



LA VALORISATION AGRICOLE DES PRODUITS ORGANIQUES :

UNE PRATIQUE TRADITIONNELLE
QUI RÉPOND À DE NOUVEAUX ENJEUX



Microplastiques et résidus de médicaments : présence dans les PRO et devenir dans les sols amendés

M Deschamps¹, D Patureau², G Colombini³, MF Dignac³, S Houot¹, P Benoit¹

¹Université Paris-Saclay, INRAE, AgroParisTech, UMR ECOSYS 91120 Palaiseau

²INRAE, Université Montpellier, LBE, 102 Avenue des étangs, 11100, Narbonne

³INRAE, CNRS, IRD, UMR iEES-Paris, 75005, Paris



Devenir des microplastiques dans les filières de traitement des produits résiduaux organiques – quels impacts pour la qualité et la santé des sols ?
ADEME : 2022-2024, 6 partenaires

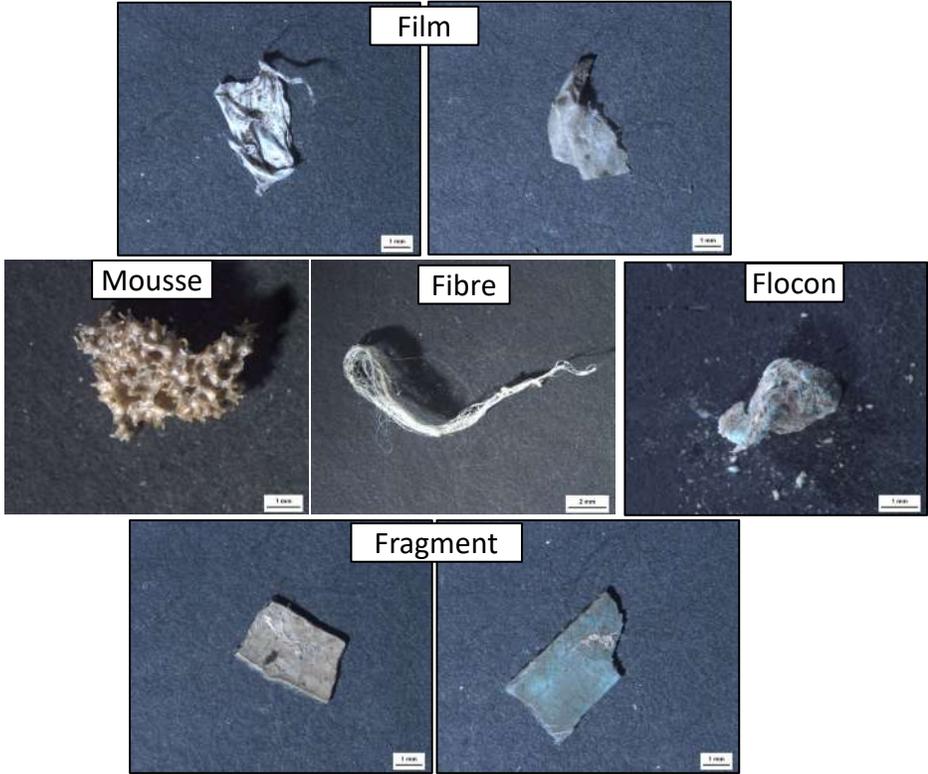


Environmental Dynamics and Impacts of contaminant cocktails originating from Plastics in soil ecosystems
ANR : 2022-2025, 10 partenaires

