



# Impacts écotoxicologiques des microplastiques sur les écosystèmes terrestres : Etat de l'art et besoins de recherche

Séance Académie des Sciences 15/10/2019

**Isabelle LAMY, Christian MOUGIN**  
UMR1402 ECOSYS, 78026 Versailles

**Johnny GASPERI, Bruno TASSIN**  
LEESU, 77456 Champs-sur-Marne



# ECOSYS, UMR 1402 INRA AgroParisTech

## Ecologie fonctionnelle et écotoxicologie des agroécosystèmes

- ❖ Etude du fonctionnement des agroécosystèmes
- ❖ Le pôle Ecotoxicologie :
  - - Effets à long terme des faibles doses et des mélanges de contaminants sur les organismes du sol
  - - Développement et de la validation d'indicateurs de santé et de fonctionnement des sols (biomarqueurs, bioindicateurs)



**FIRE**

Fédération Île-de-France de Recherche sur l'Environnement

recherche

Actualités de la FIRE Publications Appels d'offres Contacts

<b>FIRE</b>	▾
Les unités	▾
Activités scientifiques	▾
Publications	▾
Offres d'emplois et de stages	▾
Projets	▾

### Séminaire

#### Séminaire thématique sur les déchets plastiques et les microplastiques

La FIRE organise un séminaire thématique sur les déchets plastiques et les microplastiques le 21/06 de 9h00 à 12h00. Thématique émergente, de plus en plus d'équipes s'intéressent à ce nouveau type de pollution. Ce séminaire a pour but de présenter quelques résultats d'équipes de la FIRE travaillant déjà sur cette thématique et leurs compétences, mais est ouvert à tous ceux qui souhaiteraient initier des recherches sur cette thématique.

Le programme de cette demi-journée est le suivant :

**Date:** 21/06/2019 - 09:00 to 12:00

**Localisation:**

Sorbonne Université Campus Pierre et Marie Curie (4 place Jussieu, Paris 5ème) - Tour 46-56, 3ème étage salle Darcy de Metis

### Sur plastiques :

- ❖ Interventions Fondation Rovaltain en 2016
- ❖ Intervention FIRE en 2019



**INRA**  
SCIENCE & IMPACT

**AgroParisTech**





Contents lists available at ScienceDirect

## Marine Pollution Bulletin

journal homepage: [www.elsevier.com/locate/marpolbul](http://www.elsevier.com/locate/marpolbul)



Contents lists available at ScienceDirect

## Environmental Pollution

journal homepage: [www.elsevier.com/locate/envpol](http://www.elsevier.com/locate/envpol)



### Synthetic fibers in atmospheric fallout: A source of microplastics in the e

Rachid Dris\*, Johnny Gasperi, Mohamed Saad, Cécile Mirande, Bruno Tassin

### A first overview of textile fibers, including microplastics, in indoor and outdoor environments\*

Rachid Dris<sup>a,\*</sup>, Johnny Gasperi<sup>a,\*\*</sup>, Cécile Mirande<sup>a</sup>, Corinne Mandin<sup>b</sup>, Mohamed Guerrouache<sup>c</sup>, Valérie Langlois<sup>c</sup>, Bruno Tassin<sup>a</sup>

CSIRO PUBLISHING

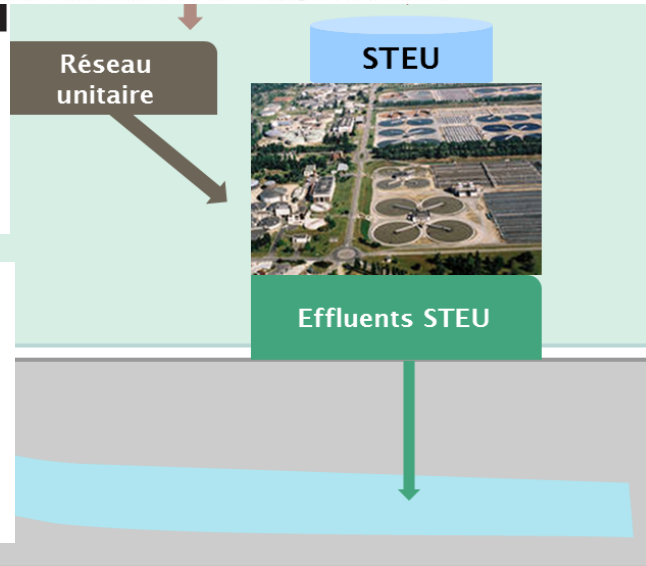
*Environ. Chem.*  
<http://dx.doi.org/10.1071/EN14167>

RESEARCH FRONT

Research Paper

### Microplastic contamination in an urban area: a case study in Greater Paris

Rachid Dris,<sup>A,C</sup> Johnny Gasperi,<sup>A</sup> Vincent Rocher,<sup>B</sup> Mohamed Saad,<sup>A</sup> Nicolas Renault<sup>A</sup> and Bruno Tassin<sup>A</sup>



CSIRO PUBLISHING

*Environ. Chem.*  
<http://dx.doi.org/10.1071/EN14172>

RESEARCH FRONT

Review

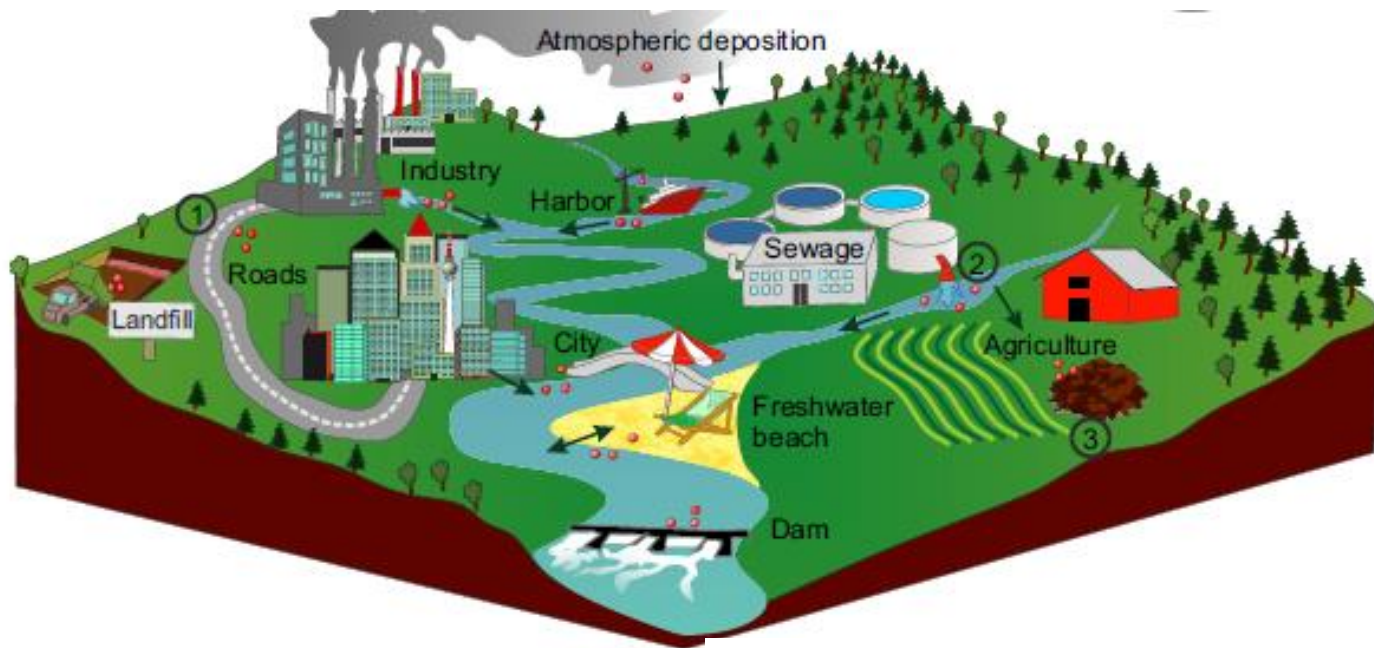
### Beyond the ocean: contamination of freshwater ecosystems with (micro-)plastic particles

Rachid Dris,<sup>A,1</sup> Hannes Imhof,<sup>B,1</sup> Wilfried Sanchez,<sup>C</sup> Johnny Gasperi,<sup>A</sup> François Galgani,<sup>D</sup> Bruno Tassin<sup>A,E</sup> and Christian Laforsch<sup>B,E</sup>

- ❖ Plusieurs publications sur plastiques en milieu urbain/ périurbain
- ❖ Etude du continuum Ville – Fleuve - Mer



# Le contexte



(D'après Souza Machado et al., *Global Change Biol* 2017)

