



**HAL**  
open science

# Impacts des produits phytopharmaceutiques sur la biodiversité des milieux aquatiques : état des connaissances, lacunes et perspectives

Marie-Agnès Coutellec

► **To cite this version:**

Marie-Agnès Coutellec. Impacts des produits phytopharmaceutiques sur la biodiversité des milieux aquatiques : état des connaissances, lacunes et perspectives. Micropolluants organiques dans l'eau : des enjeux aux solutions, CEBEDEAU, Nov 2024, Liège, Belgium. hal-04801653

**HAL Id: hal-04801653**

**<https://hal.inrae.fr/hal-04801653v1>**

Submitted on 25 Nov 2024

**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.

# Impacts des produits phytopharmaceutiques sur la biodiversité des milieux aquatiques : état des connaissances, lacunes et perspectives

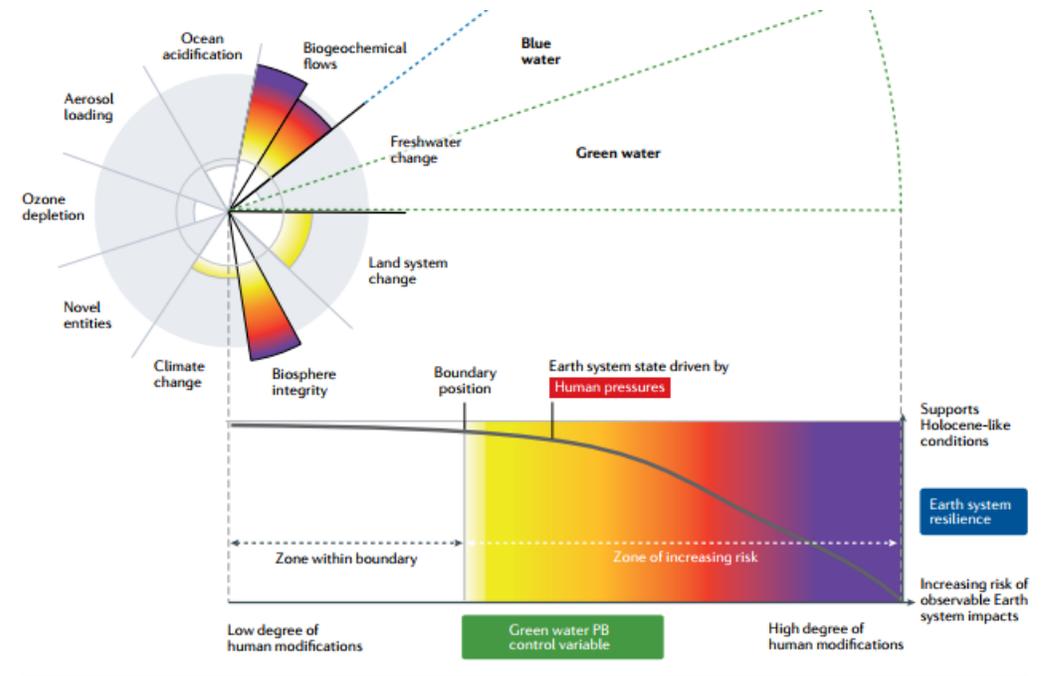
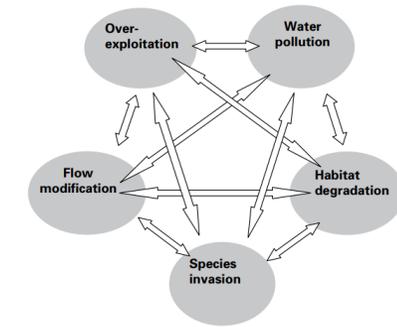
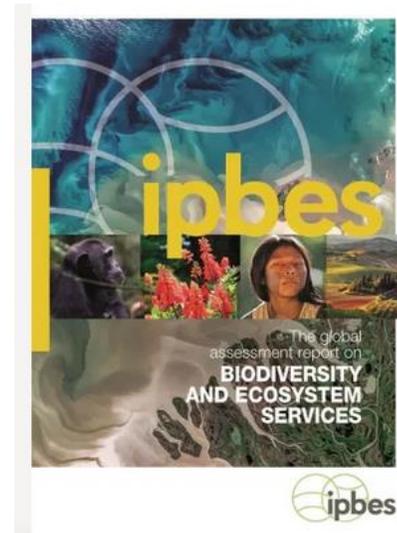
Marie-Agnès Coutellec, UMR DECOD, Rennes FR



Expertise Scientifique Collective  
*Phytopharmaceutiques*  
*Biodiversité*  
*Services Ecosystémiques*

