

**DIPEE Bourgogne Franche-Comté**

Arc-et-Senans – 20/05/2025

(Ré-)Concilier production, biodiversité et enjeux environnementaux dans les agrosystèmes : pratiques, impacts et leviers d'actions

Impacts des pesticides actuels sur la biodiversité :



constats et
questionnements

Clémentine FRITSCH et al.

Laboratoire Chrono-Environnement (UMR 6249), Besançon

Intensification agricole : l'avènement de l'agrochimie

1930-1940

Avènement des pesticides de synthèse

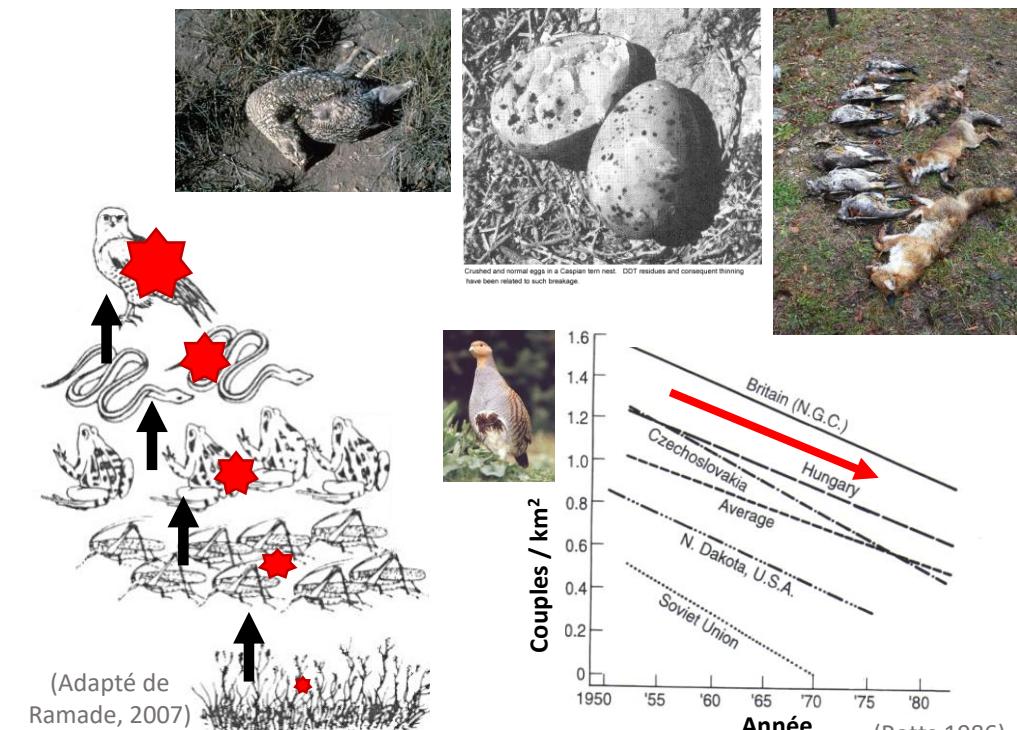
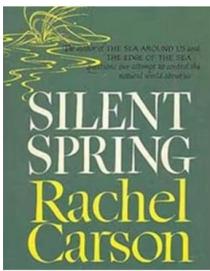
Produits phytopharmaceutiques (PPPs)



▪ Des effets non-intentionnels

[...] dès l'avènement des pesticides de synthèse et leur utilisation croissante au champ (Rattner, 2009).

1962



Dans les années 60 :

- Prise de conscience du grand public et des autorités publiques
- Décisions politiques et réglementaires

Un renforcement constant de la réglementation

- Interdiction des PPPs les plus persistants, bioaccumulables et toxiques
- Renforcement de la législation et des précautions d'utilisation
- Amélioration et renforcement des procédures d'évaluation des risques
- Lancements de programmes nationaux de surveillance (phytopharmacovigilance)



STOCKHOLM CONVENTION



Evaluation du risque avant autorisation de mise sur le marché
Suivi post-homologation et ré-évaluation



Directive 2009/128/CE
instaurant un cadre d'action communautaire pour parvenir à une utilisation des pesticides compatible avec le développement durable

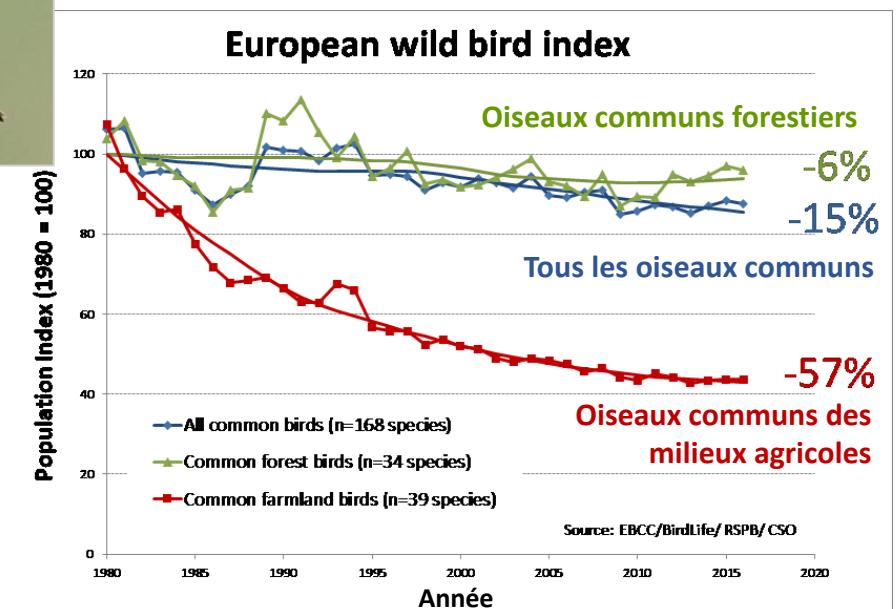


- **Nouvelles générations de PPPs conçus pour être « plus sûrs »** : moins persistants, moins bioaccumulables, plus spécifiques à leur cible
- **Mesures de gestion et précautions** : conditions de traitement, formations, matériels, retraits de mises sur le marché
- **Le problème a été considéré comme étant résolu**

(Dudley et al, *Biol Conserv*, 2017)

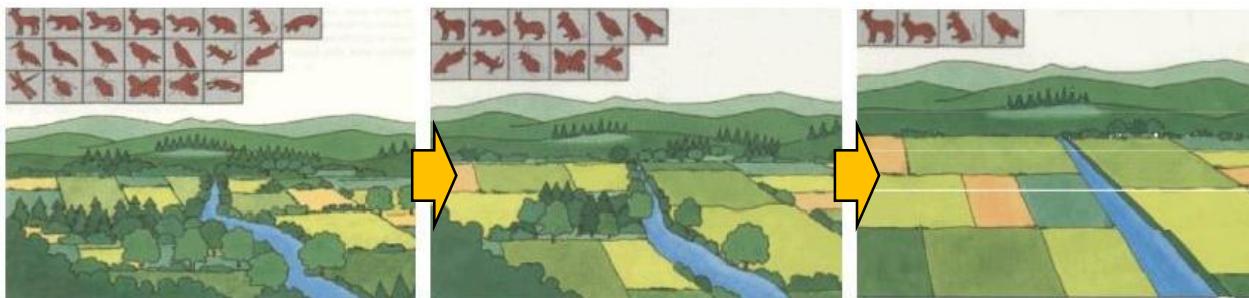
Erosion de la biodiversité : rôle des pratiques agricoles ?

- Un déclin continu de la biodiversité des terres agricoles



- Les pratiques agricoles sont mises en cause

→ Rôle des pratiques « intensives » ...



Source: ECA, based on Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg, Landschaft natürlich (1992).



Principales pressions exercées sur la nature en UE



... Mais aussi de la pollution agrochimique?

Avec 21 %, l'agriculture est la pression la plus fréquemment signalée pour les habitats et les espèces.

L'abandon des prairies et l'intensification ont un impact tout particulier sur les espèces de pollinisateurs, les oiseaux des champs et les habitats semi-naturels.

Près de 50 % de toutes les pressions liées à la pollution peuvent être attribuées à la pollution de l'air, de l'eau et du sol causée par l'agriculture.

Quel est l'impact des PPP actuels sur la biodiversité?