- ❖ Une utilisation mondiale intensive : 8 Md de T produites depuis 1950
- ❖ Une contamination générale des écosystèmes : 5,0 Md de T en décharge ou dans l'environnement
- ❖ Une connexion entre les environnements terrestres et les eaux de surface, puis les surfaces marines

# Plastiques et écosystèmes terrestres

## ❖ Analyse WoS 1950-2020, All databases

Plastic\* 1 156 823

plastic\* AND tox\*: 32 718 / AND ecotox\* 1086

plastic\* AND ecotox\* AND soil\*: 498

plastic\* AND ecotox\* AND terrestr\*: 86

bioplastic\*: 1 860

bioplastic\* AND ecotox\*: 11

bioplastic\* AND ecotox\* AND soil\*: 4

Microplastic\* : 3 238

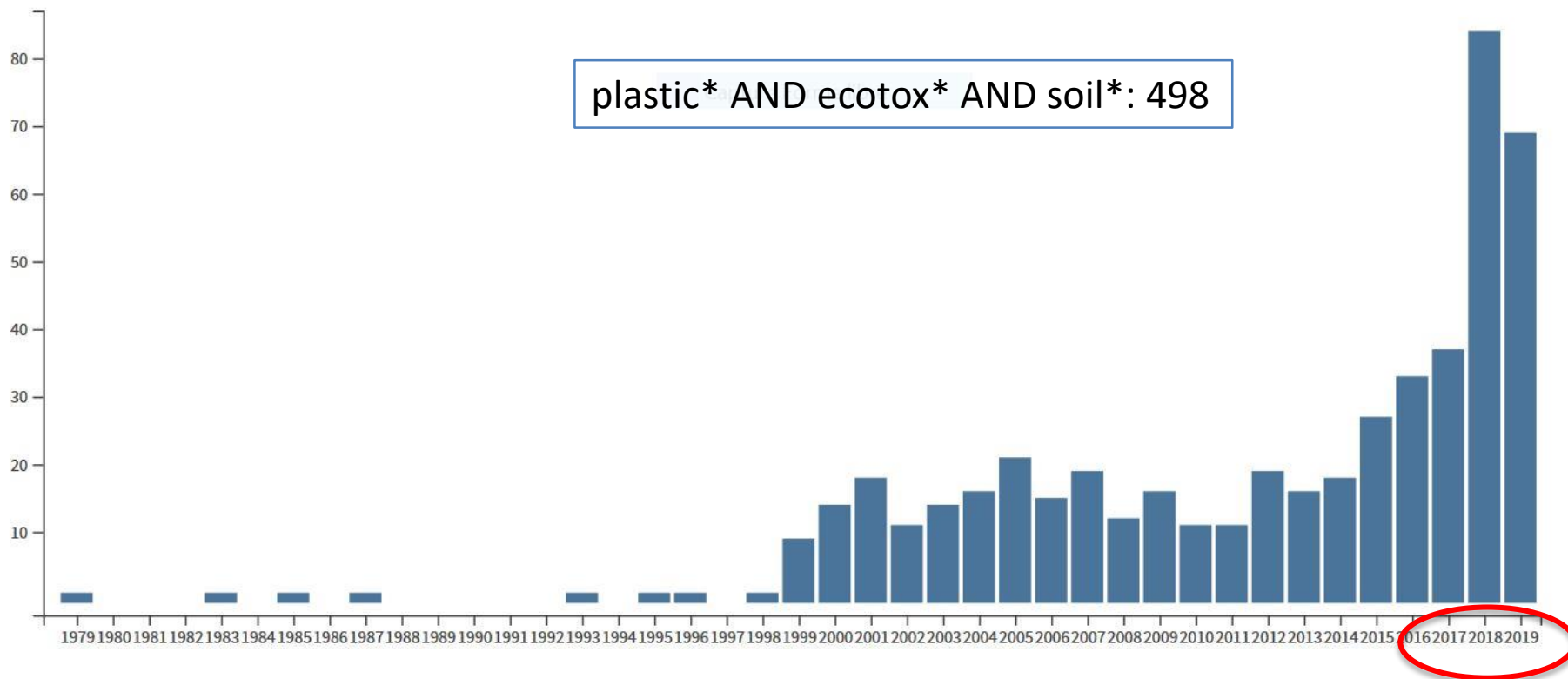
Microplastic\* AND soil NOT marine NOT water : 45

## ❖ Depuis 2016, une littérature plus abondante (synthèses...) concernant les sols

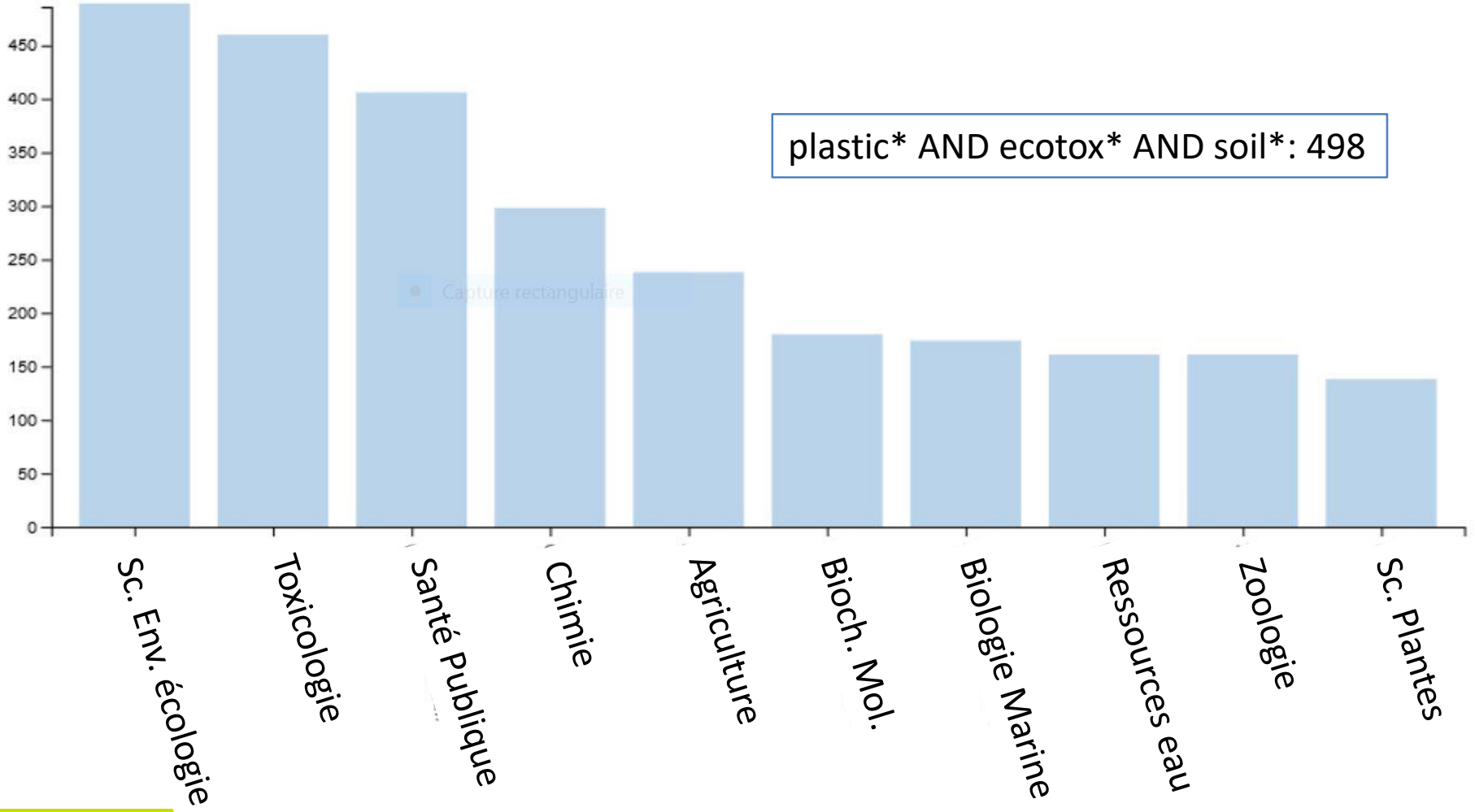
# Evolution du nombre de publications

Total Publications

498 Analyze



# Répartition des domaines scientifiques concernés



# Plastiques et écosystèmes terrestres - Quels enjeux?

## Trois challenges majeurs

- ❖ Définir une typologie de la contamination plastique / Quantifier les niveaux de niveau de contamination dans les sols / Quantifier les flux
- ❖ Evaluer les conséquences de la présence de la contamination plastique dans les sols sur les organismes édaphiques, les écosystèmes associés et la santé humaine (One Health)
- ❖ Innover dans la gestion de cette contamination : comment la gérer, réduire ses impacts ?