# Contexte

- Pollution chimique: une des 5 forces majeures de la crise de la biodiversité (IPBES report)
- Action combinée avec d'autres facteurs environnementaux, d'origine naturelle ou anthropique
- Ecosystèmes aquatiques d'eau douce = soumis à des pressions persistantes et émergentes multiples et à l'intensification de l'exploitation des ressources (Dudgeon et al. 2006; Parmesan et al. 2022).
- 50% des masses d'eau continentales sont significativement dégradées par une diversité de polluants, notamment organiques (Malaj et al. 2014)
- Limites planétaires « eau verte » dépassées (Wang-Erlandsson et al. 2022)



# Contexte

## Organic chemicals jeopardize the health of freshwater ecosystems on the continental scale

Egina Malaj<sup>a,b,1</sup>, Peter C. von der Ohe<sup>a,c</sup>, Matthias Grote<sup>d</sup>, Ralph Kühne<sup>e</sup>, Cédric P. Mondy<sup>f</sup>, Philippe Usseglio-Polatera<sup>g</sup>, Werner Brack<sup>a</sup>, and Ralf B. Schäfer<sup>b,1</sup>

<sup>a</sup>Department of Effect-Directed Analysis, Helmholtz Centre for Environmental Research-UFZ, 04318 Leipzig, Germany; <sup>b</sup>Institute for Environmental Sciences, University of Koblenz-Landau, 76829 Landau, Germany; <sup>c</sup>Amalex Environmental Solutions, 04103 Leipzig, Germany; <sup>d</sup>National Hydraulics and Environment Laboratory, Research and Development Division, Electricité de France, 78401 Chatou, France; <sup>e</sup>Department of Ecological Chemistry, Helmholtz Centre for Environmental Research-UFZ, 04318 Leipzig, Germany; <sup>f</sup>Department of Systems Analysis, Integrated Assessment and Modelling, Eawag: Swiss Federal Institute of Aquatic Science and Technology, 8600 Dübendorf, Switzerland; and <sup>g</sup>Interdisciplinary Laboratory for Continental Environments, Centre National de la Recherche Scientifique, Unité Mixte de Recherche 7360, University of Lorraine, 57070 Metz, France

Edited by Deborah L. Swackhamer, University of Minnesota, Saint Paul, MN, and accepted by the Editorial Board May 15, 2014 (received for review November 9, 2013)

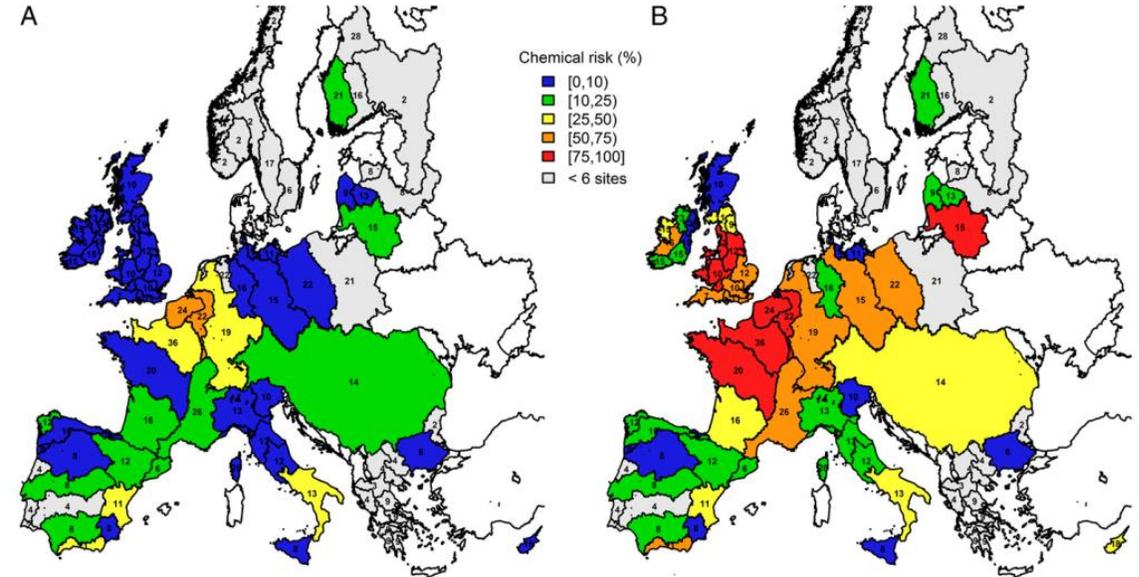
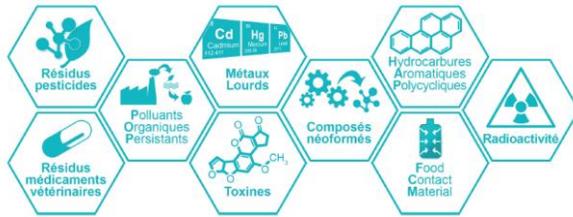


Fig. 1. Chemical risk (by percentage range) in European river basins. The map displays the fraction of sites where the maximum chemical concentration exceeds the acute risk threshold (A) and the mean chemical concentration exceeds the chronic risk threshold (B) for any organism group. The color code shows the level of chemical risk, from low chemical risk (blue) to high chemical risk (red). River basins with up to six sites are displayed in gray (*SI Appendix, Table S5*), whereas river basins without data are displayed in white. The numbers denote the median of the acute-risk chemicals analyzed at the monitoring sites of each river basin. Direct comparisons between river systems are potentially biased by the ecotoxicologically relevant compounds analyzed and the limit of quantification of the compounds (*SI Appendix, Fig. S2 and Table S2*).