Ce que l'on sait grâce aux éléments scientifiques les plus récents

- Expertise collective nationale

Impact des PPPs sur la biodiversité et les services écosystémiques

- Commanditée par les « Ministères chargés de l'Environnement, de l'Agriculture et de la Recherche »
- 46 experts durant 2 ans
- Appuyée sur plus de 4000 références de la bibliographie scientifique internationale

➤ Les messages clés

- Projets de recherche



PING

INRA SMaCH

Gestion durable de la santé des cultures

INRAE

INEXSS



ESCAPE



PESTICIDES

ÉCOPHYTO
RÉDUIRE ET AMÉLIORER
L'UTILISATION DES PHYTOS



RECOTOX

“Twin Fields” & “MixTox”



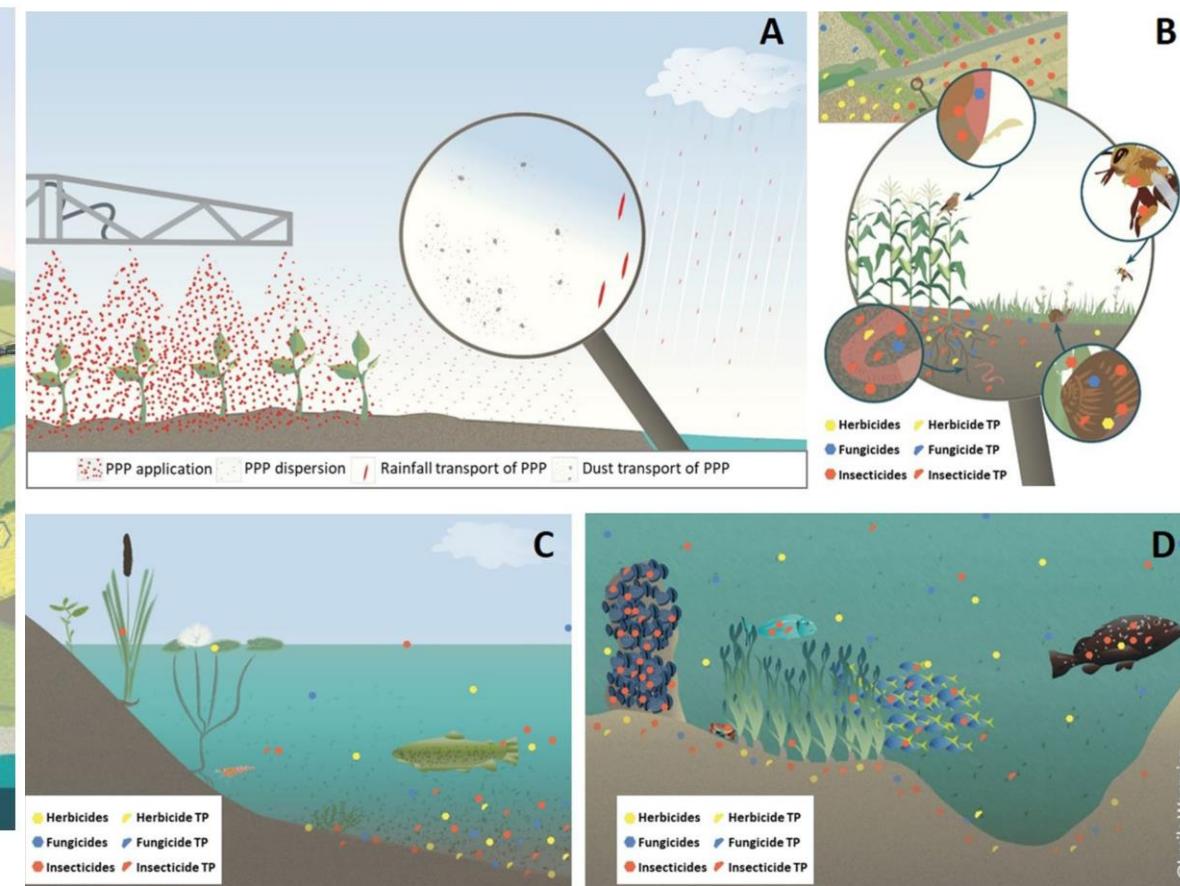
MITI
CNRS

PEPSAN

➤ Illustration cas concrets

Impact des PPP actuels sur la biodiversité?

Les PPP contaminent toutes les matrices environnementales et le biote

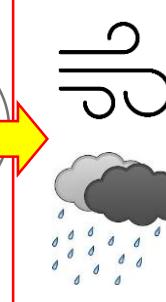


- Tous types de composés fongicides, herbicides, insecticides de différentes familles chimiques
- Molécules mères et produits de transformation (TP)
- Terres cultivées et continuum terre-mer
- Processus de :
 - Dérive
 - Volatilisation
 - Dépôt humide et sec
 - Infiltration et ruissellement
 - Transfert trophique

Les PPP contaminent toutes les matrices environnementales et le biote



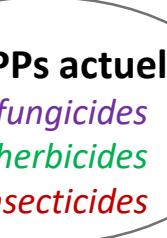
27 PPPs actuels
8 fongicides
12 herbicides
7 insecticides



- 6 composés détectés
3 fongicides 2 herbicides 1 insecticide
- 12 composés détectés
6 fongicides 5 herbicides 1 insecticide



Ciblage sans a priori
(Non-target screening)



31 PPPs actuels
10 fongicides
12 herbicides
9 insecticides



- Contamination > seuil toxicité chronique vers de terre pour ~ 50% des sols
- Y compris dans des zones non-traitées (haies, prairies, AB)

➤ Contamination généralisée par des mélanges de pesticides

FONGICIDES, HERBICIDES & INSECTICIDES

FAMILLES CHIMIQUES VARIÉES

➤ A l'échelle de toute la mosaïque paysagère



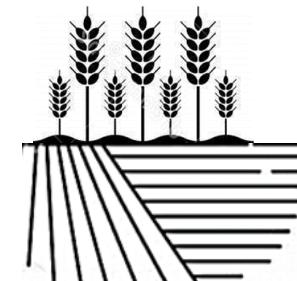
➤ Globalement plus faible en habitat non-traité



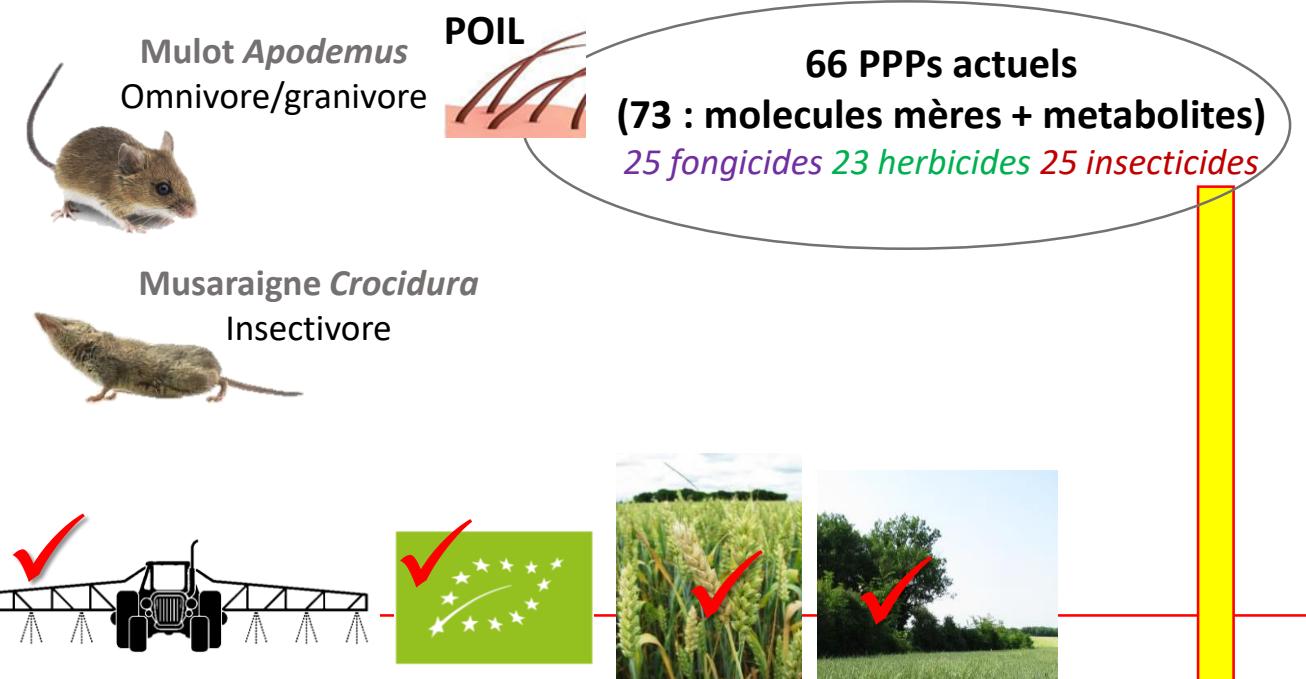
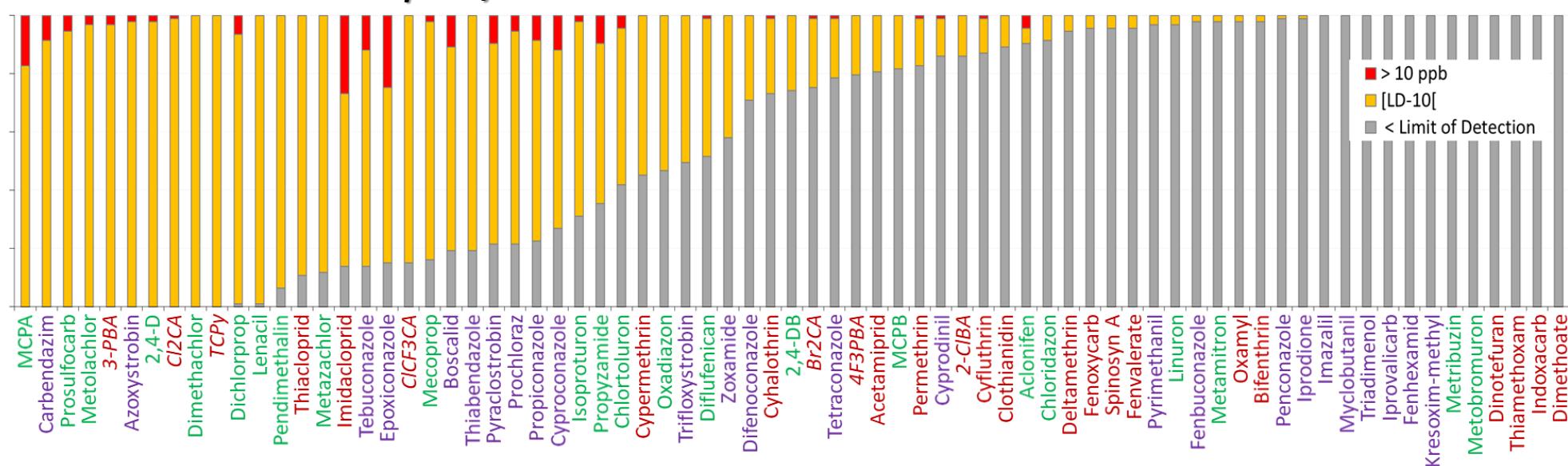
Les PPP contaminent toutes les matrices environnementales et le biote