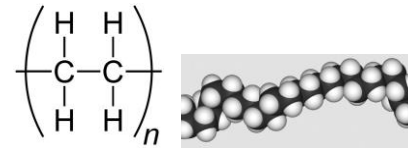


# Plastiques et écosystèmes terrestres

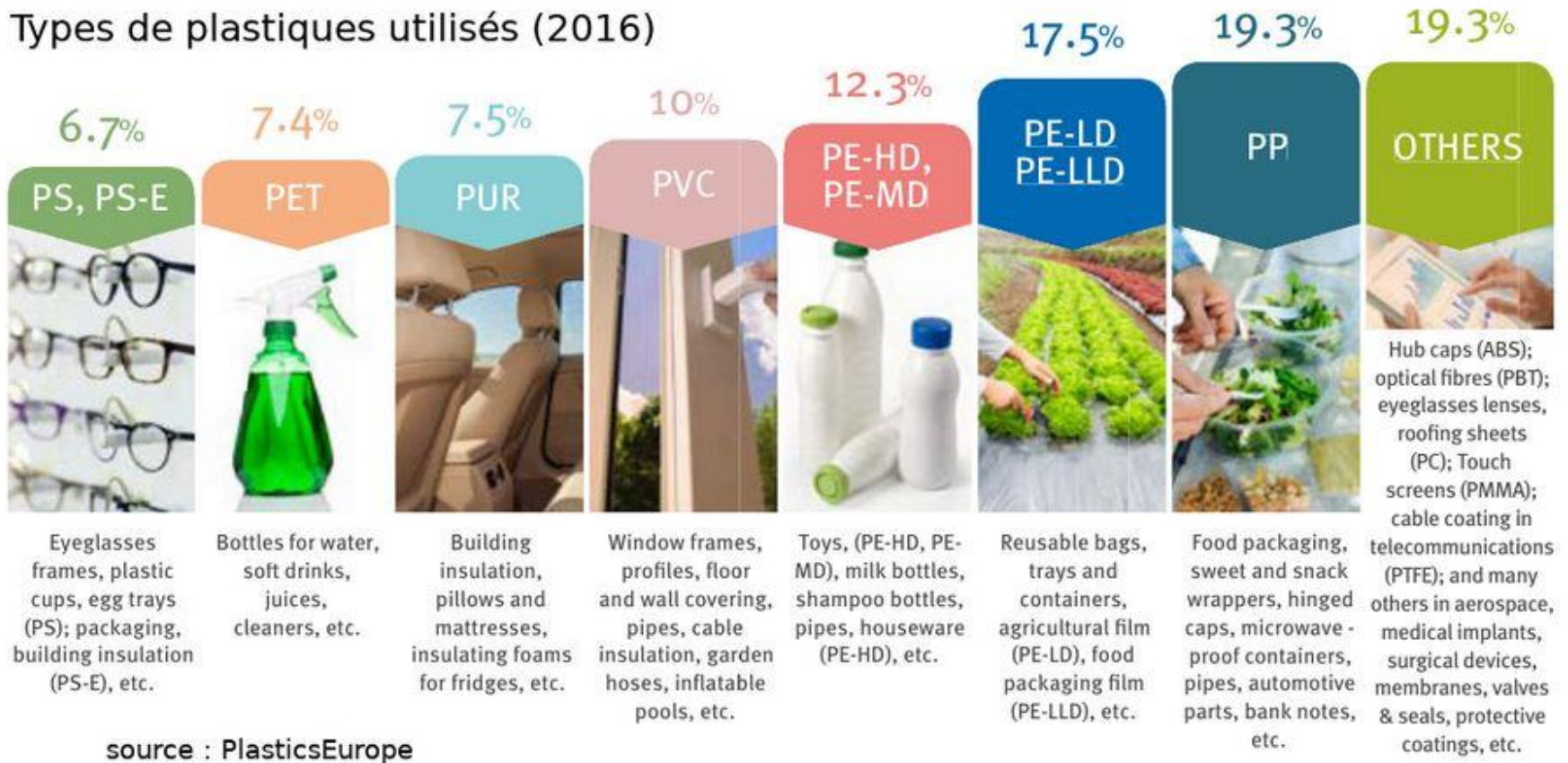
## Quelle prise en charge?

- ❖ **Grande diversité de compositions chimiques (pétrole et bio)**
- ❖ **Prise en compte juridique et réglementaire indirecte**
  - Echappent à Reach
  - NF U44-164 (2014) : inertes dans les amendements organiques
  - EN 13432 (2000) : biodégradabilité et compostabilité des produits d'emballage
  - U52-001 (2005) : caractérisation des matériaux de paillage pour l'agriculture et l'horticulture
  - NFU-44-051 (2006) seuil de 0,8% de teneurs en plastique lourds et 0.3% pour plastiques légers dans composts épandus

# Composition des principaux types de plastiques



Types de plastiques utilisés (2016)



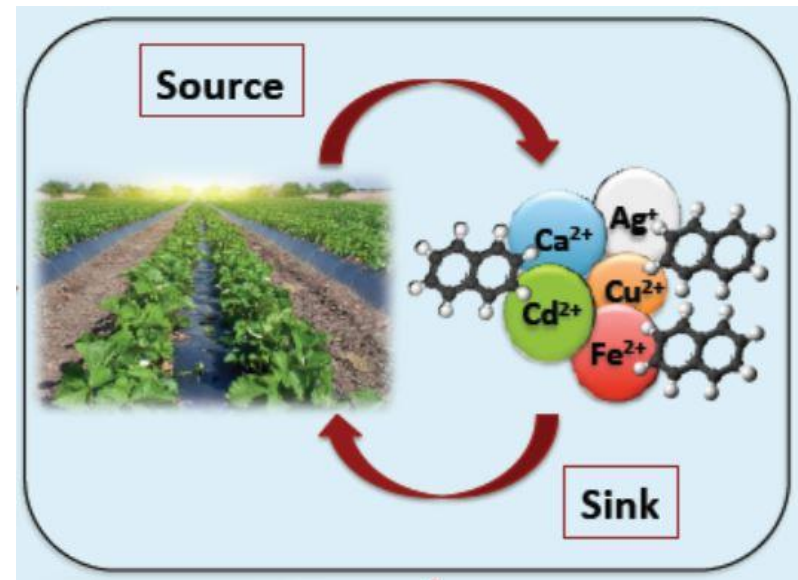
source : PlasticsEurope

**Polystyrène, Polyéthylène téréphtalate, Polyuréthane, Polychlorure de vinyle, Polypropylène...**

# Des cocktails de contaminants physiques et chimiques

- ❖ **Monomères constitutants** : PE, PS, PVC, PP, PET
- ❖ **Catalyseurs** : métaux
- ❖ **Additifs** : phtalates, retardateurs de flamme, bisphénols A et F...
- ❖ **Matériaux de charge** : talc, dioxyde de Ti

- ❖ **Adsorption de polluants du milieu** : cocktails de métaux et d'organiques
- ❖ **Support physique pour organismes** : eaux/sols



# Devenir des plastiques dans les sols



Processo de biodegradação de uma embalagem plástica (Biota)

Plastiques

Altérations d'origine physique, chimique et biologique

Changements de fonctionnalité chimique

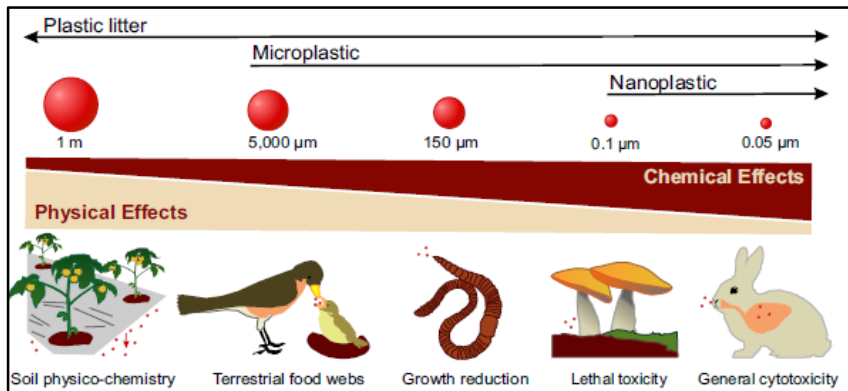
Fragmentation  
Nano ( $\leq 1 \mu\text{m}$ ), MICRO ( $< 5 \text{ mm}$ ), méso (1 - 5 mm), Macro ( $> 5 \text{ mm}$ )

Relargage  
Constituants, additifs, composés adsorbés...