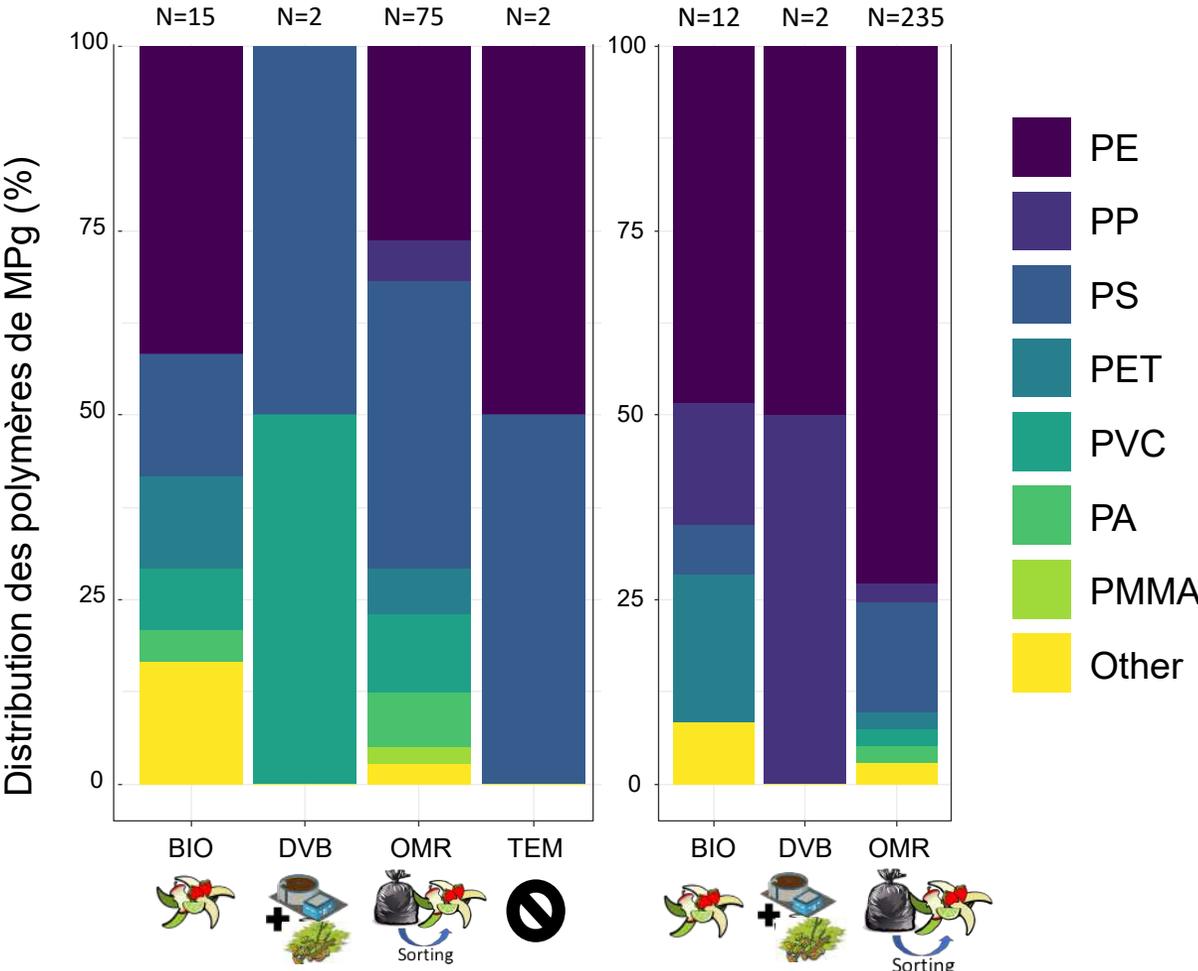


Quels sont les impacts de différents composts urbains sur la pollution des sols en microplastiques ?

Microplastiques dans les PRO



Diversité de « morphotypes »