- Exposition systématique
- Un grand nombre de molécules différentes



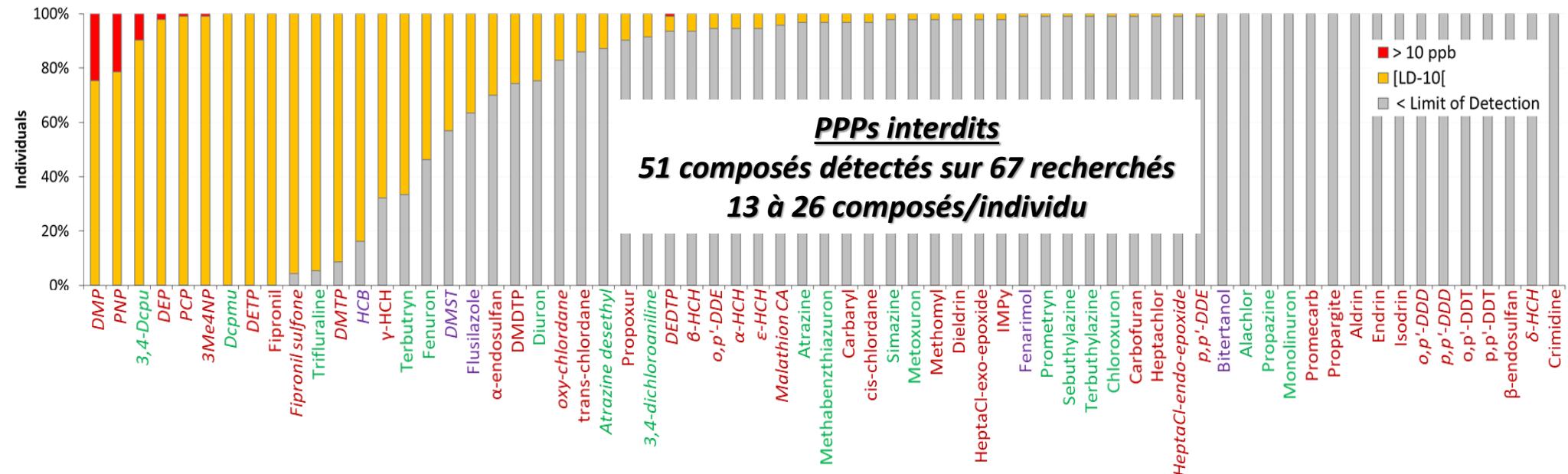
**61 composés détectés
18 à 41 composés/individu**



**FONGICIDES, HERBICIDES
& INSECTICIDES**

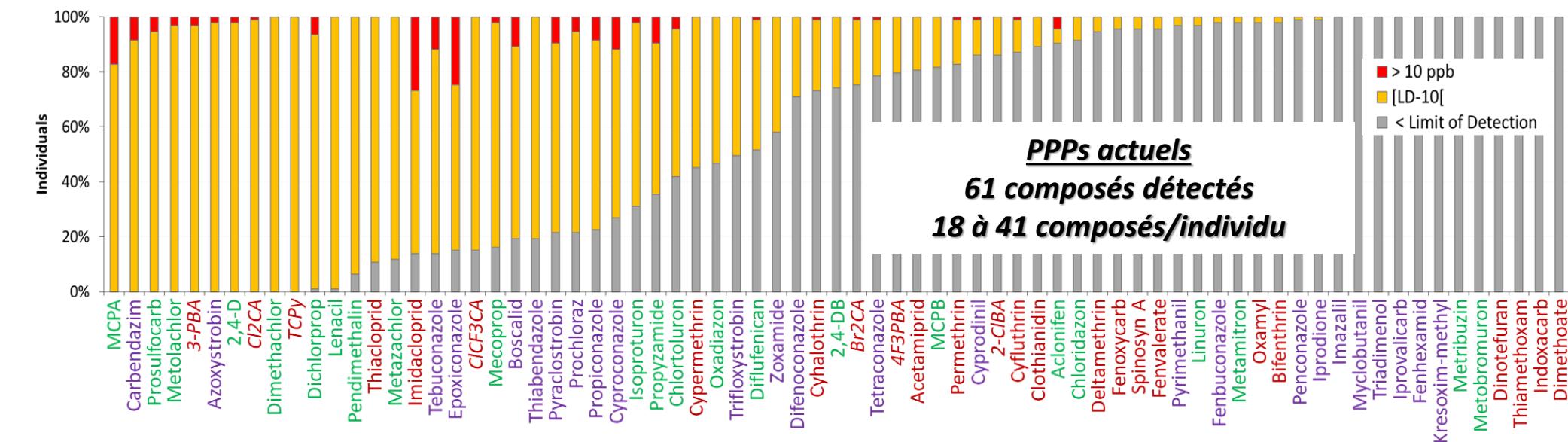
**FAMILLES
CHIMIQUES VARIÉES**

Les PPP contaminent toutes les matrices environnementales et le biote

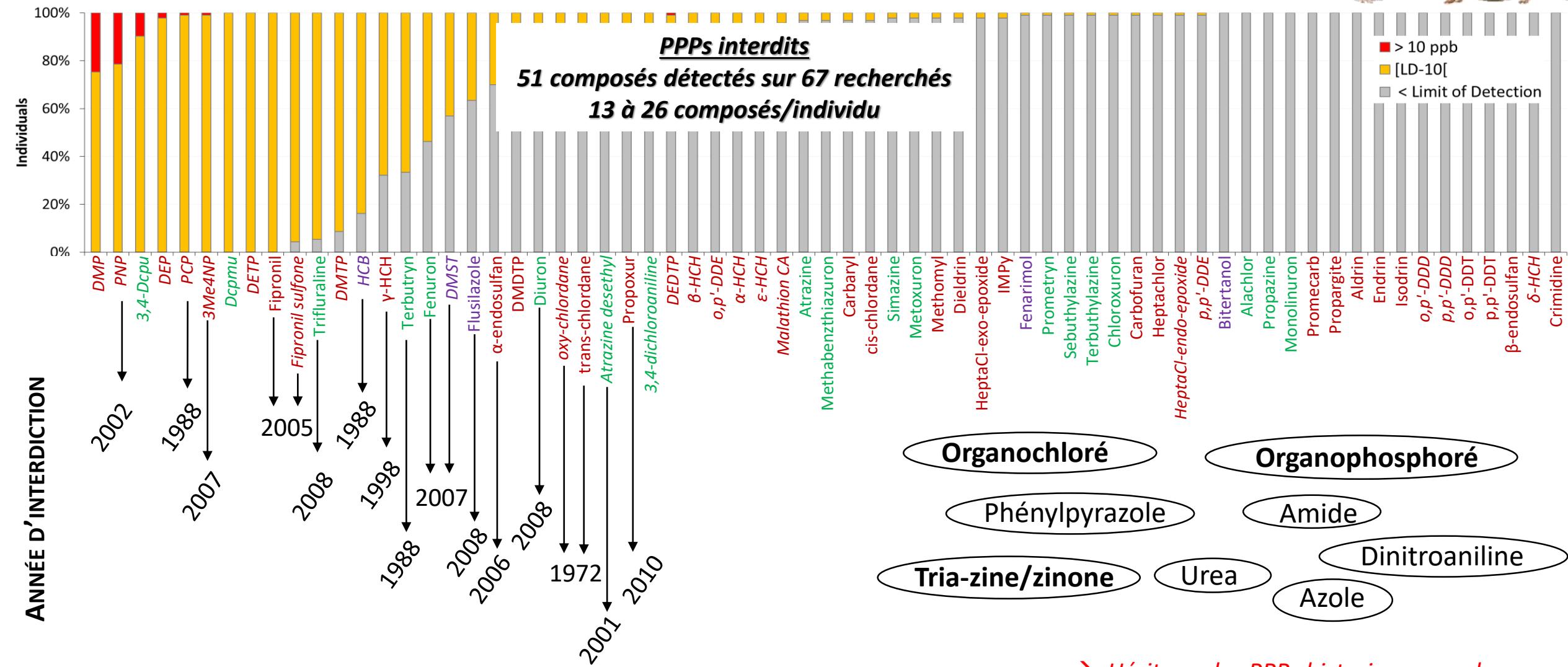


➤ Exposition à des mélanges de pesticides actuels ... et interdits

➤ 32 à 65 COMPOSÉS / INDIVIDU



Les PPP contaminent toutes les matrices environnementales et le biote



- A la fois des composés interdits depuis longtemps et récemment
- Familles chimiques variées, fongicides herbicides insecticides

→ Héritage des PPPs historiques, quel sera l'héritage des PPPs récents et actuels?
→ Quelles mesures de gestion?