Minéralisation, transformation partielle  
adsorption, stabilisation

Biodisponibilité de produits de dégradation physique et chimique

Exposition



(D'après Souza Machado et al., 2017)

(Adapté de Lambert et al., 2014)

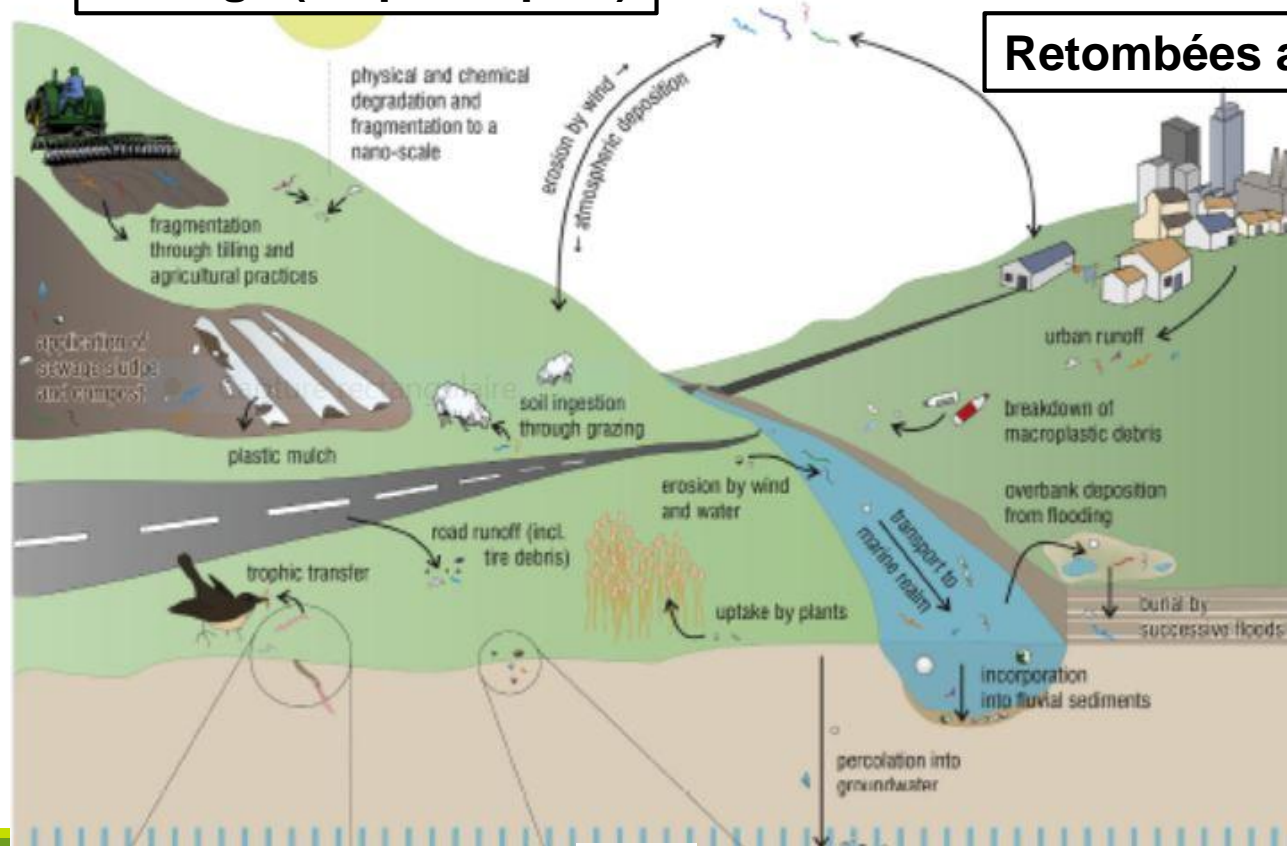
# Les sources de plastique dans les sols agricoles

Produits résiduels organiques

Irrigation

Paillage (bioplastiques)

Retombées atmosphériques



Hurtley et Nizzeto, 2018



# Sources de contamination des sols

❖ **Peu de données quantitatives directes**

❖ **Retombées atmosphériques**

-100 items/m<sup>2</sup>/j en milieu urbain > 0,7 items/kg sol/j et  
250 items/kg sol/an > 27 µg/kg/an

❖ **Produits résiduaires organiques**

-Boues : 1 000 items/kg MS > 170 items/kg sol/épandage, 1% de la  
MS des inertes

❖ **Irrigation**

-Maïs : 2 000 m<sup>3</sup>/ha et 10 000 items/m<sup>3</sup> > 1 items/kg sol/cycle cultural

❖ **Paillage (bioplastiques)**

-200 kg/ha > 130 mg/kg

▶ **Sédiments : 1-10 items/kg**



(© G. Paillard, INRA)



# Sources de plastiques au travers des composts/boues



Evidence of microplastic accumulation in agricultural soils from sewage sludge disposal

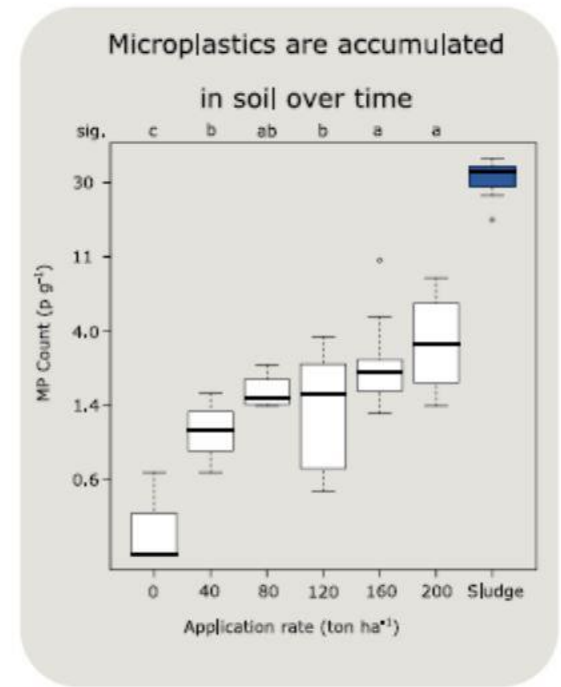
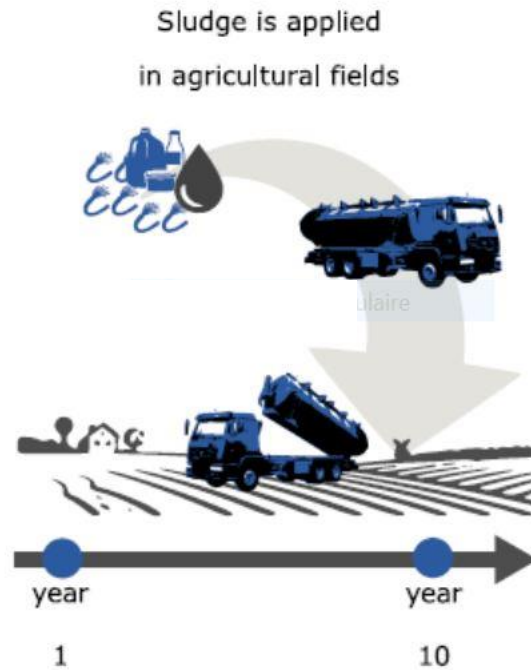


Fabio Corradini <sup>a,b,\*</sup>, Pablo Meza <sup>a</sup>, Raúl Eguiluz <sup>a</sup>, Francisco Casado <sup>a</sup>, Esperanza Huerta-Lwanga <sup>b,c</sup>, Violette Geissen <sup>b</sup>

<sup>a</sup> Instituto de Investigaciones Agropecuarias, INIA La Platina, Casilla 439, Correo 3, Santiago, Chile

<sup>b</sup> Soil Physics and Land Management Group, Wageningen University & Research, Droevendaalsesteeg 3, 6708PB Wageningen, the Netherlands

<sup>c</sup> Agroecología, El Colegio de la Frontera Sur, Unidad Campeche, Av Polígono s/n, Cd. Industrial, Lerma, Campeche, Mexico



# Tout un pan de recherche sur détection, identification, reconnaissance, ....

**ENVIRONMENTAL Science & Technology** Article

Cite This: *Environ. Sci. Technol.* 2018, 52, 7409–7417 pubs.acs.org/est

## Validation of a Method for Extracting Microplastics from Complex, Organic-Rich, Environmental Matrices

Rachel R. Hurley,<sup>\*,†,‡</sup> Amy L. Lusher,<sup>†</sup> Marianne Olsen,<sup>†,‡</sup> and Luca Nizzetto<sup>†,‡</sup>