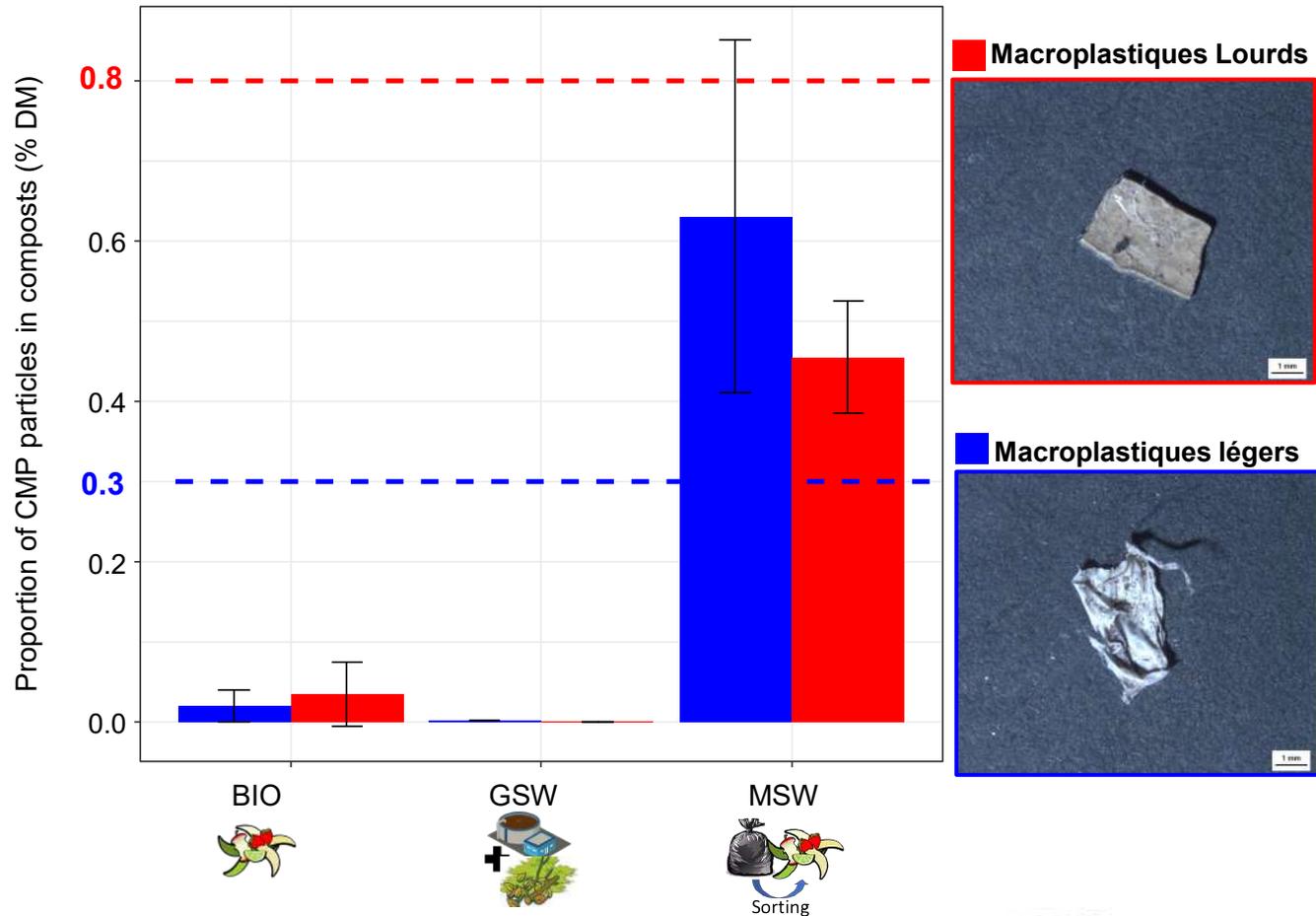
Sols amendés

Composts

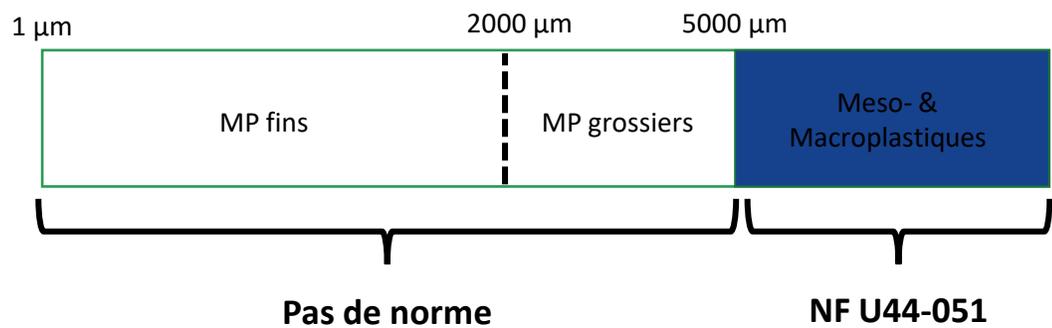
Colombini et al., 2022

Diversité de polymères

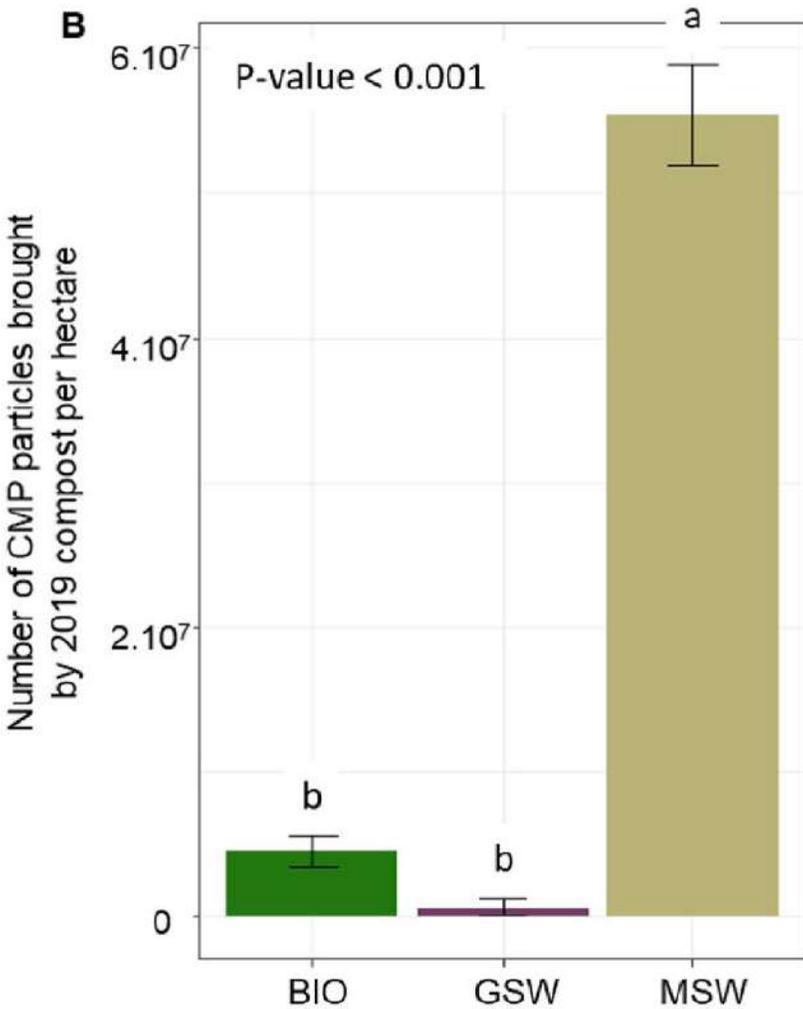
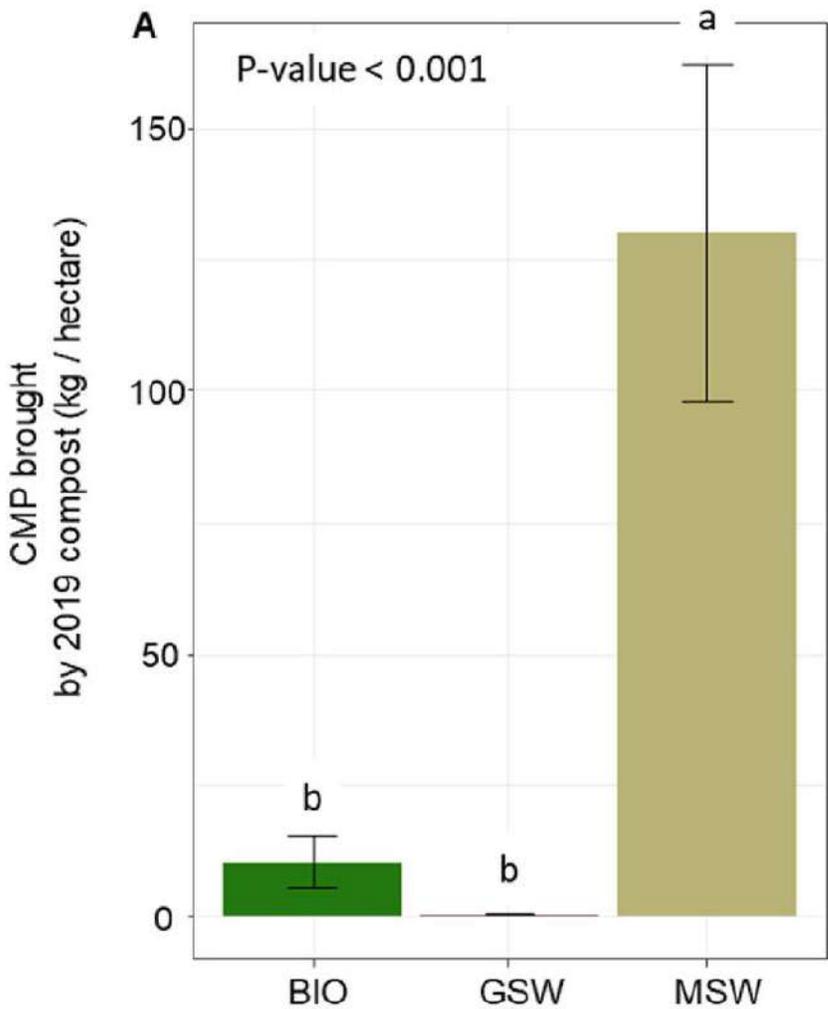
Microplastiques dans les PRO



