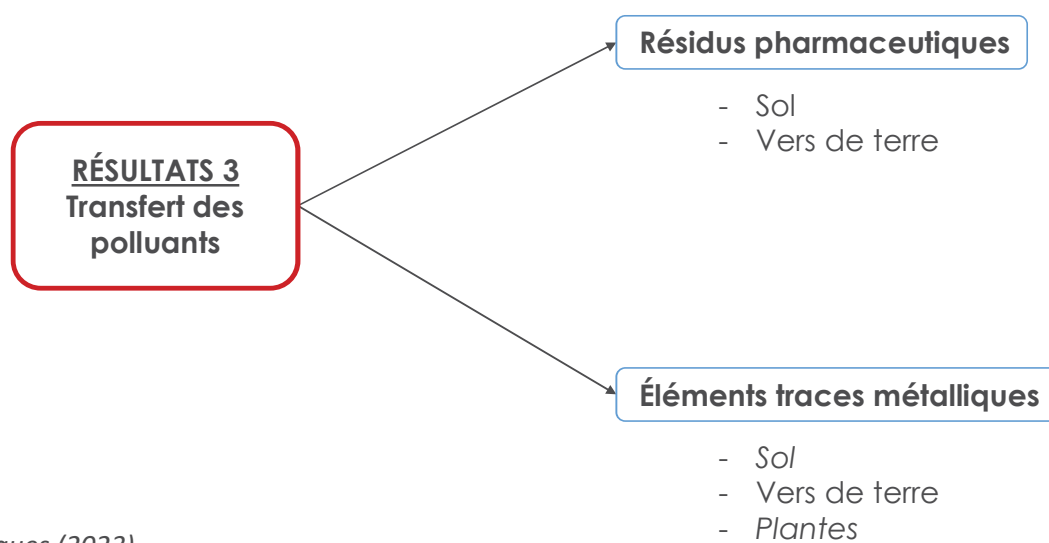
### Test de reproduction des vers de terre

\* Mortalité significative

## Tests de toxicité chroniques : Conclusions

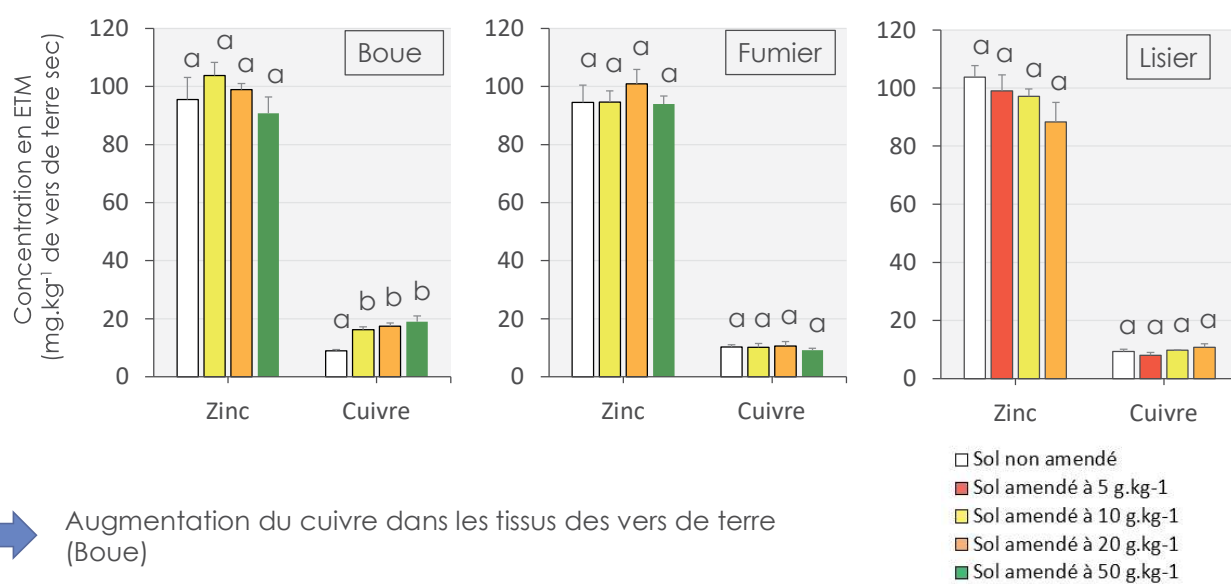
		Effets (doses agronomiques)		
		Boue	Fumier	Lisier
Test d'émergence et de croissance des plantes	Germination	++	+	+
	Hauteur des tiges	+	+	
	Masse fraîche des PA	+	+	+
	Masse fraîche des PR	++		
	Masse sèche des PA	++		+
	Masse sèche des PR	+		
Test de reproduction des vers de terre	Croissance	+		
	Reproduction	-		-