<sup>†</sup>Norwegian Institute for Water Research (NIVA), Gaustadelléen 21, 0349 Oslo, Norway  
<sup>‡</sup>Research Centre for Toxic Compounds in the Environment (RECETOX), Faculty of Science, Masaryk University, Kamenice 753/5, Brno 62500, Czech Republic

Science of the Total Environment 616–617 (2018) 1056–1065

Contents lists available at ScienceDirect

**Science of the Total Environment**

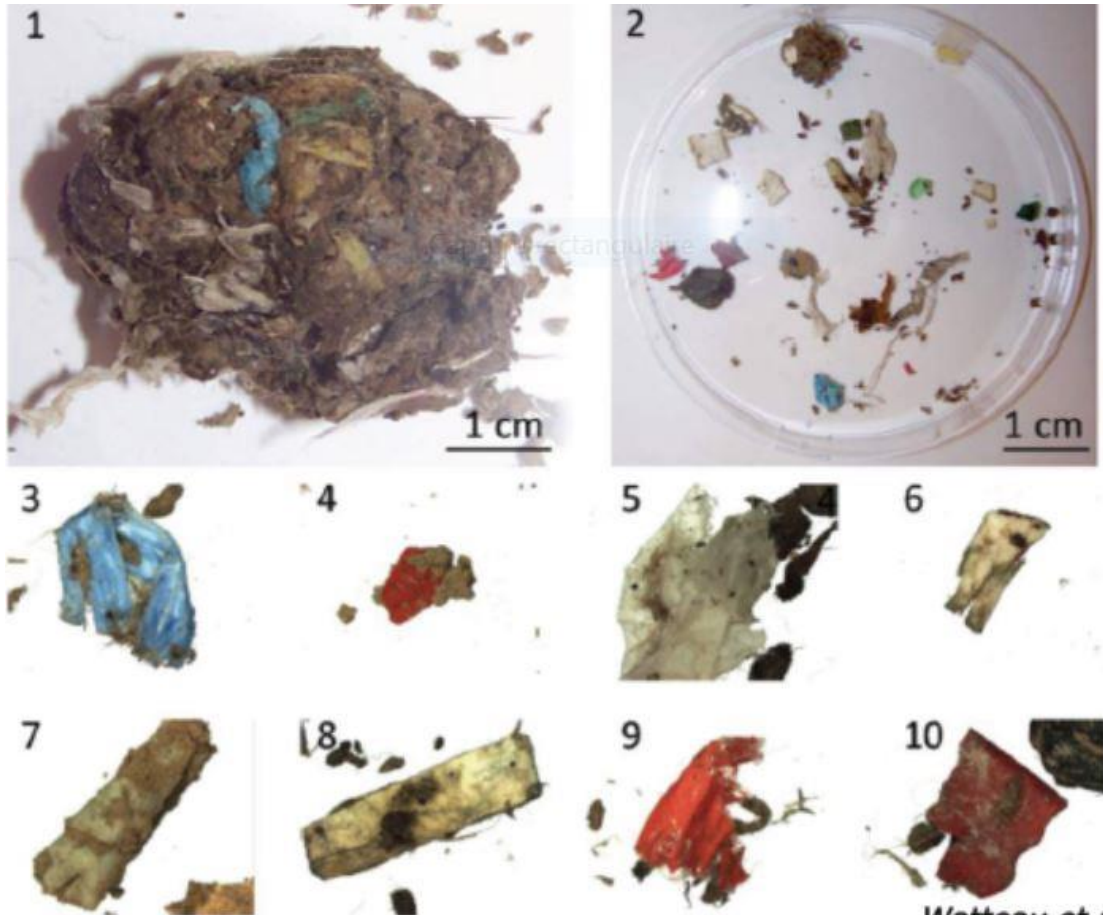
journal homepage: [www.elsevier.com/locate/scitotenv](http://www.elsevier.com/locate/scitotenv)

A simple method for the extraction and identification of light density microplastics from soil

Shaoliang Zhang<sup>a,b,\*</sup>, Xiaomei Yang<sup>b</sup>, Hennie Gertsen<sup>b</sup>, Piet Peters<sup>b</sup>, Tamás Salánki<sup>c</sup>, Violette Geissen<sup>b</sup>

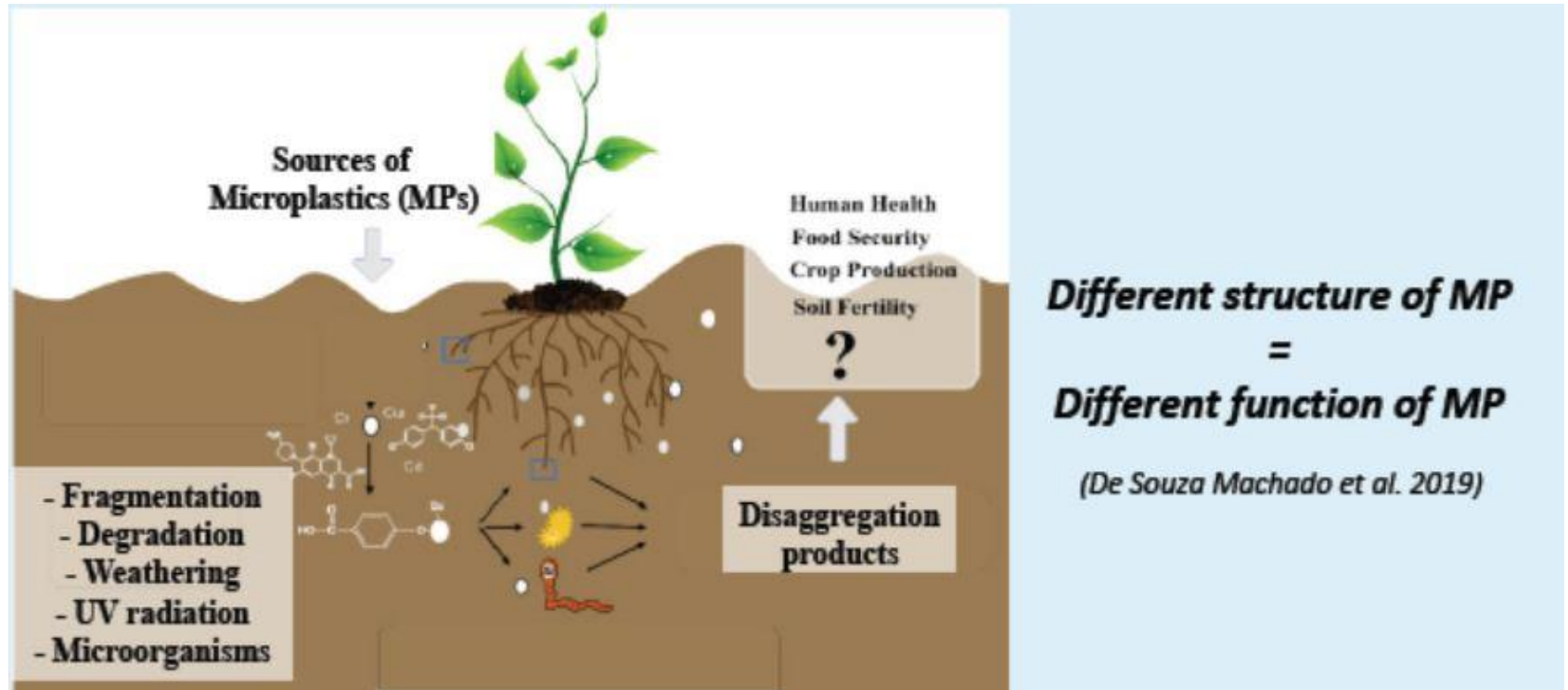
<sup>a</sup> Northeast Agricultural University, 600 Changjiang Street, Harbin 150030, PR China  
<sup>b</sup> Soil Physics and Land Management Group, Wageningen University & Research, Droevendaalsesteeg 4, 6708PB Wageningen, The Netherlands  
<sup>c</sup> Soil Quality Department, Wageningen University & Research, Droevendaalsesteeg 4, 6708PB Wageningen, The Netherlands

# Les plastiques dans les composts





# Evolution des microplastiques et impacts sur les fonctions des sols



- Quels facteurs physiques, chimiques, biologiques déterminent l'altération ?
- Comment ces évolutions affectent les fonctions des sols (turn-over du carbone, détoxification des polluants...)?