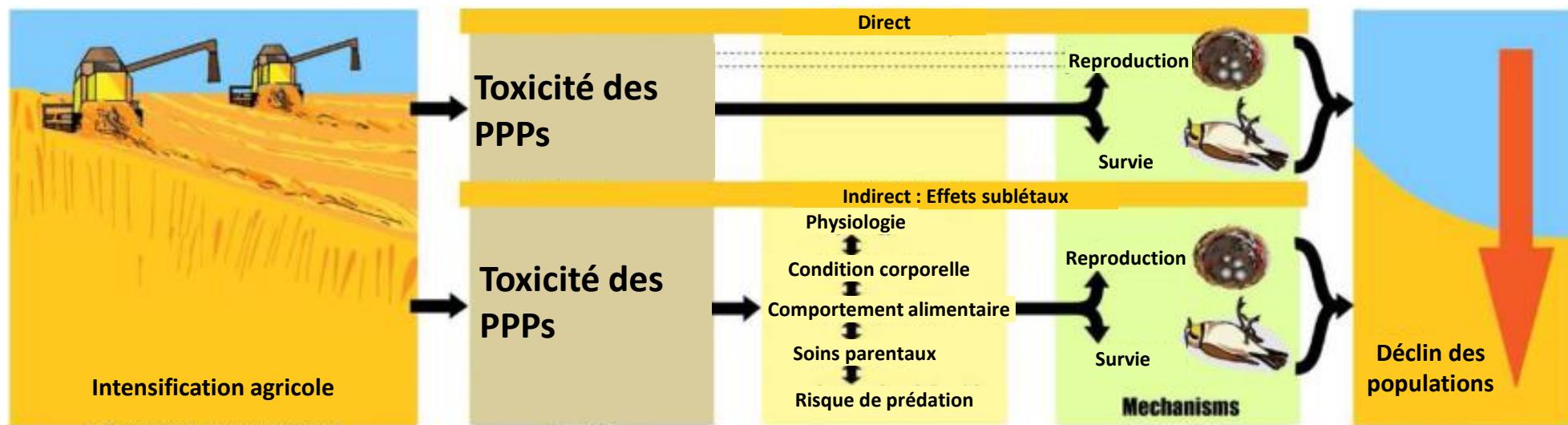
Impact des PPP actuels sur la biodiversité?

Les connaissances sur les effets des PPP actuels augmentent et se diversifient

- Effets directs sans relation avec le mode d'action connu des PPPs
- Effets de l'exposition chronique à des faibles doses :
 - de l'empoisonnement létal aux impacts éco-physiologiques
 - effets « cocktails » : additivité, synergie, antagonisme

→ Des effets sublétaux plutôt que des intoxications aigues

- Comportement : soins parentaux, réponses anti-prédatrice, nourrissage et alimentation
- Perturbation endocrinienne, métabolisme, thermorégulation
- Immunotoxicité et maladies, effets sur le microbiote (dysbioses)
- Migration et orientation et écholocation
- Effets différés et retardés
- Fécondité et fertilité
- etc



De la toxicité aigue aux impacts sublétaux



Ecotoxicité en laboratoire



Tests standardisés (ISO)

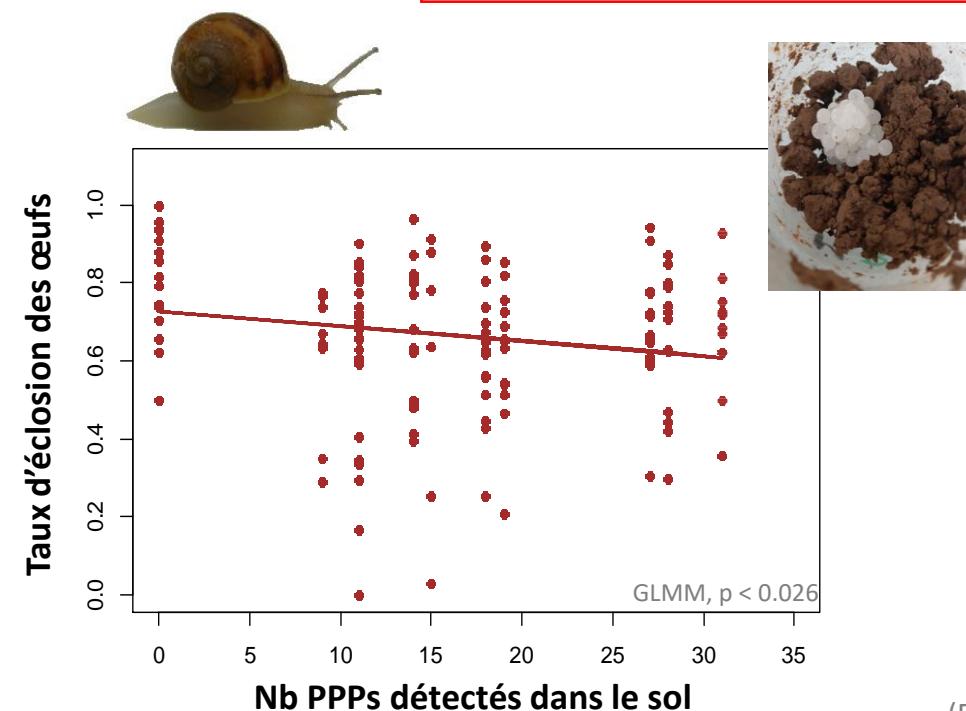
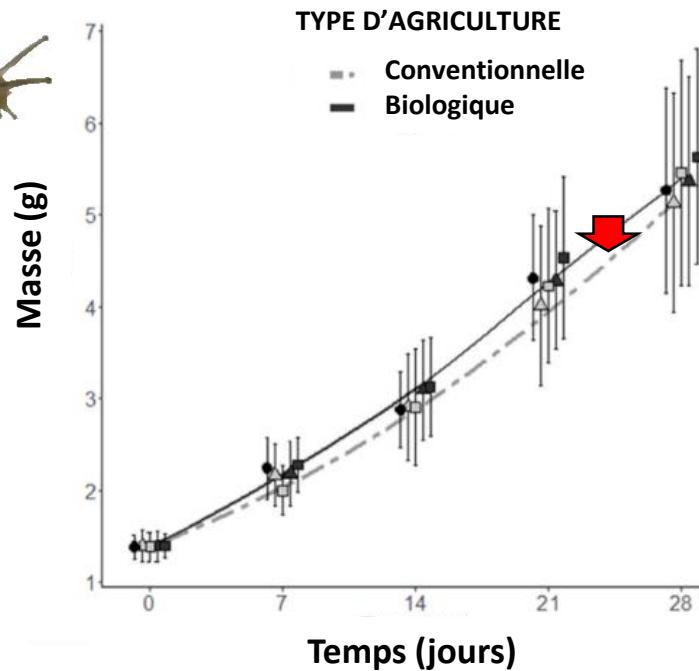
Organismes exposés durant plusieurs semaines



➤ Des effets négatifs de l'exposition aux sols cultivés en agriculture conventionnelle



- Croissance / Masse
- Survie
- Reproduction
- Altération métabolisme



(Panico et al. Env Pol, 2022)
(Fritsch et al. GFO conference, 2023)

➤ Des effets délétères alors qu'individuellement chacun des composés est présent à des teneurs sous les seuils de toxicité

De la toxicité aigue aux impacts sublétaux



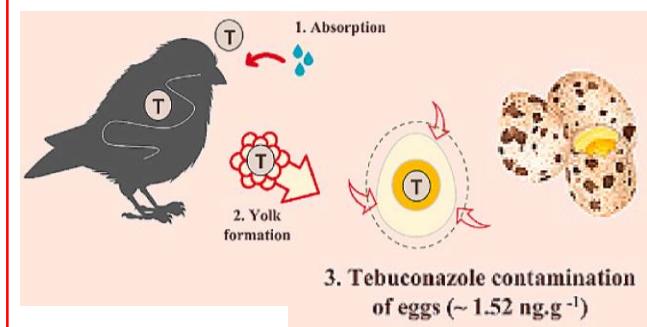
Tébuconazole : fongicide, famille des triazoles, très utilisé

Exposition expérimentale à des doses environnementales, chronique (plusieurs mois)