- ✓ Norme française d'amendabilité (NF U44-051) **Macroplastiques**
- ✓ MPg légers au dessus du seuil



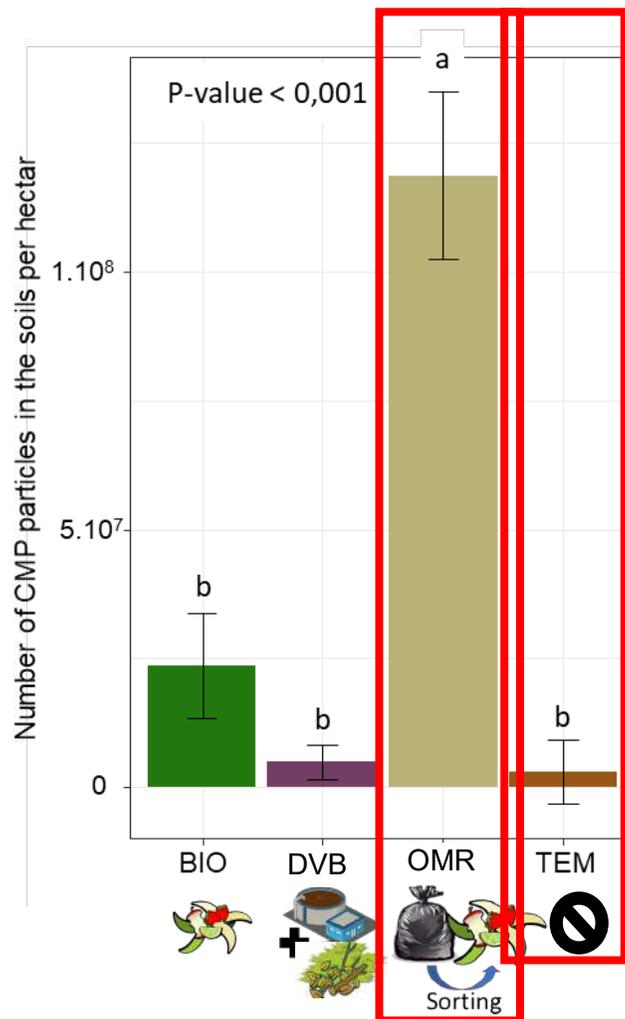
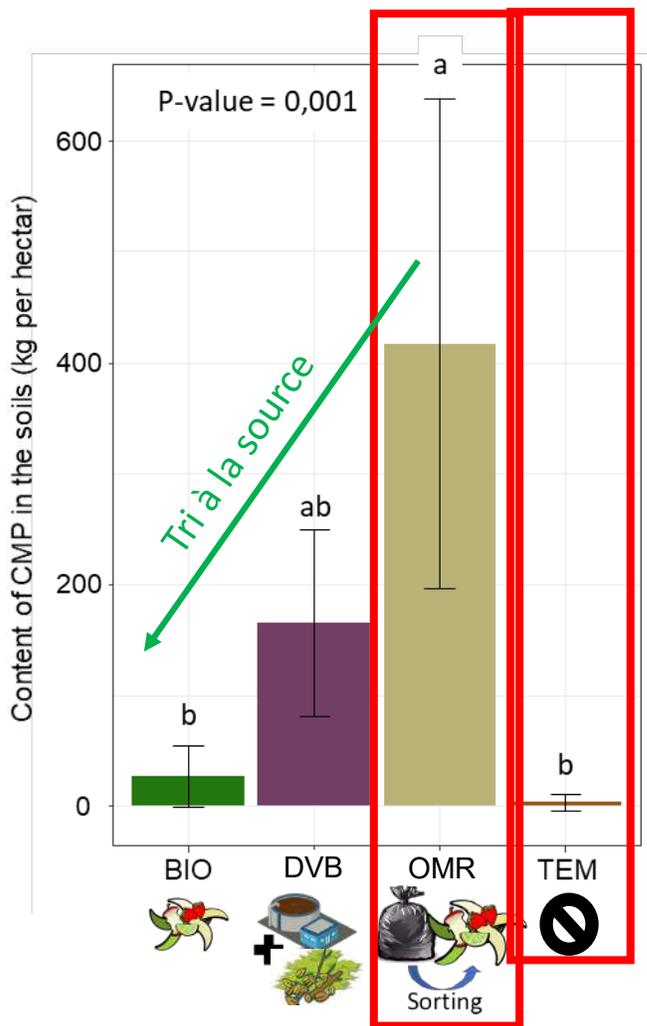
Microplastiques dans les PRO



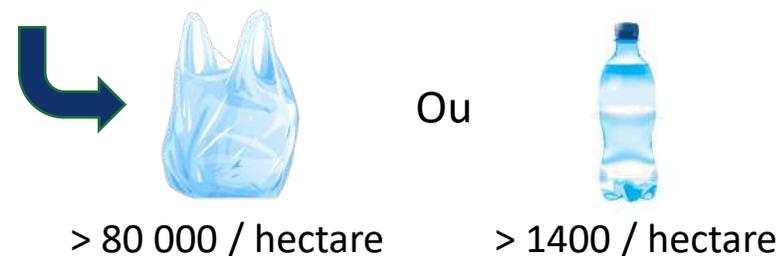
- Des flux variables selon PROs (**origine et traitement**) de quelques $\mu\text{g}/\text{kg}$ à quelques mg/kg MS.