# Impact sur la fonction de support physique

### Impacts of Microplastics on the Soil Biophysical Environment

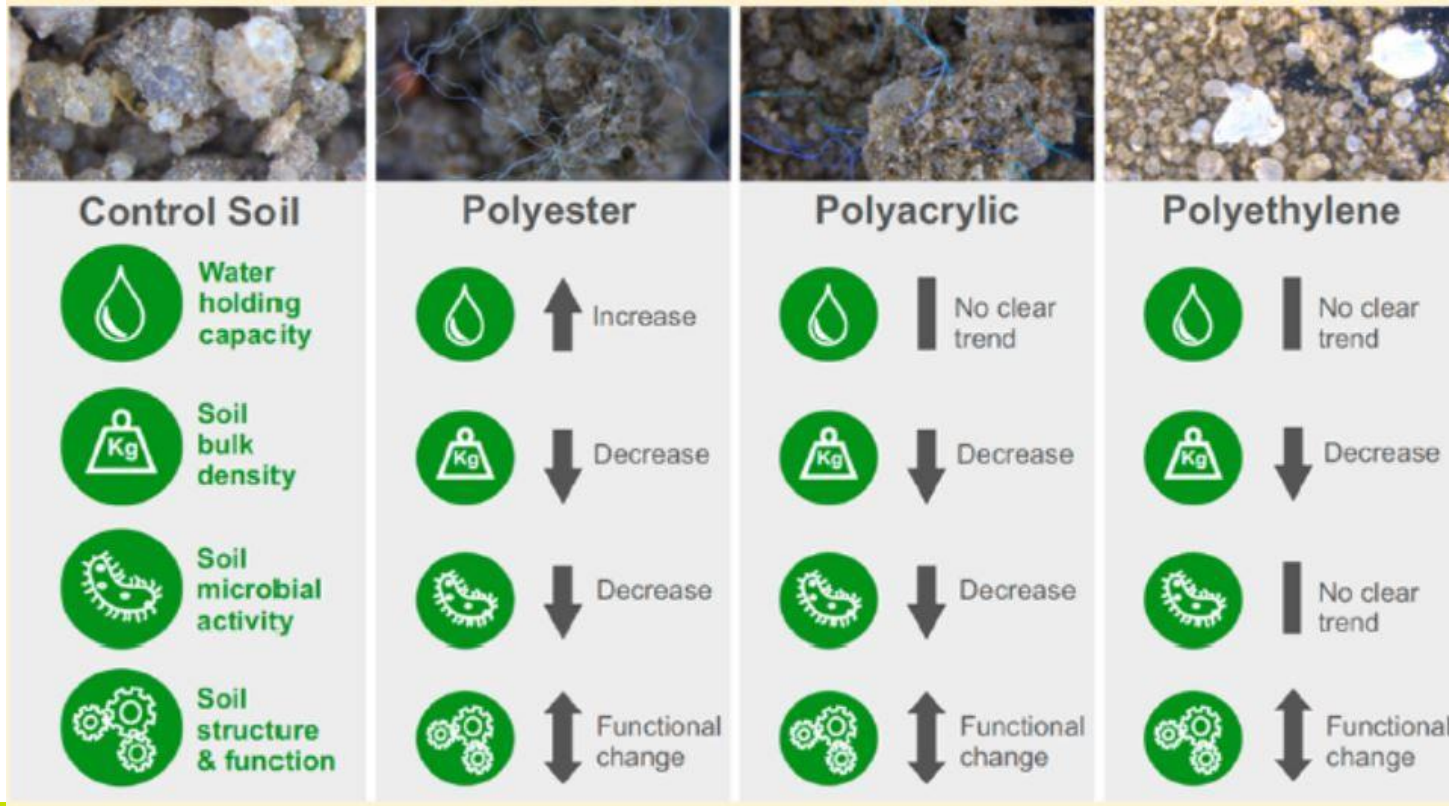
Anderson Abel de Souza Machado,<sup>\*,†,‡,§</sup> Chung Wai Lau,<sup>†,‡,||</sup> Jennifer Till,<sup>†</sup> Werner Kloas,<sup>‡,⊥</sup> Anika Lehmann,<sup>†,§</sup> Roland Becker,<sup>#</sup> and Matthias C. Rillig<sup>†,§</sup>

Capture rectangulaire

<sup>†</sup>Institute of Biology, Freie Universität Berlin, Berlin, Germany

<sup>‡</sup>Leibniz- Institute of Freshwater Ecology and Inland Fisheries, Berlin, Germany

<sup>§</sup>Berlin- Brandenburg Institute of Advanced Biodiversity Research, Berlin, Germany



# Impact sur la fonction de support physique

Environmental Pollution 249 (2019) 527–534



Contents lists available at [ScienceDirect](#)

Environmental Pollution

journal homepage: [www.elsevier.com/locate/envpol](http://www.elsevier.com/locate/envpol)



Microplastics undergo accelerated vertical migration in sand soil due to small size and wet-dry cycles



David O'Connor <sup>a,1</sup>, Shizhen Pan <sup>a,1</sup>, Zhengtao Shen <sup>b</sup>, Yinan Song <sup>a</sup>, Yuanliang Jin <sup>a</sup>, Wei-Min Wu <sup>c</sup>, Deyi Hou <sup>a,\*</sup>

<sup>a</sup> School of Environment, Tsinghua University, Beijing, 100084, China

<sup>b</sup> Department of Earth and Atmospheric Sciences, University of Alberta, Edmonton, T6G 2E3, Canada

<sup>c</sup> Department of Civil and Environmental Engineering, William & Cloy Codiga Resource Recovery Center, Center for Sustainable Development & Global Competitiveness, Stanford University, Stanford, CA, 94305-4020, USA

**Sol = source de microplastiques pour les aquifères**

# Impacts sur les plantes



Contents lists available at ScienceDirect

Chemosphere

journal homepage: [www.elsevier.com/locate/chemosphere](http://www.elsevier.com/locate/chemosphere)



Microplastics accumulate on pores in seed capsule and delay germination and root growth of the terrestrial vascular plant *Lepidium sativum*

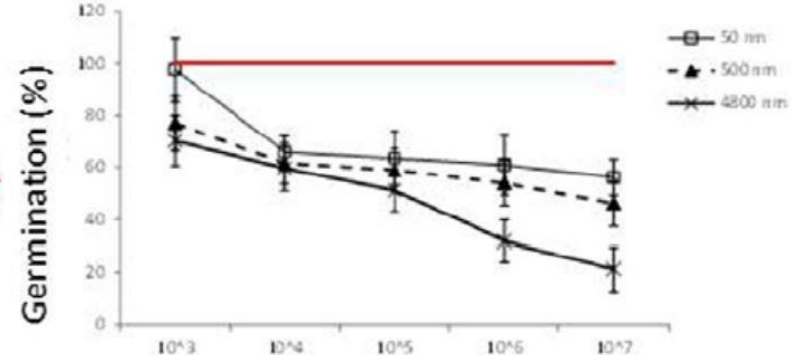
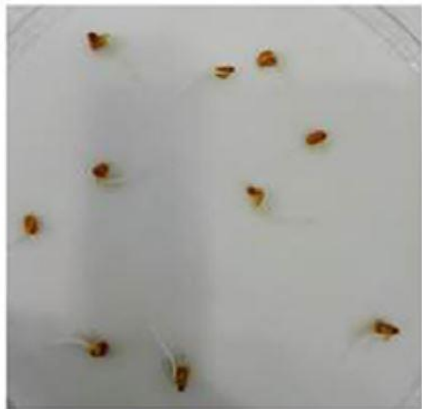


Thijs Bosker <sup>a, b, \*</sup>, Lotte J. Bouwman <sup>a</sup>, Nadja R. Brun <sup>b, c</sup>, Paul Behrens <sup>a, b</sup>, Martina G. Vijver <sup>b</sup>

<sup>a</sup> Leiden University College, Leiden University, P.O. Box 13228, 2501 EE, The Hague, the Netherlands

<sup>b</sup> Institute of Environmental Sciences, Leiden University, P.O. Box 9518, 2300, RA Leiden, the Netherlands

<sup>c</sup> Department of Biology, Woods Hole Oceanographic Institution, Woods Hole, USA