## Approche expérimentale. 3. Transfert/Bioaccumulation ?



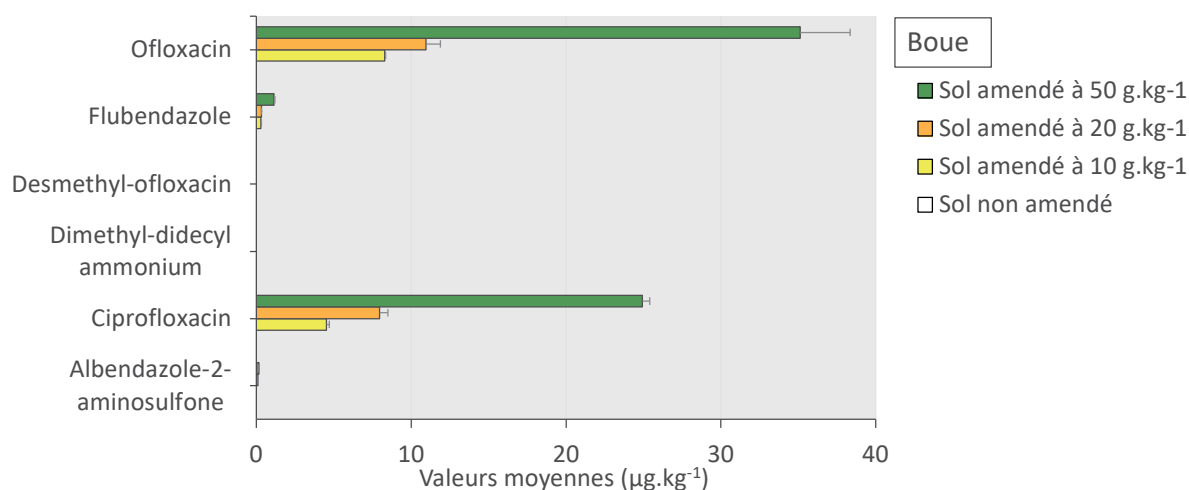
## Résultats. 3. Transfert/Bioaccumulation ?

Test de reproduction des vers de terre – Vers de terre



## Résultats. 3. Transfert/Bioaccumulation ?

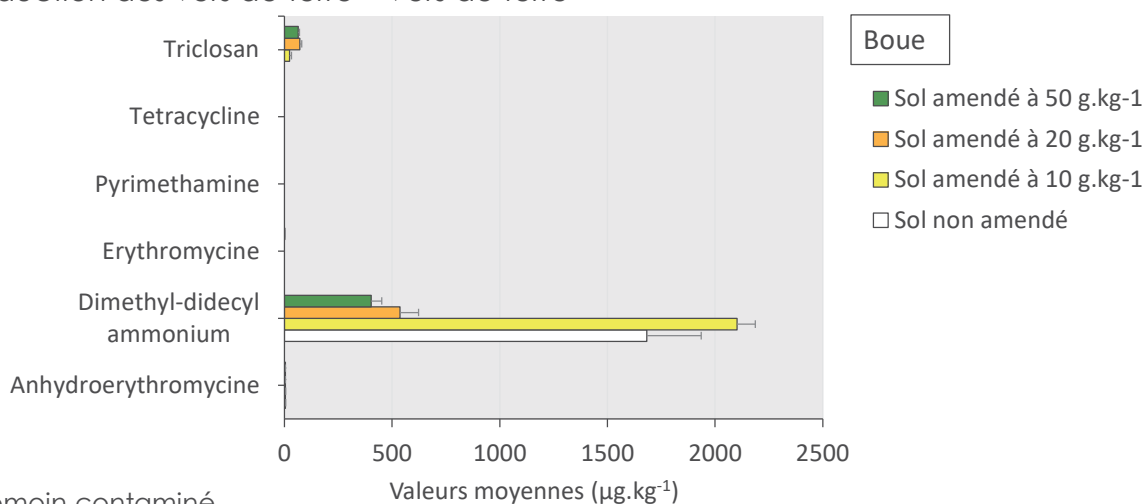
Test de reproduction des vers de terre – Mesures dans les matrices du test « Sols » et « Sols amendés »



- Résidus pharmaceutiques uniquement détectés et quantifié dans les sols amendés en boue d'épuration
- Seulement 6/33 résidus pharmaceutiques
- Chlorhexidine et dyméthyl-dydécyl-ammonium non quantifié/détecté

## Résultats. 3. Transfert/Bioaccumulation ?

Test de reproduction des vers de terre – Vers de terre



- Témoin contaminé
- Molécule différente par rapport à celles quantifiées dans les sols
- Analyses compromises/répétabilité/seuil...
- Gamme de concentration faible