# Mise en œuvre de l'ESCo

- **Comité d'experts scientifiques**

- 46 experts dont 3 pilotes scientifiques
- 19 organismes de recherche

Laure Mamy (coord.)  
Stéphane Pesce (coord.)  
Wilfried Sanchez (coord.)  
Marcel Amichot  
Joan Artigas  
Stéphanie Aviron  
Carole Barthélémy  
Rémy Beaudoin  
Carole Bedos  
Annette Bérard  
Philippe Berny  
Cédric Bertrand  
Colette Bertrand  
Stéphane Betoulle  
Eve Bureau-Point  
Sandrine Charles

Arnaud Chaumot  
Bruno Chauvel  
Michael Coeurdassier  
Marie-France Corio-Costet  
Marie-Agnès Coutellec  
Olivier Crouzet  
Isabelle Doussan  
Juliette Faburé  
Clémentine Fritsch  
Nicola Gallai  
Patrice Gonzalez  
Véronique Gouy  
Mickael Hedde  
Alexandra Langlais  
Fabrice Le Bellec  
Christophe Leboulanger

Christelle Margoum  
Fabrice Martin-Laurent  
Rémi Mongruel  
Soizic Morin  
Christian Mougine  
Dominique Munaron  
Sylvie Néliu  
Céline Pelosi  
Magali Rault  
Sergi Sabater  
Sabine Stachowski-Haberkorn  
Elliott Sucre  
Marielle Thomas  
Julien Tournebize

- **Bibliographie**

- 4 000 références citées
- Littérature internationale transposable aux contextes français métropolitain et d'outre-mer
- Domaines de recherche diversifiés

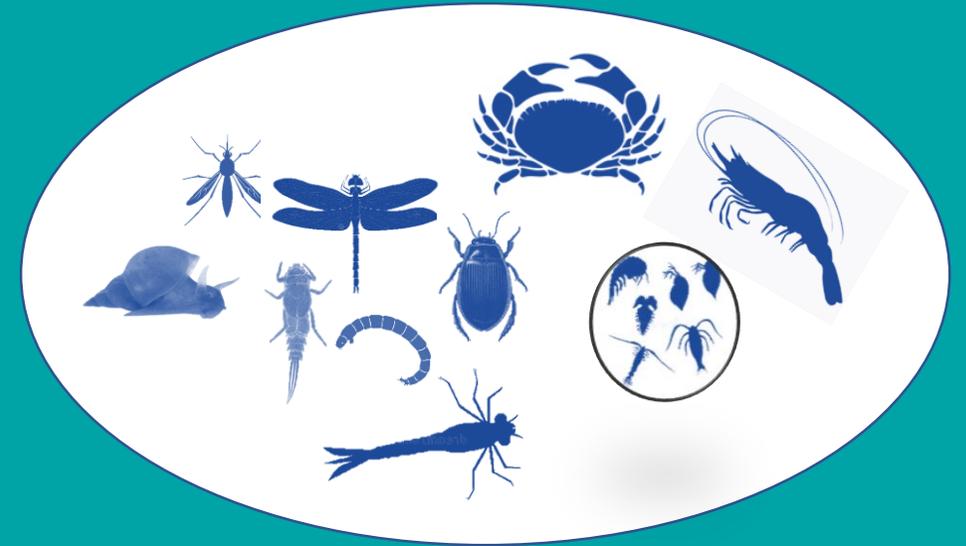
Domaines de recherche des 3 343 références classées dans les catégories WoS (15 premières catégories)





## Les PPP contribuent au déclin de la biodiversité via la combinaison d'effets directs et indirects

<https://www.inrae.fr/actualites/impacts-produits-phytopharmaceutiques-biodiversite-services-ecosystemiques-resultats-lexpertise-scientifique-collective-inrae-ifremer>