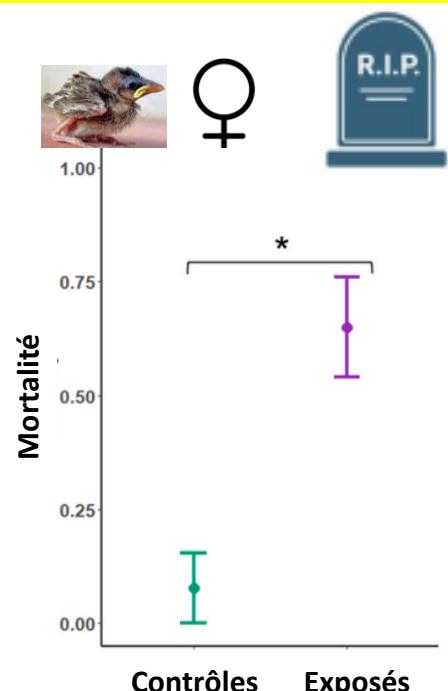
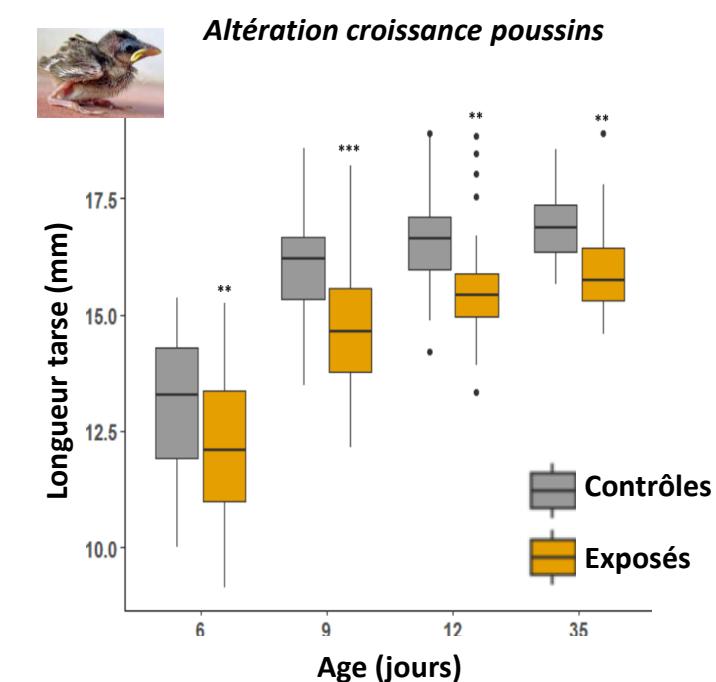
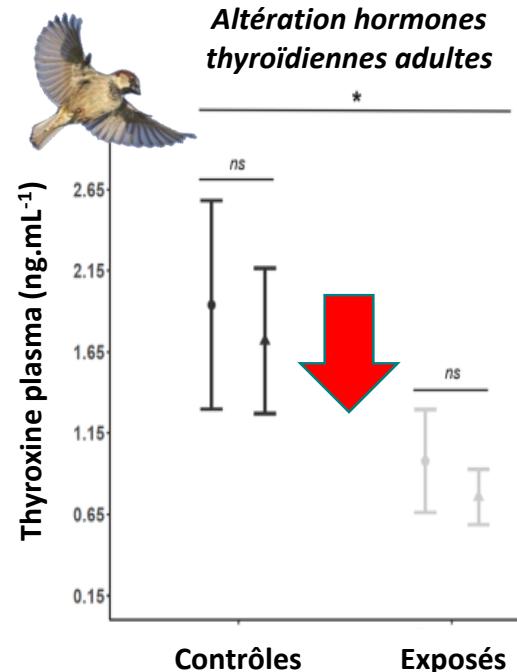
Via l'eau de boisson

➤ Transfert maternel

→ Exposition de l'embryon



➤ Des réponses physiologiques, métaboliques et endocriniennes chez les adultes et les juvéniles



➤ Effets délétères de l'exposition chronique au tébuconazole à des doses inférieures à la dose sans effet nocif observable (NOAEL) et représentatives de l'exposition environnementale

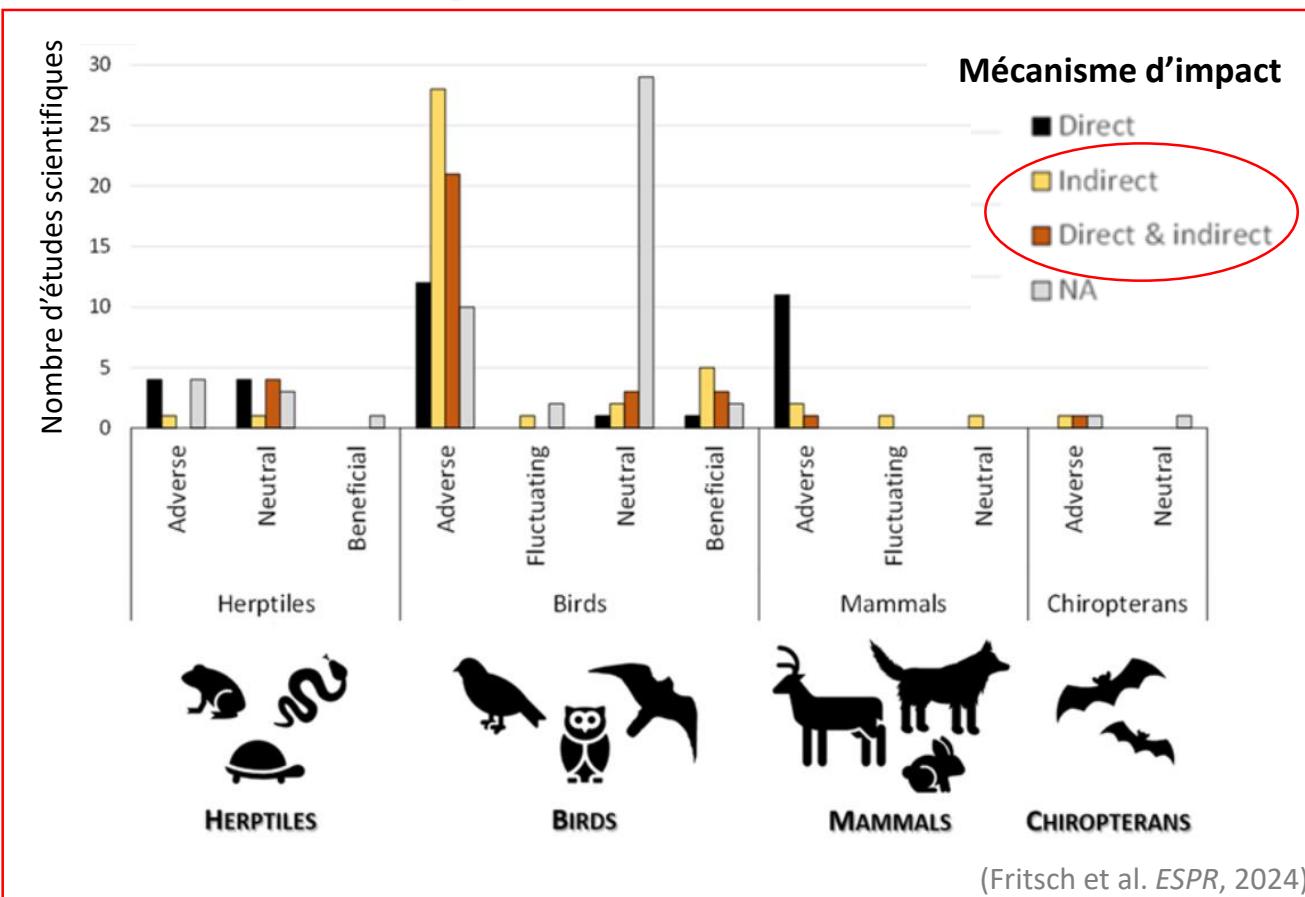
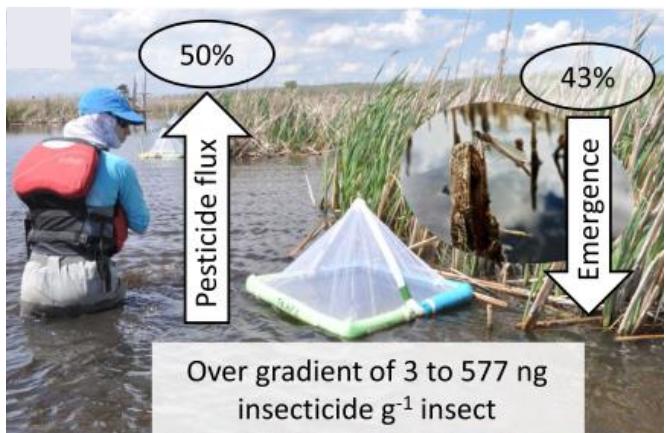
Impact des PPP actuels sur la biodiversité?

Les connaissances sur les effets des PPP actuels augmentent et se diversifient

- Rôle important des effets indirects

- Dégradation de la qualité des habitats (e.g. herbicides)
- Manque de ressources alimentaires !!!

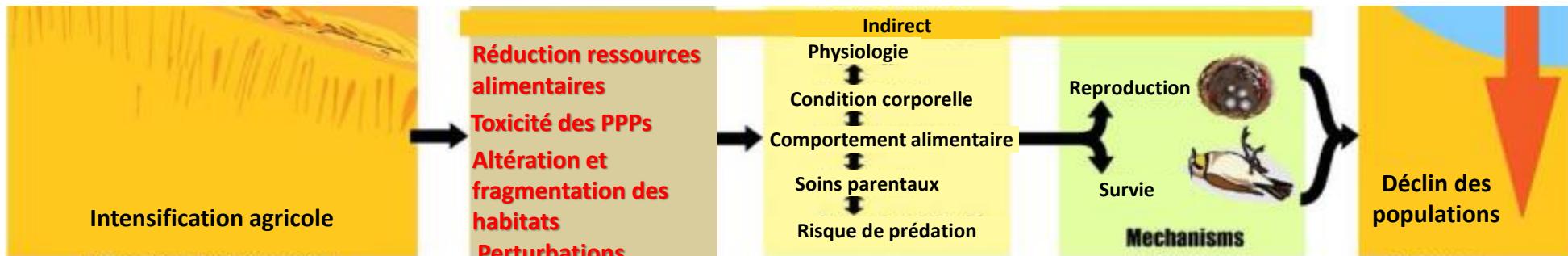
→ Diminution de la quantité ET de la qualité
→ Graines et insectes



- Interactions avec les modifications du paysage :

→ effets qui s'additionnent voire s'amplifient

(Stanton et al. Agr Ecos Env, 2018)



Impact des PPP actuels sur la biodiversité?