Colombini et al., 2022

Microplastiques dans les sols amendés



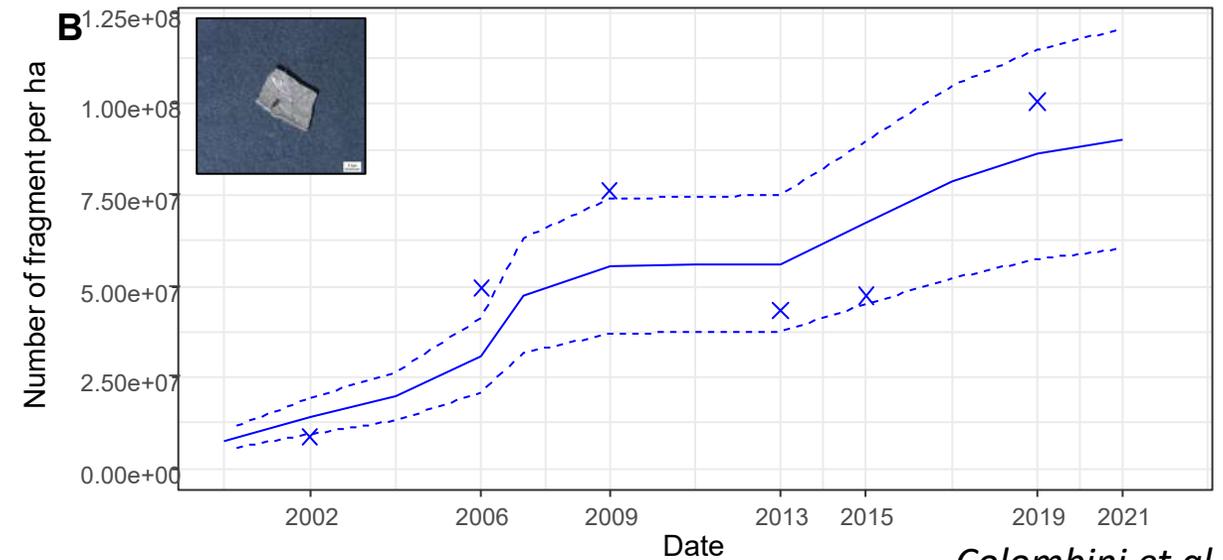
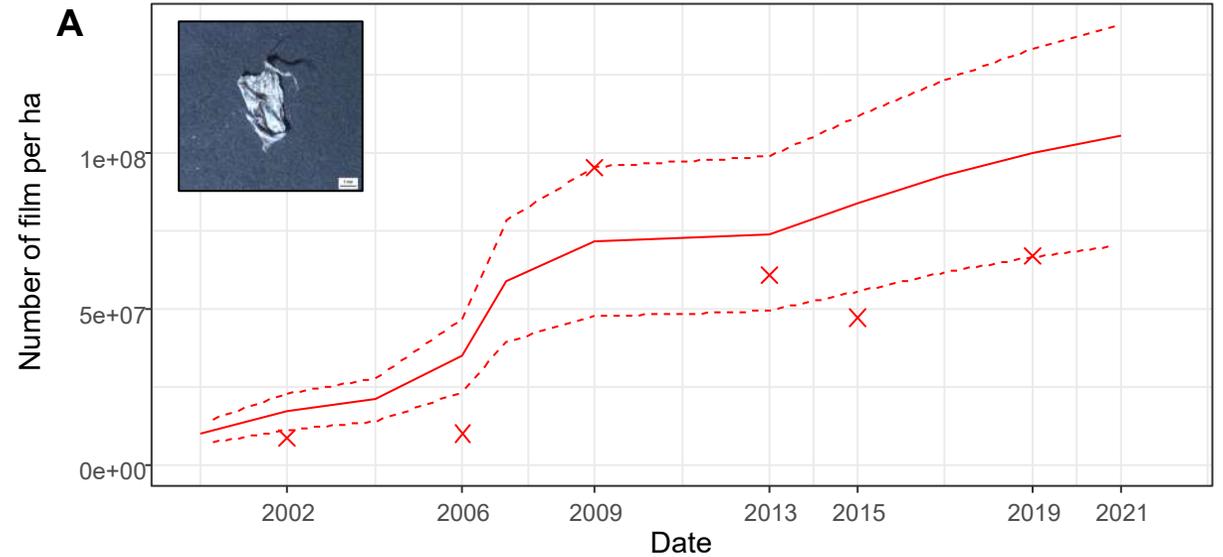
- ✓ Peu de MPg dans les sols témoins (TEM)
- ✓ Effet du type de compost sur la masse & le nombre de particules de MPg dans les sols
- ✓ 22 ans d'amendement : 417 kg de MPg / hectare



Microplastiques dans les sols amendés



Echantillothèque de Qualiagro
De 1998 à 2019



Colombini et al., 2024



**Analyse de produits pharmaceutiques dans les conditions environnementales du recyclage en agriculture
de produits résiduaux organiques
(Pharma-PRO)**

INRAE département EA : 2011-2013, SOERE_PRO

**Evaluation et réduction des risques de contamination par des polluants organiques dans le contexte de
l'usage de Produits Résiduaux Organiques sur sols agricoles
(RisqPRO)**

ONEMA : 2013-2015, SOERE_PRO

**Exposition chronique aux antibiotiques et métaux dans les sols : impact sur les processus microbiens
incluant la dynamique de l'antibio-résistance
(CEMABS)**

ANR : 2013-2017, SOERE_PRO

Résidus de médicaments dans les PRO



- Concentrations variables selon molécules et PROs (**origine et traitement**) de quelques $\mu\text{g}/\text{kg}$ à quelques mg/kg MS.
- Certains composés recherchés ne sont pas **pas détectés/quantifiés**
- Variations **interannuelles**