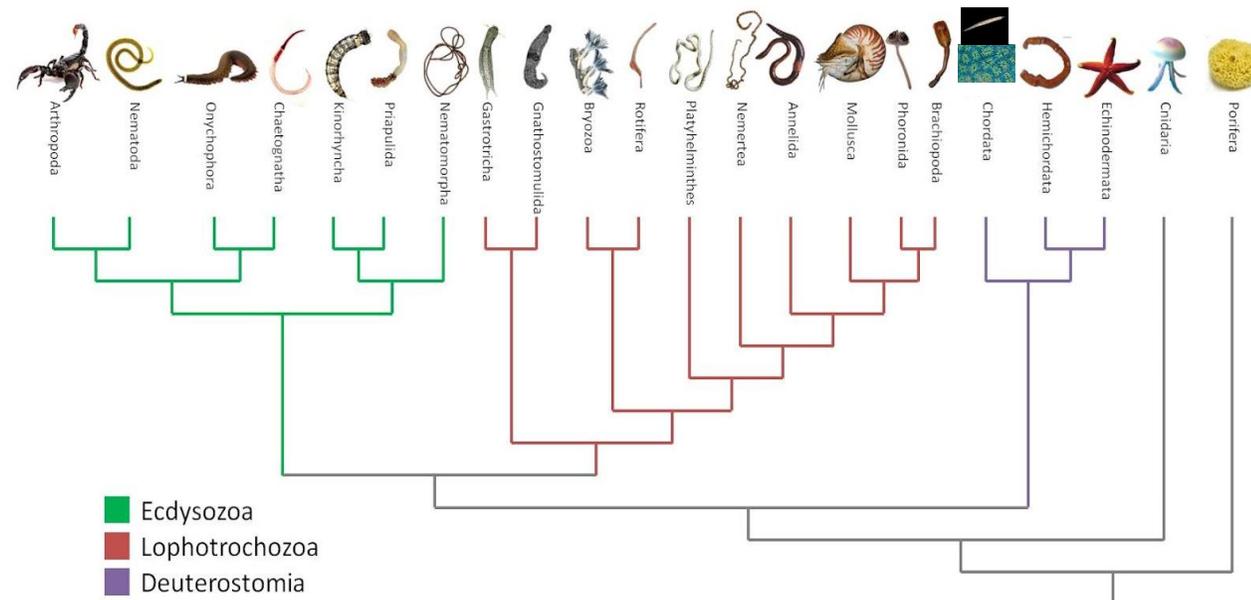


# Focus sur la diversité et les interactions biotiques des communautés d'invertébrés aquatiques

# Effets sur les invertébrés aquatiques

## Périmètre et problématique

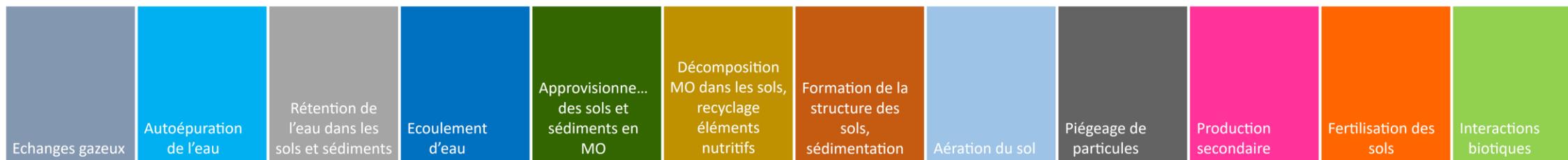
- **Invertébrés** : très grande diversité biologique et phylogénétique (Métazoaires, incluant certains Chordés)
- ⇒ Un « groupe » très hétérogène, paraphylétique (aucun caractère dérivé partagé exclusivement par les invertébrés) : réponses écotoxicologiques attendues très hétérogènes
- ⇒ En nombre d'espèces, la part la plus importante de la biodiversité animale connue serait constituée d'invertébrés