Les PPP contribuent au déclin de la biodiversité

- Rôle établi dans le déclin
- Invertébrés aquatiques et terrestres



- Oiseaux



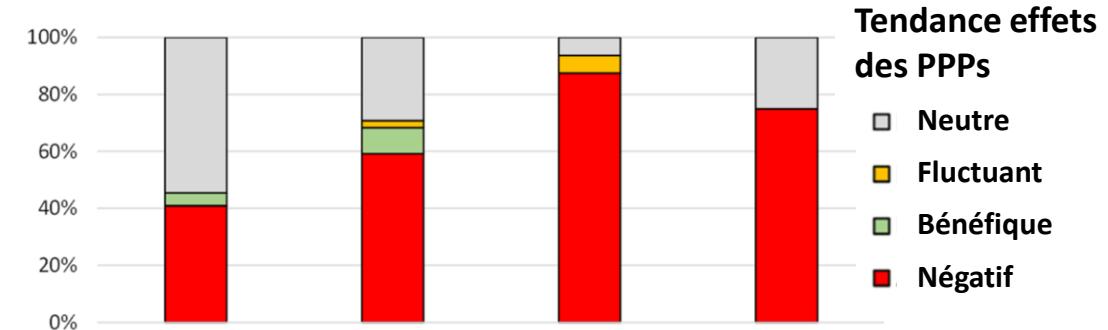
- Rôle présumé dans le déclin

- Amphibiens et chiroptères



- Pour les autres taxons, manques de connaissances

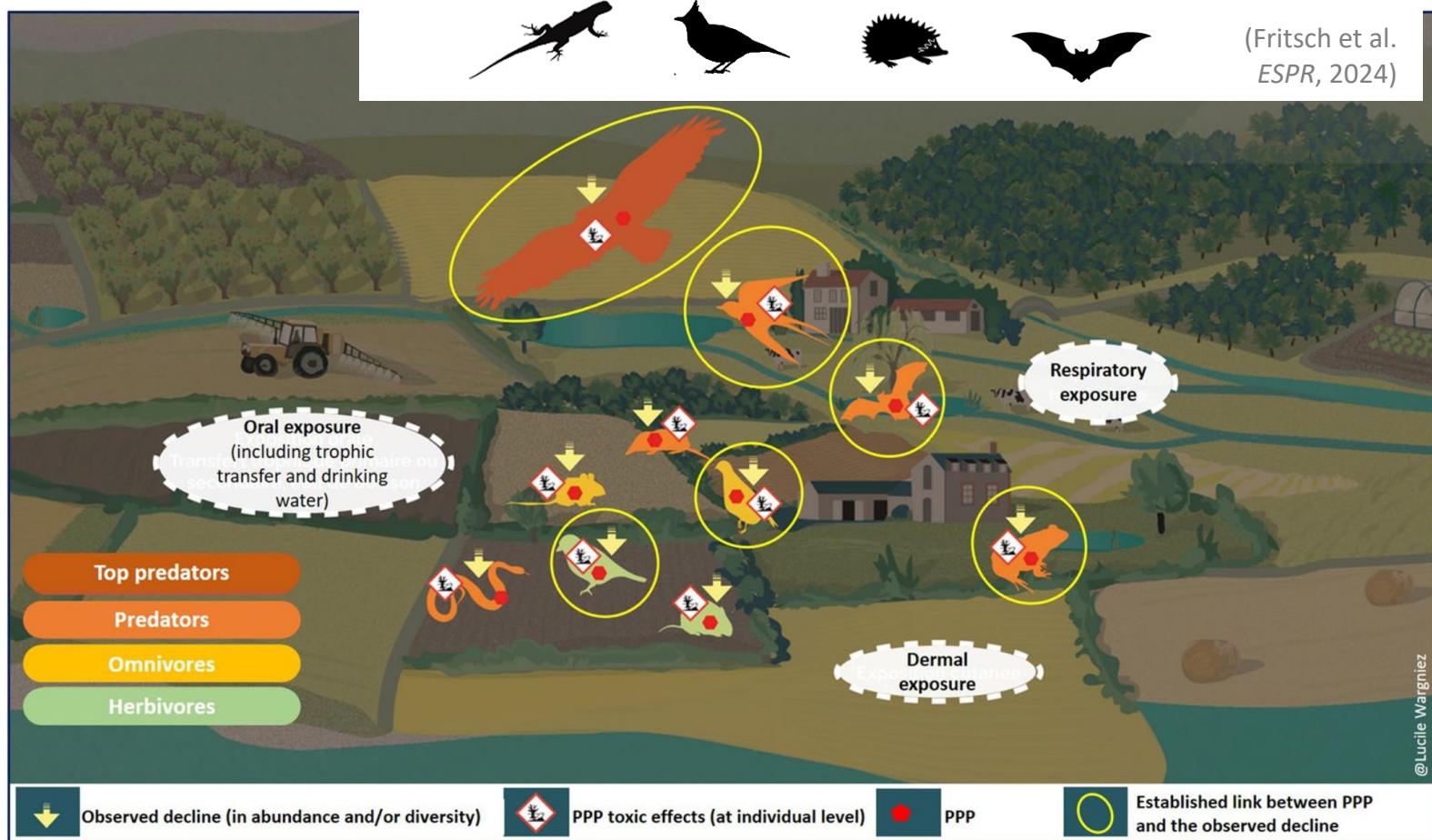
(Pesce et al, ESPR 2023)



Tendance effets des PPPs

- Neutre
- Fluctuant
- Bénéfique
- Négatif

(Fritsch et al.
ESPR, 2024)



Impact des PPP actuels sur la biodiversité?

Les PPP impactent la biodiversité ET le fonctionnement des écosystèmes

- Propagation des impacts : cascades trophiques et modifications des interactions (e.g. compétition)

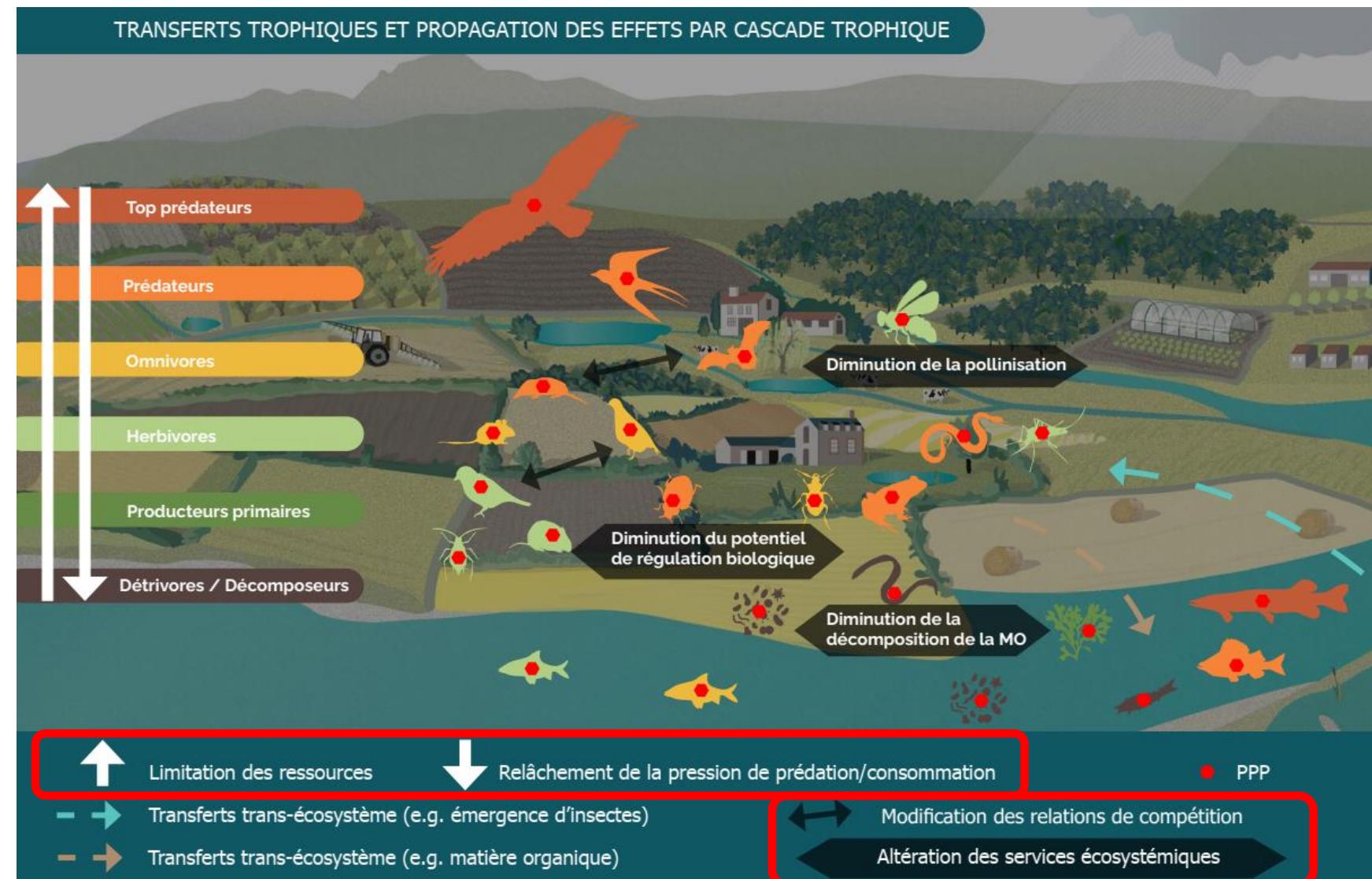
- Transfert dans les réseaux trophiques

- Transferts et propagation des effets biologiques trans-écosystèmes

Terrestre vers aquatique
Aquatique vers terrestre

- Impact sur les services écosystémiques

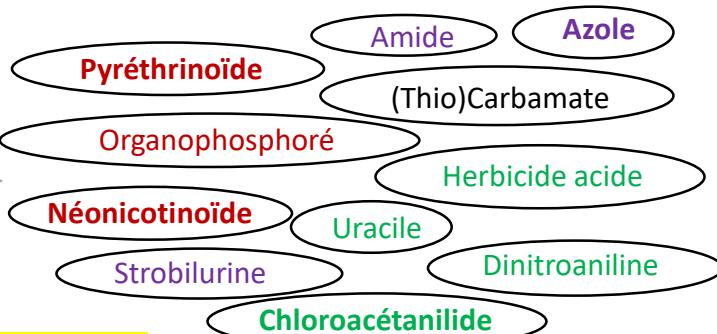
Dont des services essentiels à la production agricole



Des questionnements... Quels mécanismes? Des paradigmes à faire évoluer?