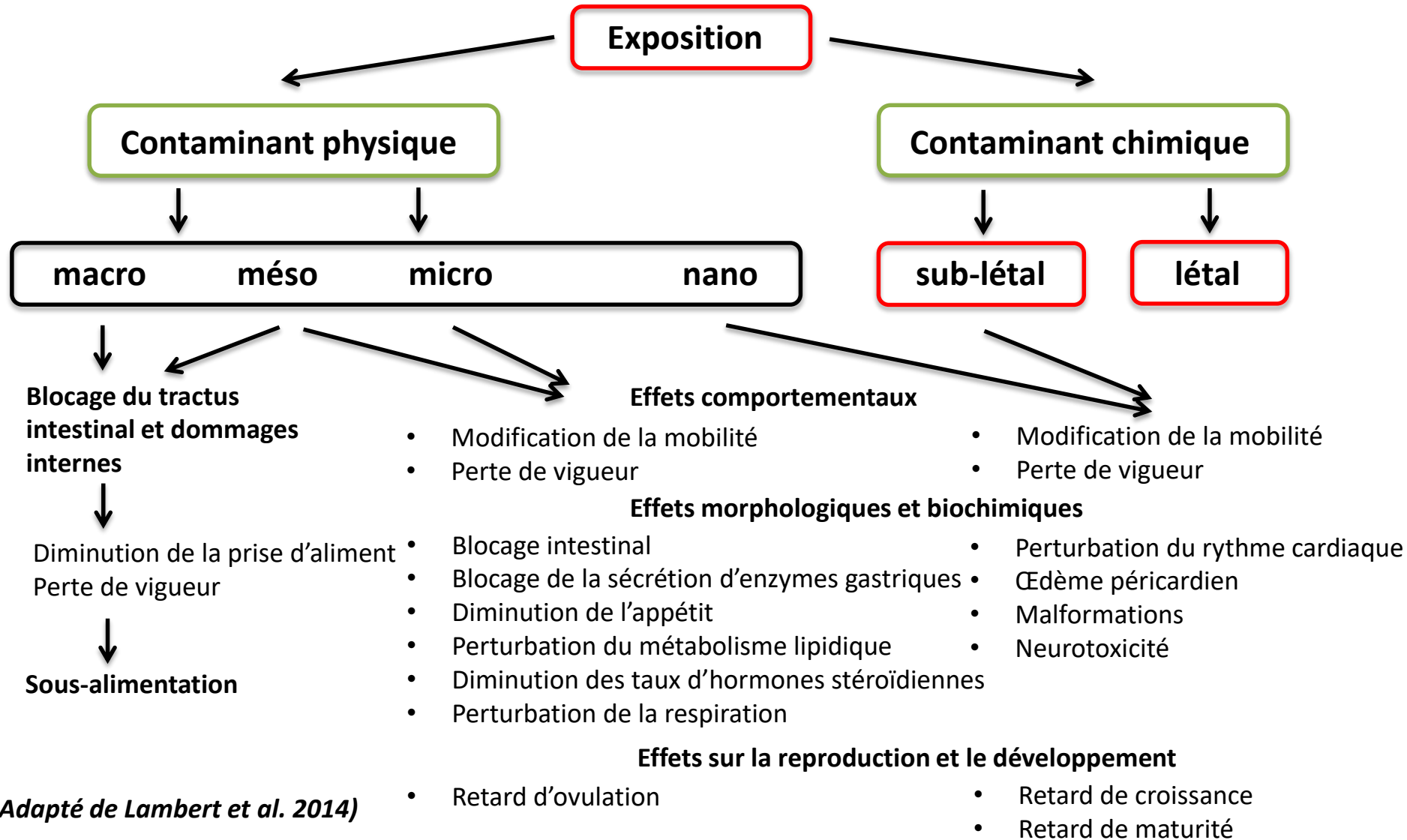
Exposure of cress, a vascular, terrestrial plant, to nano- and microplastics

Blockage of pores in seed capsule by plastic particles

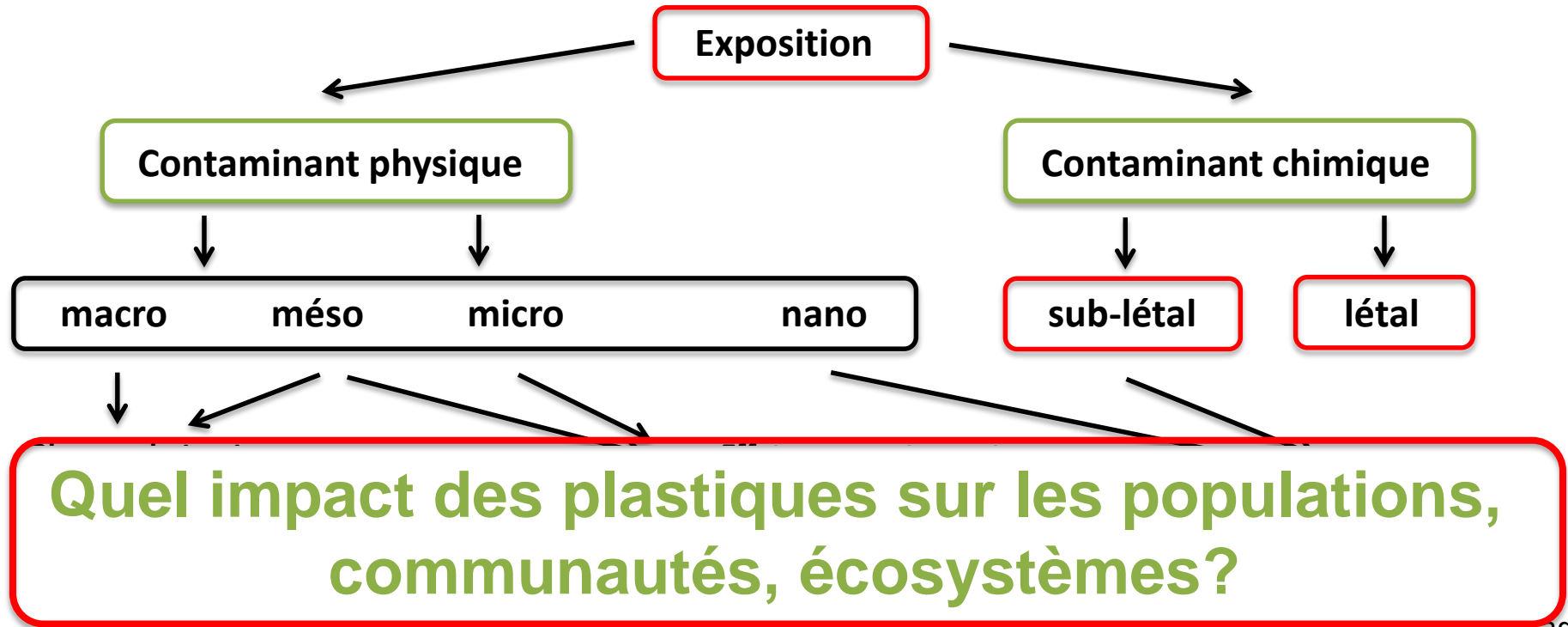
Delay in seed germination with increase in plastic particle size



# Quel impact des plastiques sur les organismes?



# Quel impact des plastiques sur les organismes?



## Quel impact des plastiques sur les populations, communautés, écosystèmes?

- Diminution de la prise d'aliment
- Perte de vigueur
- Blocage intestinal
- Blocage de la sécrétion d'enzymes gastriques
- Diminution de l'appétit
- Perturbation du métabolisme lipidique
- Diminution des taux d'hormones stéroïdiennes
- Perturbation de la respiration
- Perturbation du rythme cardiaque
- Œdème péricardien
- Malformations
- Neurotoxicité