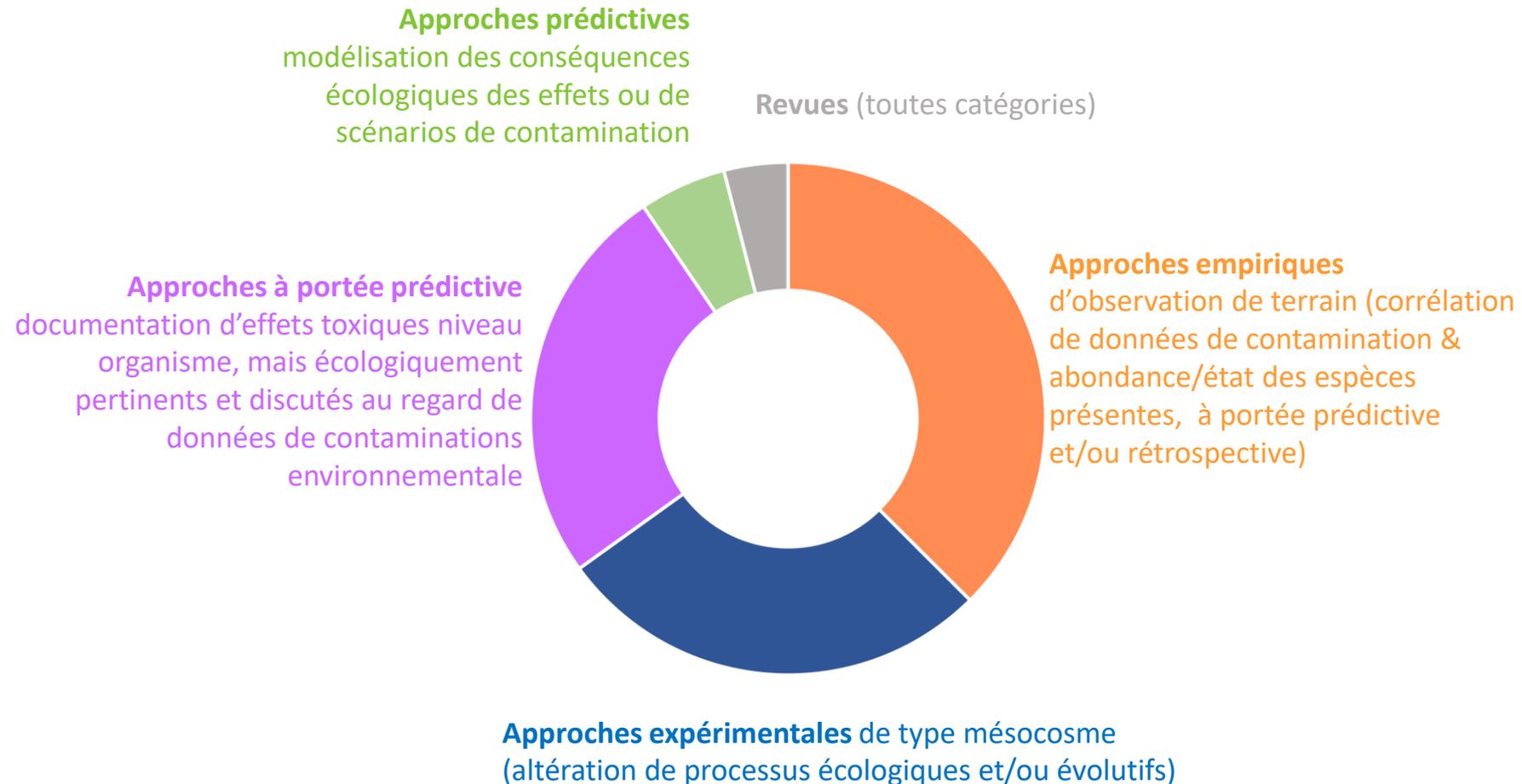
- **Milieus aquatiques** : naturellement divers, de degré d'anthropisation variable  
eau douce (milieux lotiques, lenticques), eau saumâtre (estuariers, mangroves), eau salée (mers chaudes, froides)



- **Fonctions écologiques:**



# Littérature: approches identifiées et leur abondance relative



# Invertébrés aquatiques: Effets avérés des PPP sur la diversité taxonomique et fonctionnelle



- Approches « terrain » : effets très marqués sur la biodiversité taxonomique des macroinvertébrés au sein des **petits cours d'eau agricoles** européens
- Approches expérimentales (mésocosmes et laboratoire) : des **effets directs et indirects** à l'échelle des communautés
- Approches terrain et expérimentales : effet prépondérant des insecticides