- Augmentation de l'exposition avec les quantités utilisées ≠ pptés des familles chimiques



- Les dépôts peuvent contribuer à la contamination de la couche arable
Cumul mars à novembre : jusqu'à 10 µg.m⁻² (*Pendiméthaline, S-métolachlore*)

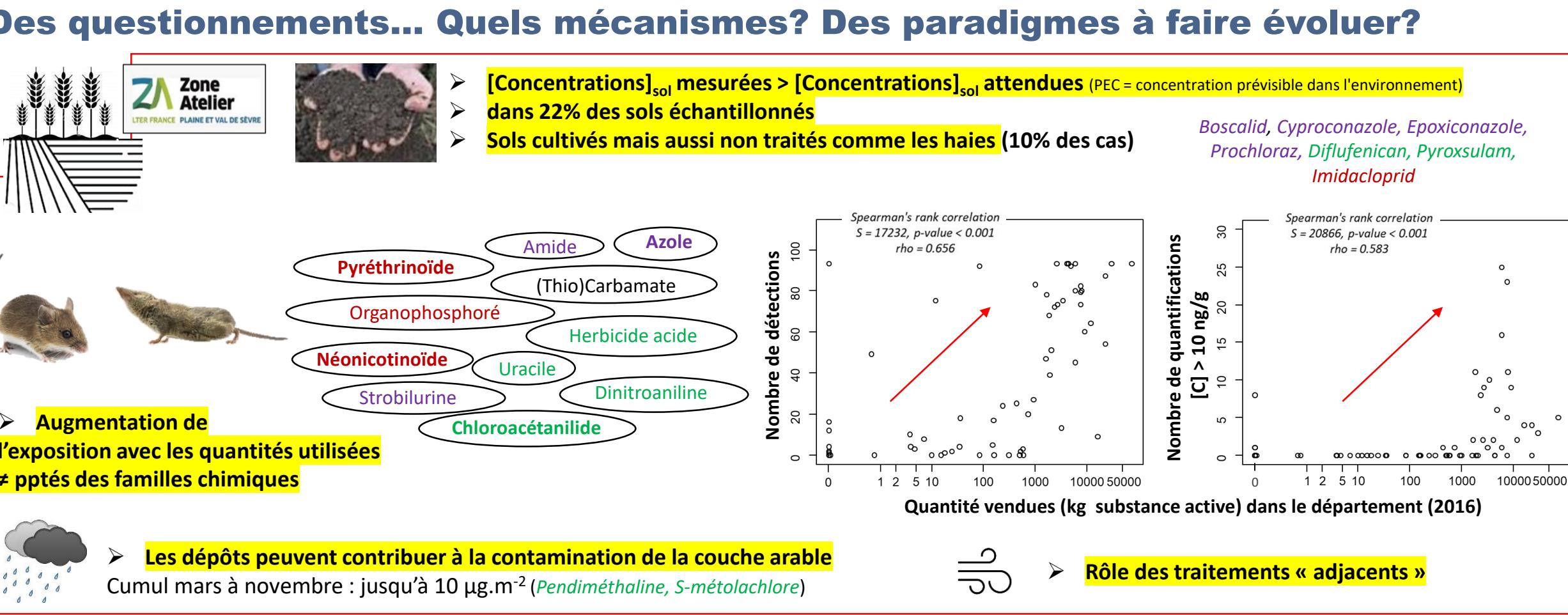
Processus de :

- Transfert & transport
- Persistance de certaines molécules + produits de transformation
- “Pseudo-persistance”

“Il semble que plusieurs pesticides actuels suivent le schéma des anciens pesticides organochlorés, par exemple la présence dans des zones éloignées ou la persistance pendant plus d'une décennie.”

(Hvězdová et al. STOTEN, 2018)

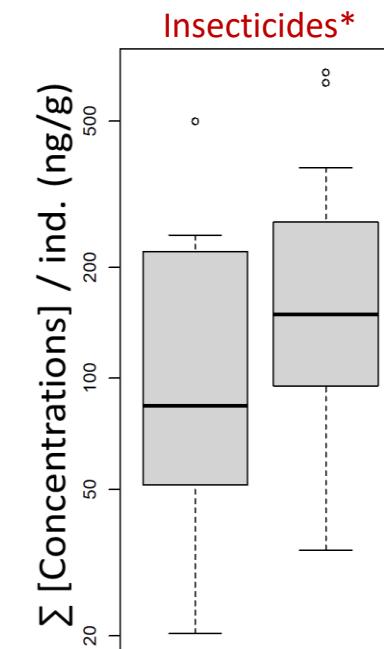
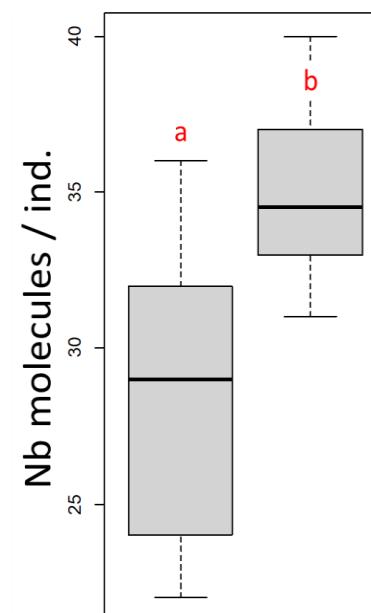
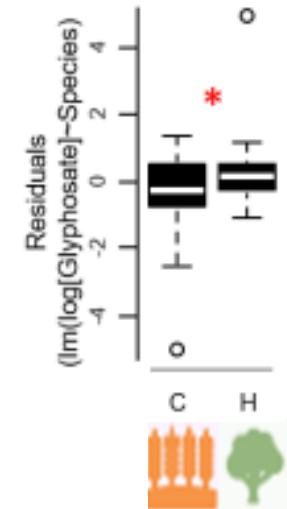
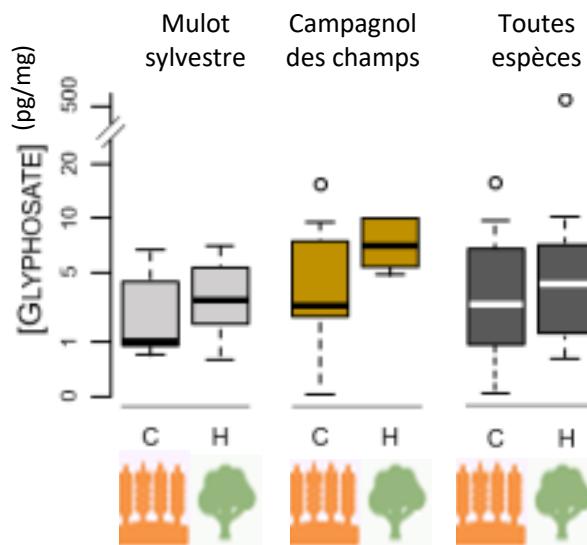
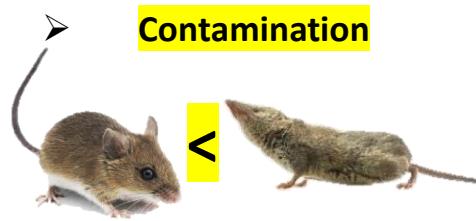
“Bien que la demi-vie des pesticides actuels soit généralement plus courte que celle des pesticides organochlorés, leur utilisation répétée peut entraîner leur accumulation progressive dans l'environnement, car leur dégradation est plus lente que leur introduction dans l'environnement.”



Des questionnements... Quels mécanismes? Des paradigmes à faire évoluer?

➤ Processus de :

- Bioamplification
- « Biowidening » ?



➤ Evaluation du risque :
Autres critères que le Kow et le
BCF pour évaluer le potentiel de
bioaccumulation et de
bioamplification dans les réseaux
trophiques terrestres ?