PROs	Composés les plus concentrés	Concentrations maximales	Flux moyen / épandage
Boues et composts de boue	- Antibiotiques (fluoroquinolones) - Bactéricide	Quelques mg/kg MS	Jusqu'à 10 g/ha
Autres composts d'origine urbaine	Anti-inflammatoires	Quelques mg/kg MS	Jusqu'à 16 g/ha
Effluents d'élevage	Antibiotiques	< 50 $\mu\text{g}/\text{kg}$ MS sauf doxycycline dans lisier : quelques mg/L	Jusqu'à 300 $\mu\text{g}/\text{ha}$ Jusqu'à 120 g/ha

Impact des traitements sur les résidus de médicaments



Impact de la méthanisation

Classes d'abattement	R < 30	30 < R < 70	R > 70
Boue¹	para, cbz, dcf, ibp, acid salicylic , gem , ofl, nor, cip, LAS, NP , NP2EO, PAH , PCB, E1, E3, T, αEE2, αE2, βE2, DEHP, BBP, DEP, BPA, ahtn, hhcb, triclosan, triclocarban, diuron , benzotriazole , clozapine , benzophenone , iopromide , bisoprolol	pfoa , pfos, para, cbz, propra, smx, cefo, esci, lido, vera, citalopram , keto, ibp, dcf, diazepam , roxi, ctc, ofl, nor, cip, LAS, NP2EO, PCB, E1, E3, T, αEE2, αE2, βE2, DEHP, BBP, DEP, DnBP, BPA, ahtn, hhcb, triclosan, triclocarban	pfos, para, cbz, propra, smx, azi , cefo, esci, lido, lora , mico , trama , vera, domp , dcf, ibp, ate , caf , trim , nap , oxybenzone , roxi, otc, flx , citalopram , furosemide , clofibrac acid , keto, nor, cip, NP2EO, NP1EO, E2, E1, αEE2, DEP, DnBP, BPA, ahtn, hhcb, triclosan
Effluents²	sulfathiazole, sulfamethazine, sulfadiazine, sulfaguanidine , sulfamerazine, sulfapyridine , monensine , doxycycline , tetracycline	oxytetracycline , sulfachloropyridazine , Sulfathiazole, tetracycline	smx , sulfamerazine, sulfadiazine, sulfadimethoxine , sulfamethoxypyridazine , trimethoprim , tylosine , florfenicol , ampicillin , chlortetracycline , tetracycline

- Performances positives pour certaines molécules
- Bilans de masse...un réel challenge, mais aussi un casse-tête
- Rare identification des produits de transformation et de leur impact
- Transformation anaérobie liée à la présence de groupe fonctionnel donneur d'électrons

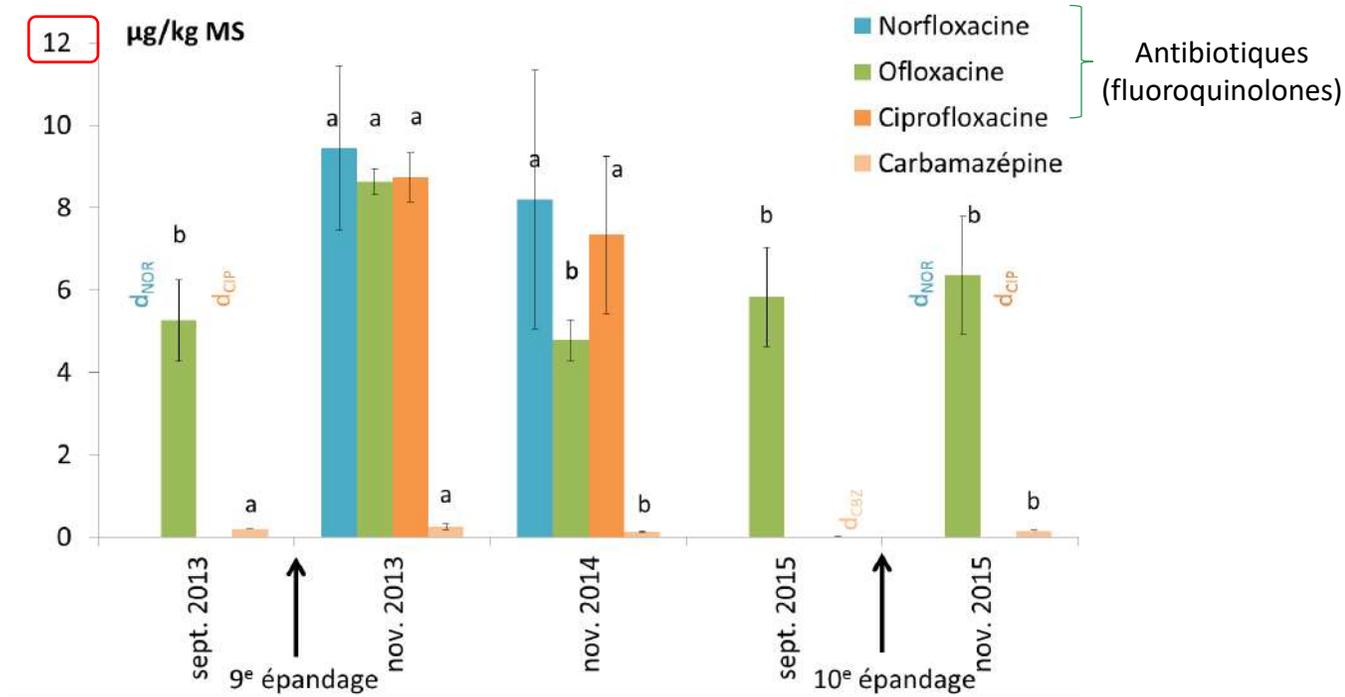
¹ Trably, 2002; De Mes, 2008; Carballa, 2007; Malmberg and Magner, 2015; Paterakis, 2012; Samaras, 2014; Barret, 2010; Narumiya, 2013; Gonzales-Gil, 2016; Muller, 2010; Phan, 2018; Ezzariai, 2018