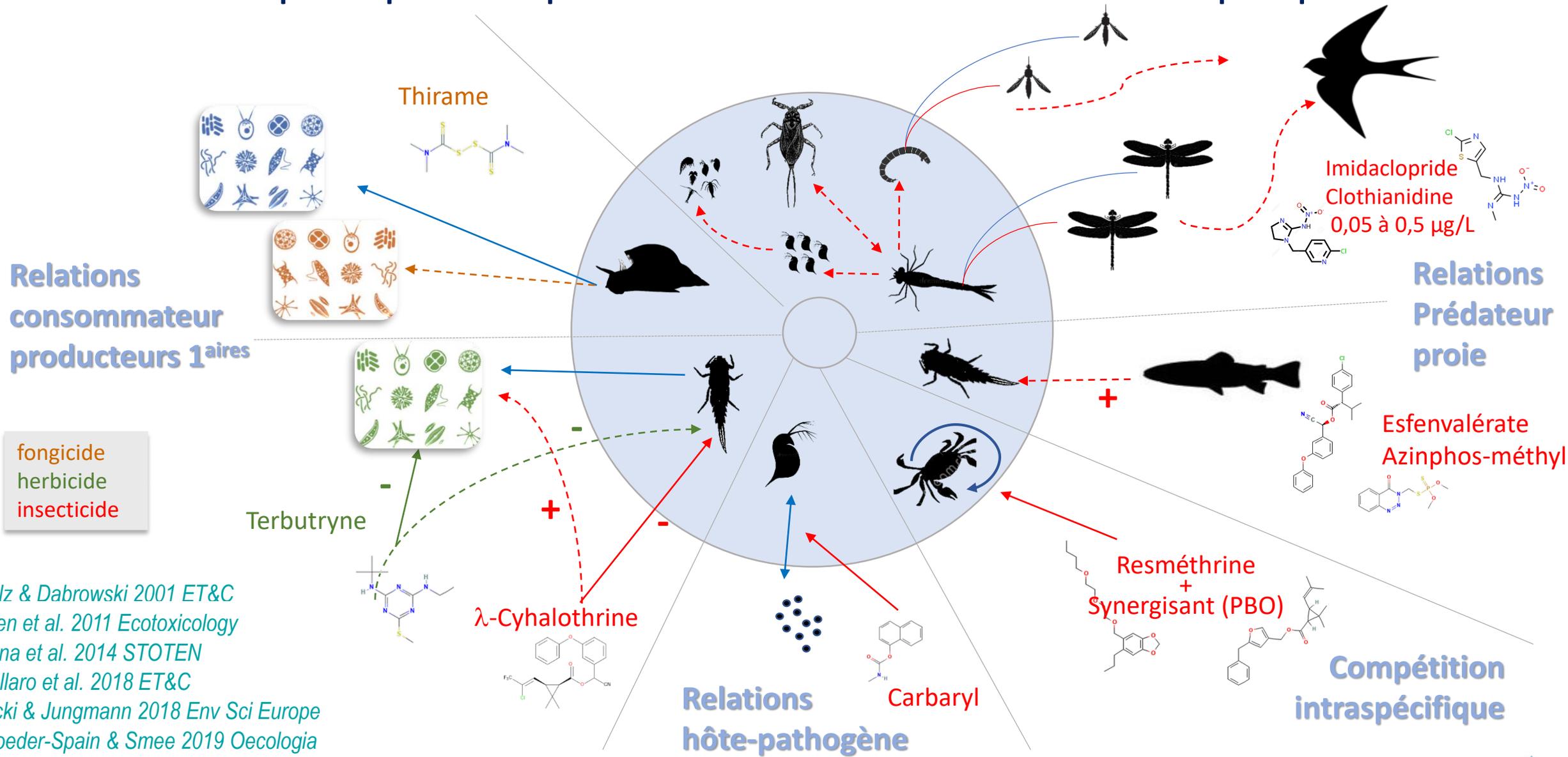
- ⇒ Réduction de 50% de l'abondance, érosion de 40% de la richesse spécifique
- ⇒ Risque fort de dégradation des communautés sur 20% du territoire européen
- ⇒ Des effets chroniques avérés à des concentrations << seuils de toxicité acceptée (UE)
- ⇒ Insecticides responsables du mauvais état écologique de 30% des petits cours d'eau
- ⇒ Perturbation des **interactions biotiques** et du **cycle de la matière organique** à l'échelle écosystémique

*Schäfer et al. 2012 ES&T - Beketov et al. 2013 PNAS – Malaj et al. 2014 PNAS – Orlinskiy et al. 2015 STOTEN - Kuzmanović et al. 2016 STOTEN*

# Invertébrés aquatiques: que nous disent les approches expérimentales sur l'impact des PPP ?

- un impact marqué des insecticides, en particulier des néonicotinoïdes et pyréthriinoïdes à faibles doses
- un manque de mise en relation des impacts de certaines familles sur le système nerveux (néonicotinoïdes, organophosphorés) avec le comportement des organismes et leurs conséquences sur la fitness des organismes
- un ensemble de facteurs aggravants, à considérer dans le contexte agricole et celui plus large d'anthropocène : effets cocktails, réchauffement climatique, fluctuations thermiques journalières, fluctuations du niveau d'eau, enrichissement en nutriments, etc.
- un impact intergénérationnel et évolutif, qui reste largement sous-estimé (et totalement ignoré par la réglementation)
- Des effets indirects induits par les interactions biotiques (cf illustrations)

# Invertébrés aquatiques: impacts des PPP sur les réseaux trophiques

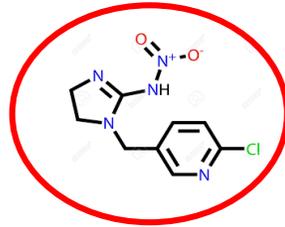


Schulz & Dabrowski 2001 ET&C  
 Jansen et al. 2011 Ecotoxicology  
 Bayona et al. 2014 STOTEN  
 Cavallaro et al. 2018 ET&C  
 Rybicki & Jungmann 2018 Env Sci Europe  
 Schroeder-Spain & Smeets 2019 Oecologia