➤ Animaux capturés dans les haies [GLY] > ceux capturés dans les cultures

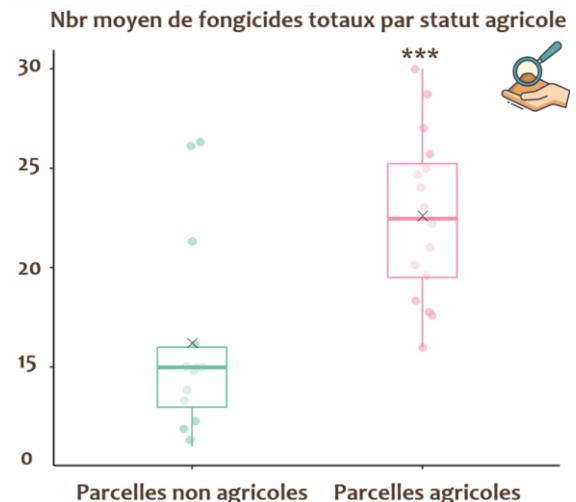
➤ Voies d'exposition?

Des questionnements... Quels mécanismes? Des paradigmes à faire évoluer?

- Exposition généralisée de la faune
- Bioaccumulation et transfert dans les réseaux trophiques



- Contamination omniprésente
- Mélanges de pesticides
- A l'échelle de toute la mosaïque paysagère



➤ Infrastructures agroécologiques : moins de contamination mais selon les compartiments

➤ Zones refuges ?

- Importance des infrastructures agroécologiques (haies, prairies, AB)
- Les surfaces agroécologiques actuelles sont insuffisantes pour tamponner l'exposition des animaux de niveaux trophiques supérieurs / des animaux à « grand » domaine vital
- Pertinence des méthodes d'évaluation des risques? Efficacité de la réglementation actuelle et des schémas agroécologiques pour limiter les effets non intentionnels ?

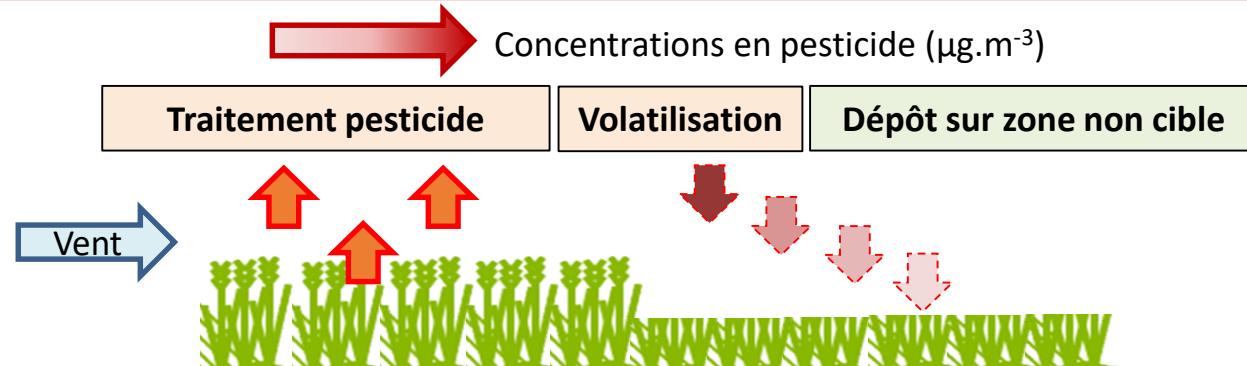


Rôle des infrastructures agro-écologiques dans le paysage

Modélisation du dépôt atmosphérique des pesticides

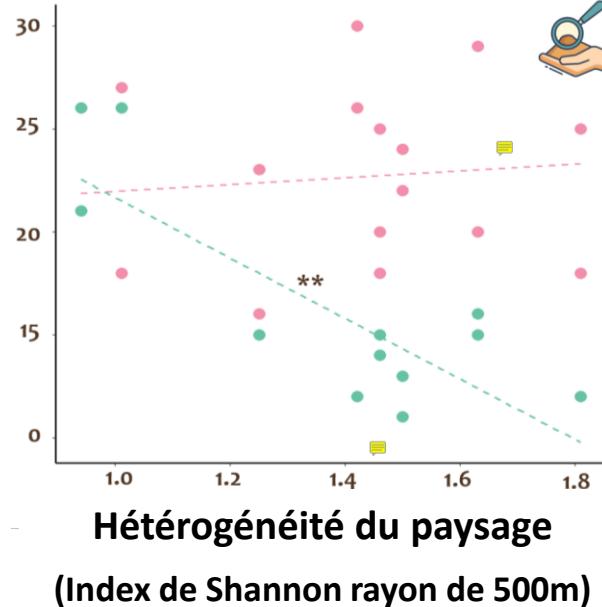
INRAE EcoSys
la science pour la vie, l'humain, la terre

Thetis +
Moddas
Volt'Air Veg

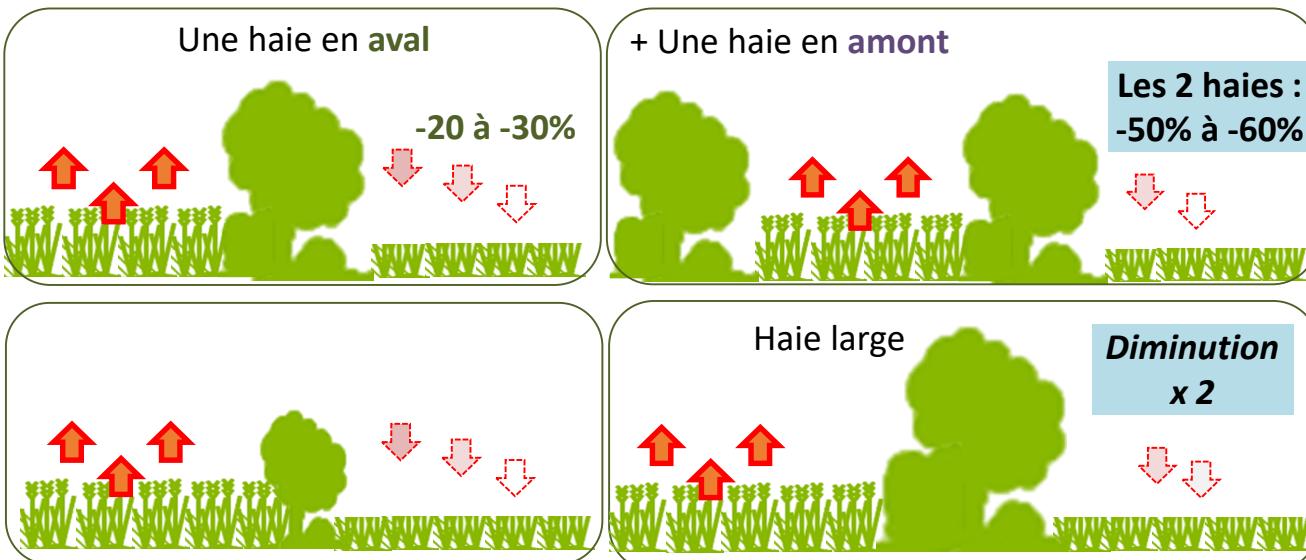


- Diminution des dépôts sur les zones non-cibles adjacentes
- Localisation en aval et/ou en amont des parcelles traitée
- + de haies = + de diminution

Nombre de pesticides dans le sol



- Diminution de la contamination du sol des parcelles non agricole avec l'augmentation de la diversité des habitats dans le paysage



- Diminution des concentrations dans l'air fonction de l'épaisseur de la haie : + large et haute = plus efficace

(Index de Shannon rayon de 500m)

- Les haies et l'hétérogénéité paysagère diminuent la contamination

Conclusions

- Des impacts non-intentionnels indésirables sur la biodiversité et les services écosystémiques avérés
- Des lacunes cruciales dans les connaissances et nécessité de développer de nouveaux paradigmes : voies d'exposition, processus de transfert et impacts écologiques

Réponses directes inattendues et effets indirects (métabolisme, maladies, agents pathogènes, microbiote)

Mélanges : effets cocktail, éco-exposome

Exposition trophique mais aussi autres voies d'exposition

Transfert et effets dans les réseaux trophiques

Les interactions avec le paysage

→ Nécessité de prendre en compte les impacts, les leviers et la gestion à l'échelle du paysage

→ Nécessité de prendre en compte les contextes de stress multiples : les pesticides ne sont pas les seuls contaminants, les contaminants ne sont pas les seuls facteurs de stress.

frontiers
in Environmental Science

OPINION
published: 31 October 2019
doi: 10.3389/fenvs.2019.00177

Biodiversity Decline as a Consequence of an Inappropriate Environmental Risk Assessment of Pesticides

Carsten A. Brühl^{1*} and Johann G. Zaller²



AGRICULTURE AND ENVIRONMENT
Overhaul environmental risk assessment for pesticides
Align regulation with environmental reality and policy

By C. J. Topping¹, A. Aldrich², P. Berny³
| stressors that have intensified in recent years such as climate change, habitat loss,

Merci de votre attention



Remerciements

Soutiens financiers des projets de recherche



Les pilotes et collègues
de l'expertise
scientifique collective



Tous les participant.e.s aux projets RESCAPE, Twin Fields, PING, INEXXS, MixTox, PEPSAN



LUXEMBOURG
INSTITUTE
OF HEALTH
RESEARCH DEDICATED TO LIFE



DIPEE Bourgogne Franche-Comté

Le DIPEE BFC et le comité
d'organisation de la
journée SEEB 2025

Arc-et-Senans – 20/05/2025

(Ré-)Concilier
production, biodiversité
et enjeux
environnementaux dans
les agrosystèmes :
pratiques, impacts et
leviers d'actions

Semaine Écologie Environnement Biodiversité 2025
Agroécologie et biodiversité