↓  
**Sous-alimentation**

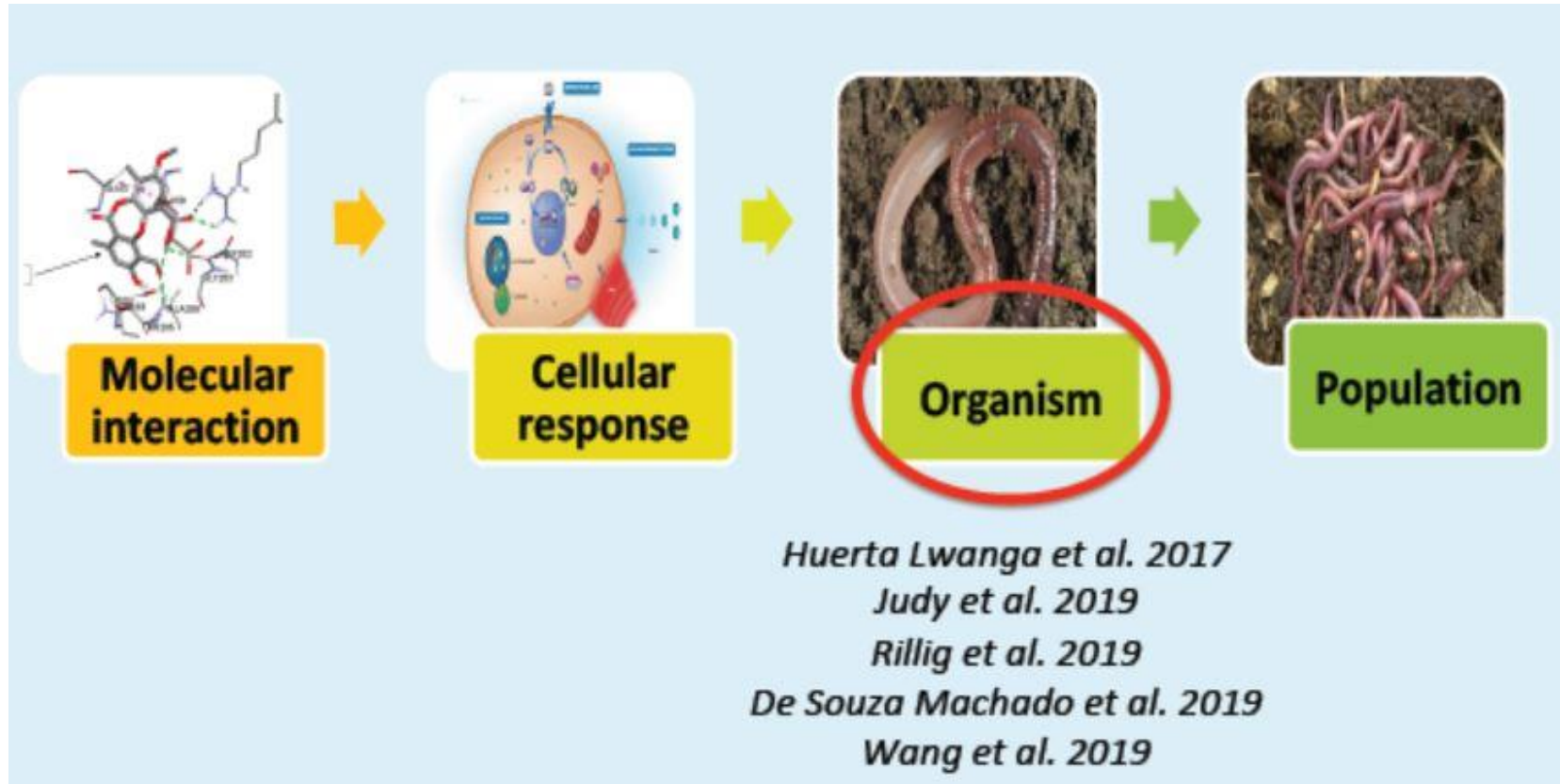
### Effets sur la reproduction et le développement

- Retard d'ovulation
- Retard de croissance
- Retard de maturité

(Adapté de Lambert et al. 2014)



# Impact des MP à différentes échelles biologiques



- Quelles réponses aux MPs au niveau moléculaire et cellulaire?
- Comment lier réponse au niveau cellulaire et réponse au niveau individuel?
- Comment passer des réponses individuelles à l'échelle des populations et des communautés?

# Travaux récents sur organismes édaphiques

Environmental Pollution 252 (2019) 522–531



ELSEVIER

Contents lists available at ScienceDirect

Environmental Pollution

journal homepage: [www.elsevier.com/locate/envpol](http://www.elsevier.com/locate/envpol)



Microplastics in municipal mixed-waste organic outputs induce minimal short to long-term toxicity in key terrestrial biota<sup>☆</sup>



Jonathan D. Judy<sup>a, b, 1</sup>, Mike Williams<sup>a, \*, 1</sup>, Adrienne Gregg<sup>a</sup>, Danni Oliver<sup>a</sup>, Anu Kumar<sup>a</sup>, Rai Kookana<sup>a</sup>, Jason K. Kirby<sup>a</sup>

<sup>a</sup> Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation (CSIRO), Land and Water Business Unit, Environmental Contaminant Mitigation and Biotechnology Program, Waite Campus, Waite Road, Urrbrae, 5064, South Australia, Australia

<sup>b</sup> University of Florida, Soil and Water Sciences Department, 1692 McCarty Dr Gainesville, Florida, 32611, USA

**Abstract :** Tests were conducted in soil media that had been incubated for 0, 3 or 9 months. Addition of microplastics had no significant negative effect on wheat seedling emergence, wheat biomass production, earthworm growth, mortality or avoidance behaviour and nematode mortality or reproduction compared to controls. There was also little evidence the microplastics affected microbial community diversity, although measurements of microbial community structure were highly variable with no clear trends.



INRA  
SCIENCE & IMPACT

AgroParisTech



École des Ponts  
ParisTech



UPEC  
UNIVERSITÉ  
PARIS EST CRÉTEIL  
VAL DE MARNE  
Commissariat - Action



Leesu  
laboratoire eau environnement systèmes urbains

# Les évaluations expérimentales

- **Microplastiques = contaminants dans les sols à des doses sublétales**
  - **Indicateurs d'écotoxicité utilisés concernent des expérimentations d'écotoxicologie pour des doses létales**
- ⇒ **Nécessité de changer de paradigme**
- ⇒ **Ne pas rechercher des indicateurs de toxicité mais suivre des indicateurs précoces d'effet, d'adaptation, de vulnérabilité**

# Et la faune sauvage?

## Wildlife cancer: a conservation perspective

Denise McAloose and Alisa L. Newton

Abstract | Until recently, cancer in wildlife was not considered to be a conservation concern. However, with the identification of Tasmanian devil facial tumour disease, sea turtle fibropapillomatosis and sea lion genital carcinoma, it has become apparent that neoplasia can be highly prevalent and have considerable effects on some species. It is also clear that anthropogenic activities contribute to the development of neoplasia in wildlife species, such as beluga whales and bottom-dwelling fish, making them sensitive sentinels of disturbed environments.

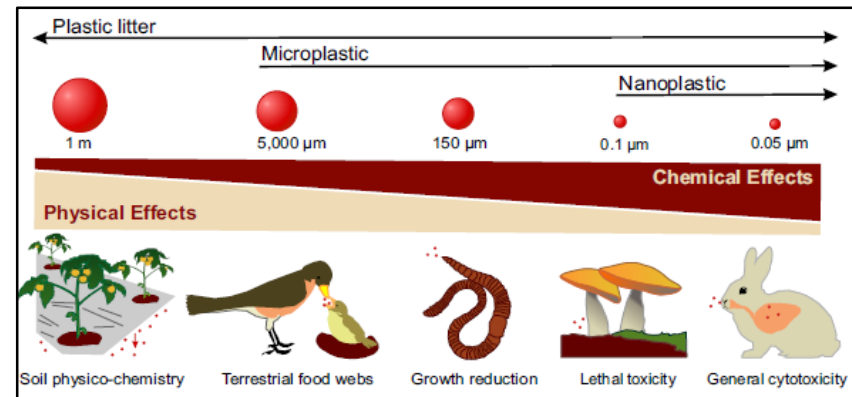
***Nature Reviews Cancer 9, 517–526 (2009)***

### CORRESPONDENCE

## Increase of wildlife cancer: an echo of plastic pollution?

Thomas Erren, Dominique Zeuß, Frank Steffany and Benno Meyer-Rochow

***Nature Reviews Cancer 9, 842 (2009)***





# Constats actuels

- ❖ Une diversité mal connue (cinétiques, formes...)
- ❖ Un apport par certaines formes d'amendements (boues, composts)
- ❖ Une persistance établie : des fibres détectées dans les sols 15 ans après l'application de boues
- ❖ Une accumulation probable : le rôle fouisseur des vers de terre limite les réactions de photo-dégradation (vs t°)
- ❖ Les sols : des puits de plastiques, mais aussi des sources pour les autres écosystèmes, et des supports pour les autres contaminants
- ❖ L'exposition des organismes (sols et faune sauvage) est encore peu étudiée, de même que les transferts dans les réseaux trophiques

# En conclusion

- ❖ **Une urgence : s'intéresser aux écosystèmes terrestres!**
  
- ❖ **Des challenges pour la recherche**
  - Quantifier les flux de plastiques et produits apparentés/associés
  - Quantifier l'exposition des populations au cours du temps (exposome)
  - Connaitre l'impact des composés chimiques en mélange et leurs effets cumulatifs
  - Connaitre les sites d'interaction intra-organismes et leurs interactions
  - Connaitre les effets trans-générationnels consécutifs à l'exposition
  
- ❖ **Des besoins en outils**
  - Améliorer les méthodes d'analyse en matrices complexes
  - Développer des biomarqueurs d'exposition
  - Développer des méthodes statistiques pour aborder les expositions multiples
  
- ▶ **S'inspirer des travaux sur les milieux aquatiques, et ceux sur les nanomatériaux (propriétés/devenir, exposition, interactions avec les récepteurs...)**



*INRA- Versailles*

*LEESU*

*Merci pour votre attention*