## Conclusions

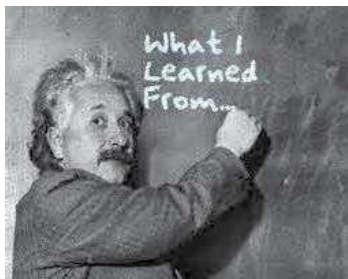
- Tests écotoxicologiques
  - ✓ Effet sur la reproduction (↘ 70 % pour boue et lisier de vache à 20 g.kg<sup>-1</sup> d'amendement unique)
  - ✓ Perturbation des réserves énergétiques des vers de terre lors du test de reproduction
  - ✓ Valeurs élevées des activités endocriniennes chez les trois Mafors (test YES/YAS et anti YES et anti-YAS)
- Transfert/bioaccumulation
  - ✓ Transfert potentiel possible résidus médicamenteux
  - ✓ MAIS globalement peu ou pas de bioaccumulation
  - ✓ Bioaccumulation du cuivre dans les vers de terre exposés à la boue

## Prospectives/en cours

- État physiologique/réserves des VDT
- BAF ramené à teneur en lipides (VDT) et en C pour Sol et MAFORs
- Lien MO et sa qualité/typologie (bioaccessible versus bioassimilable)
- Identification (voir quantification) des hormones responsables des activités endocriniennes
- Essai test reproduction et bioaccumulation sur les sols des lysimètres

## Et donc...

- Doses limites d'épandage proposées à ne pas dépasser: 50 g.kg<sup>-1</sup> pour le fumier et 10 g.kg<sup>-1</sup> d'amendement pour la boue et le lisier de vache
- Principaux enseignements:
  - Tests aigues (±)
  - mais tests chroniques VDT 👍 OUI
- Mesure de la bioaccumulation (technique) encore problématique



## Références

- Olivier Roques, Jean-Philippe Bedell, Julia Le Mau, Laure Wiest, Sylvie Nélieu, Christian Mougin, Nathalie Cheviron, Olivier Santini, Vivien Lecomte, Rémy Bayard (2023 a). Assessing the potential ecotoxicological risk of different organic amendments used in agriculture: approach using acute toxicity tests on plants and earthworms. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*. DOI: 10.1007/s00244-023-00979-2
- Olivier Roques, Julia Le Mau, Dominique Patureau, Sylvie Nélieu, Isabelle Lamy, Rémy Bayard, Jean-Philippe Bedell (2023 b). Assessing the chronic toxicity of spreading organic amendments on agricultural soil: tests on earthworms and plants. *Ecotoxicology and Environmental Safety* (<https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2023.115504>)
- J.-P. Bedell, O. Roques, and R. Bayard (2023). From the importance of organic carbon in reproduction tests with *Eisenia fetida*. *Environmental Toxicology and Pharmacology* (accepted)
- Olivier Roques (2019-2022) : Impact à court et long termes de mélanges de polluants émergents (résidus médicamenteux) et métaux lourds liés aux épandages agricoles sur la faune (et flore) terrestre. Bourse ED Chimie Lyon co-tutelle avec Rémy Bayard (LGCIE-INSA Lyon). Soutenu le 27/01/2023. 267p.

### Autres références :

- Claudia Coelho (2017-2019) : Evaluation de la mobilité et du transfert des RFBs dans les plantes et vers de terre de matrices contaminés. Bourse Labex DRIHM –CNRS. Directeur : Jean-Philippe Bedell (LEHNA-IAPHY, UMR 5023) – thèse soutenue le 30/09/2019 et obtention du diplôme labelisée européen. 265 p.
- Carbonell, G., Pro, J., Gómez, N., Babín, M.M., Fernández, C., Alonso, E., Tarazona, J.V., 2009. Sewage sludge applied to agricultural soil: Ecotoxicological effects on representative soil organisms. *Ecotoxicology and Environmental Safety* 72, 1309–1319. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2009.01.007>
- Li, D., Hockaday, W.C., Masiello, C.A., Alvarez, P.J.J., 2011. Earthworm avoidance of biochar can be mitigated by wetting. *Soil Biology and Biochemistry* 43, 1732–1737. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2011.04.019>
- Oleszczuk, P., Hollert, H., 2011. Comparison of sewage sludge toxicity to plants and invertebrates in three different soils. *Chemosphere* 83, 502–509. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2010.12.061>
- Parente, C.E.T., Oliveira da Silva, E., Sales Júnior, S.F., Hauser-Davis, R.A., Malm, O., Correia, F.V., Saggiaro, E.M., 2021. Fluoroquinolone-contaminated poultry litter strongly affects earthworms as verified through lethal and sub-lethal evaluations. *Ecotoxicology and Environmental Safety* 207, 111305. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2020.111305>
- Pivato, A., Raga, R., Vanin, S., Rossi, M., 2014. Assessment of compost quality for its environmentally safe use by means of an ecotoxicological test on a soil organism. *Journal of Material Cycles and Waste Management* 16, 763–774. <https://doi.org/10.1007/s10163-013-0216-8>
- Žaltauskaitė, J., Vaisiūnaitė, R., Sujetovienė, G., Dagiliūtė, R., 2016. Sewage sludge toxicity: comparison of plants and soil invertebrates response. *Desalination and Water Treatment* 86, 320–326. <https://doi.org/10.5004/dwt.2017.21392>