² Mohring, 2009; Arikan, 2006, 2008; Alvarez, 2010; Varel, 2012; Mitchel, 2013; Angenent, 2008; Akyol, 2016; Spielmeyer, 2015, 2017, 2018

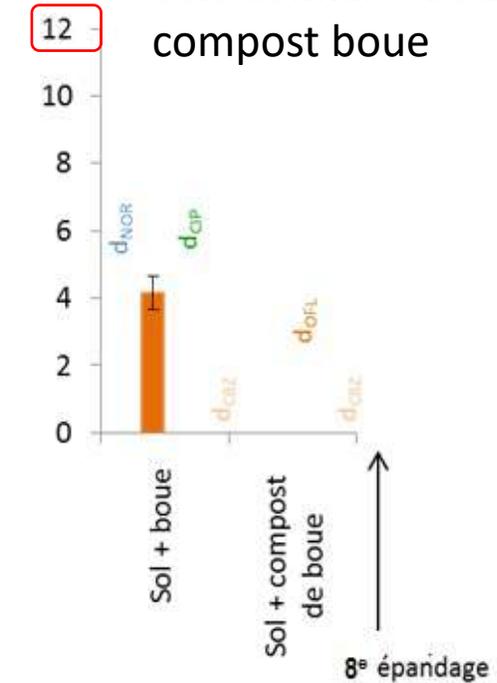
Résidus de médicaments dans les sols amendés



Sol QualiAgro + compost boue



Sols Colmar + boue ou compost boue



- Aucun composé détecté dans sols non amendés (témoins)
- Concentrations faibles dans les sols
- Plupart des composés retrouvés dans sol \square retrouvés dans PROs épandus mais ne correspondent pas toujours aux flux les plus importants
- Augmentation concentrations après épandage puis diminution (QA)

Bourdat-Deschamps et al., 2017

Résidus de médicaments dans les sols amendés



Concentration prédite la plus élevée possible
(pas de prise en compte de dissipation)

$$TPEC_{sol,n} = [PPCP]_{sol,0} + \frac{[PPCP]_{PRO} * Tx_{appli_{PRO}} * n_{épandages}}{Profondeur_{sol} * RHO_{sol}}$$

QA : n=9 épandages
ProS : n=7
RUN : n=2

	QA - sol + compost boue 9 applications	
	cc prédite	cc mesurée (nov. 2014)
Norfloxacine	13	8
Ofloxacine	16	5
Ciprofloxacine	20	7
Doxycycline	0,4	
Fluoxétine	0,3	
Carbamazépine	0,3	0,1

DT₅₀ ≈
1500 - 2500 jours

DT₅₀ ≈ 900 jours

- Concentrations théoriques dans sols > concentrations mesurées
→ dissipation (dégradation, lixiviation, adsorption irréversible ...)
- Composés +/- persistants

PPCPs	DT ₅₀ QualiAgro	DT ₅₀ ProSpective	DT ₅₀ La Réunion	DT ₅₀ Danemark
Fluoroquinolones	1500 - 2500	750 - 1900	100 - 350	1250
Tétracyclines			80 - 120	110
Carbamazépine	900	500 - 900	250 - 900	800
Anti-inflam.	150 - 1000			

Résidus de médicaments dans l'eau des sols



	Nombre échantillons	Composés	Fréq. détection	Fréq. Quantification	Conc. (composés quantifiés)
QualiAgro	276	Carbamazépine Ibuprofène Autres :	23 % 17 % 0 à 8 %	1 % 5 % 0 à 1 %	~ 0,02 µg/L à 0,27 µg/L (4 fois)
Pro'Spective	36	Carbamazépine Ofloxacine Autres :	25 % 19 % 0 à 6 %	3 % 0 % 0 %	0,01 µg/L (1 fois)
Comparaison littérature				Très faible	Très faible à faible

(Topp 2008, Edwards 2009, Sabourin 2009)

- Anti-épileptique (Carbamazépine) et anti-inflammatoire (Ibuprofène) : mobiles (Chabauty 2016, Topp 2008)
- Antibiotique (Ofloxacine) : plutôt immobile (Drilla 2005). Influence pH sol ProS ?