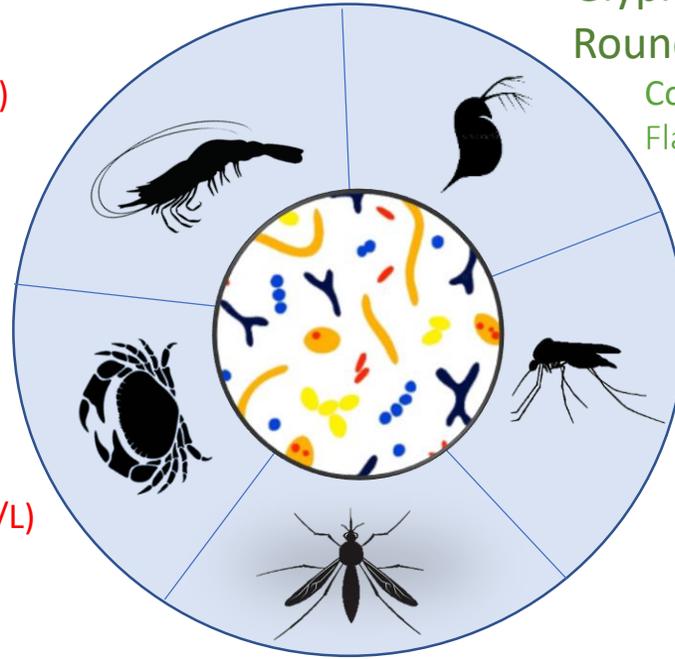
# Invertébrés aquatiques: impacts des PPP sur les relations hôte-microbiote

Abondance, diversité:  
pas d'effet détecté  
Composition: dysbiose  
Genres pathogènes ↗  
Genres bénéfiques ↘

Imidacloprid (6-60 µg/L)



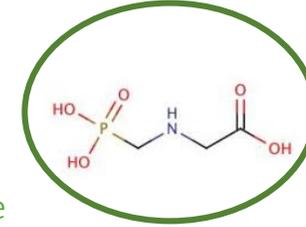
Imidacloprid (5-500 µg/L)



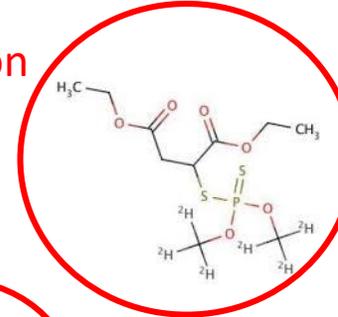
Glyphosate (1 mg/L)

Roundup (1 mg/L)

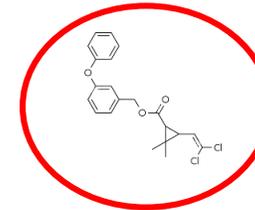
Composition : dysbiose  
Flavobacteria ↗ Rhizobiaceae ↗



Malathion  
(100 µg/L)



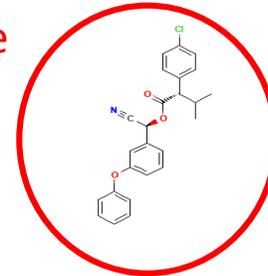
Diversité ↗  
chez larves



Perméthrine  
(60 µg/L)

Esfenvalérate  
(70 ng/Kg sed.)