Messages à retenir

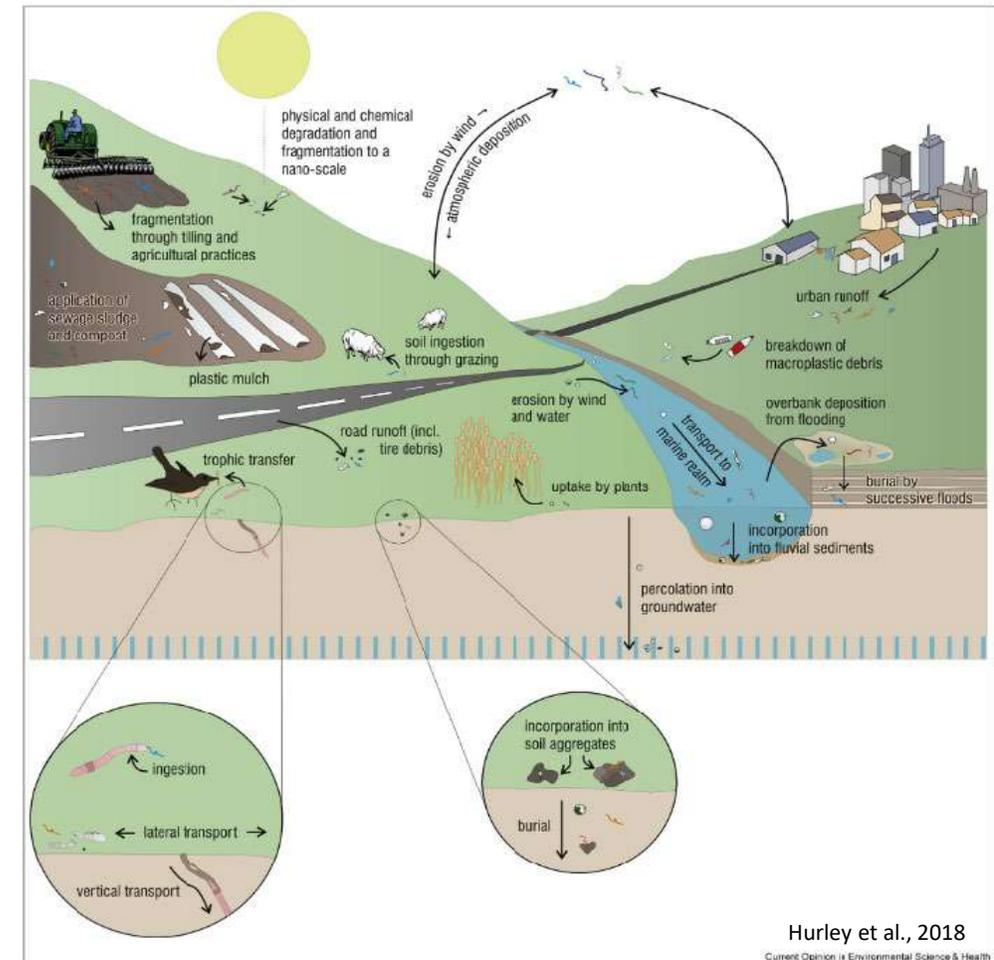
- **Rôle du tri à la source**
- **Importance des filières de recyclage (déchets urbains/ boues)**

Besoins de recherche

- **Caractériser sur les temps longs**
- **Comprendre pour mieux évaluer les risques**
- **Modélisation et observation**
- **Agir sur la réglementation**

Microplastiques et sols

Sols : des puits et sources à très long terme





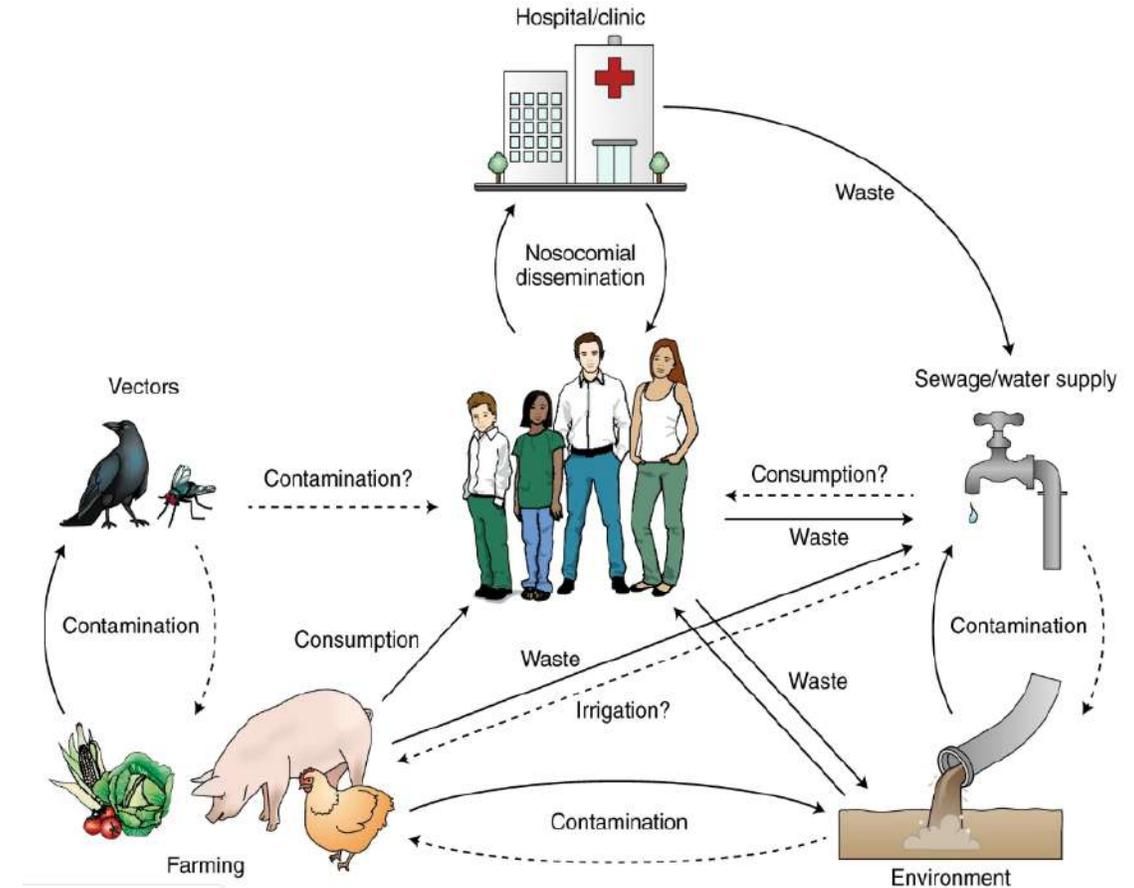
Messages à retenir

- **Diversité des molécules et des comportements**
- **Rôle des filières de traitement/valorisation (élevage/humain)**
- **Des flux relativement faibles**
- **Des risques qui restent à évaluer**

Besoins de recherche

- **Caractériser sur les temps longs**
- **Modélisation et observation**
- **Améliorer les filières de traitement pour réduire les risques**
- **Agir sur la réglementation (ATBR)**

Résidus de médicaments





Merci !

**LA VALORISATION AGRICOLE
DES PRODUITS ORGANIQUES :**

**UNE PRATIQUE TRADITIONNELLE
QUI RÉPOND À DE NOUVEAUX ENJEUX**