pas d'effet détecté

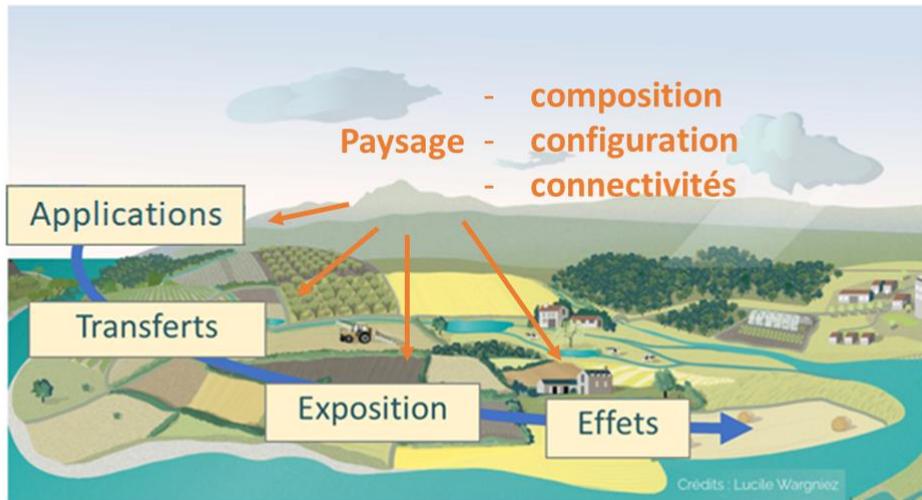


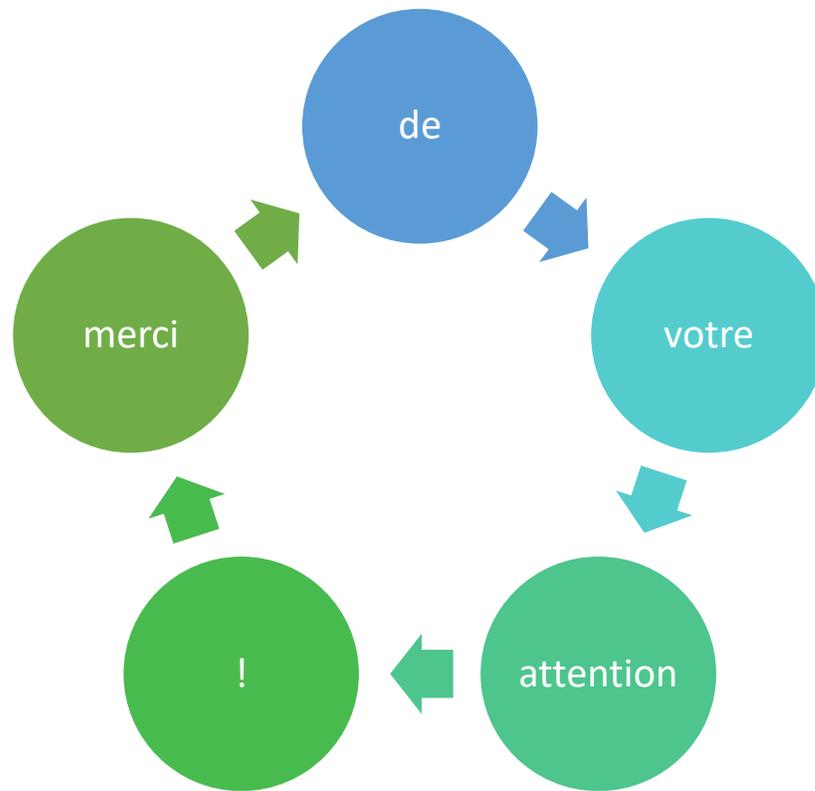
Hong et al. 2020 STOTEN  
Juma et al. 2020 Sci Rep  
Suppa et al. 2020 Microbiome  
Fu et al. 2022 J Haz Mat  
Varg et al. 2022 Env Poll

# Impact des PPP sur les interactions biotiques / invertébrés aquatiques:

## Conclusions - Perspectives

- ⇒ La dégradation des interactions biotiques repose sur des effets indirects multiples, largement ignorés dans la réglementation : besoin d'un cadre conceptuel
- ⇒ Question fondamentale du rôle des interactions biotiques dans la toxicité des PPP à l'échelle des écosystèmes
- ⇒ Besoin d'indicateurs unifiés et multi-échelle de biodiversité (phylogénétique, fonctionnelle)
- ⇒ Importance du continuum terrestre/atmosphérique/aquatique pour mieux évaluer, protéger, conserver les écosystèmes aquatiques et les ressources / services associés





### Impacts des produits phytopharmaceutiques sur la biodiversité des milieux aquatiques : état des connaissances, lacunes et perspectives

Dans son dernier rapport, l'IPBES identifie la pollution comme une des cinq causes majeures de la crise actuelle de la biodiversité. Loin d'agir de façon isolée, cette pollution se combine aux autres facteurs environnementaux, que ceux-ci soient d'origine naturelle ou anthropique. Dans ce cadre, les écosystèmes aquatiques dulcicoles semblent particulièrement affectés, en raison de la co-occurrence de pressions persistantes et émergentes multiples, - auxquelles contribue la pollution chimique, associée à une intensification de l'exploitation des ressources par l'homme (Dudgeon et al. 2006 2006 <https://doi.org/10.1017/S1464793105006950>; Parmesan et al. 2022 <https://doi:10.1017/9781009325844.004>). Dans l'ensemble, la qualité chimique des masses d'eau continentales est significativement dégradée par une diversité de polluants, notamment organiques (Malaj et al. 2014 <http://dx.doi.org/10.1073/pnas.1321082111>). De façon quantitative également, la dégradation de la ressource eau a atteint un niveau tel que les limites planétaires ont été récemment dépassées pour ce compartiment environnemental (Wang-Erlandsson et al. 2022 <https://doi.org/10.1038/s43017-022-00287-8>).

Dans ce cadre, le gouvernement français a commandité en 2020 à deux de ses instituts de recherche, INRAE et Ifremer, une expertise scientifique collective sur l'impact des produits phytopharmaceutiques (PPP) sur la biodiversité et les services écosystémiques associés. Une analyse approfondie des productions scientifiques publiées sur la période 2000-2020 a ainsi été réalisée par plus de 40 experts, donnant lieu à un rapport principal (Mamy et al. 2023 <https://doi.org/10.17180/0gp2-cd65>) ainsi que différentes publications plus ciblées (voir **numéro spécial du journal ESPR**). La présentation proposée portera sur les conclusions issues de l'analyse de cet impact sur la biodiversité taxonomique, fonctionnelle et génétique des invertébrés, avec un focus sur les écosystèmes aquatiques, pour lesquels les données chimiques et écotoxicologiques sont les plus développées. Toutefois, l'importance d'appréhender les impacts des PPP dans un continuum environnemental reliant milieux terrestres, atmosphériques et aquatiques sera discutée dans un cadre de protection et de conservation globale.