



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

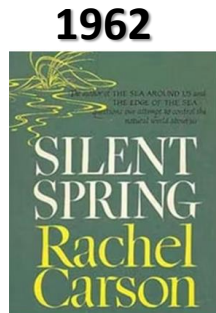
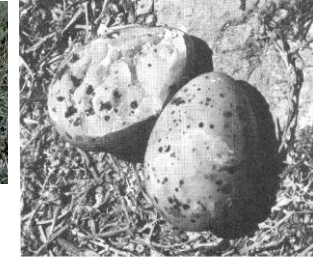
Intensification agricole : l'avènement de l'agrochimie

1930-1940

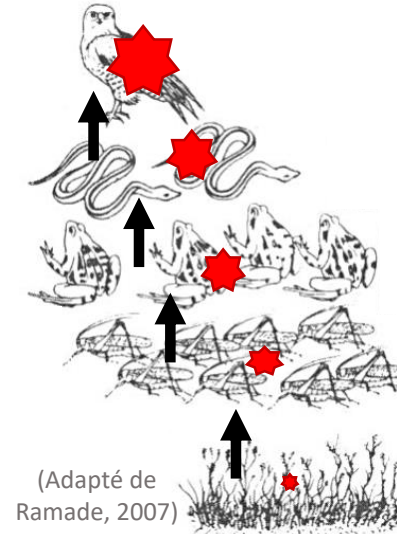
Avènement des pesticides de synthèse
Produits phytopharmaceutiques (PPPs)

■ Des effets non-intentionnels

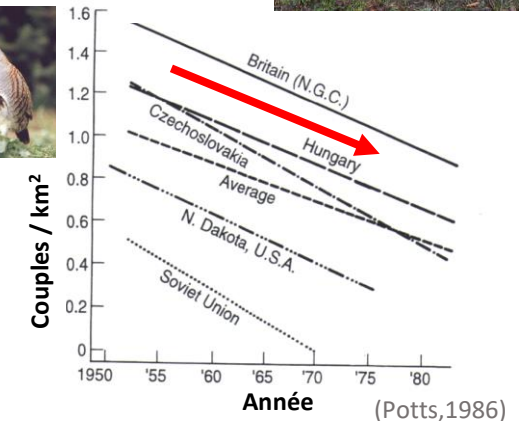
[...] dès l'avènement des pesticides de synthèse et leur utilisation croissante au champ (Rattner, 2009).



1962



(Adapté de Ramade, 2007)



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)

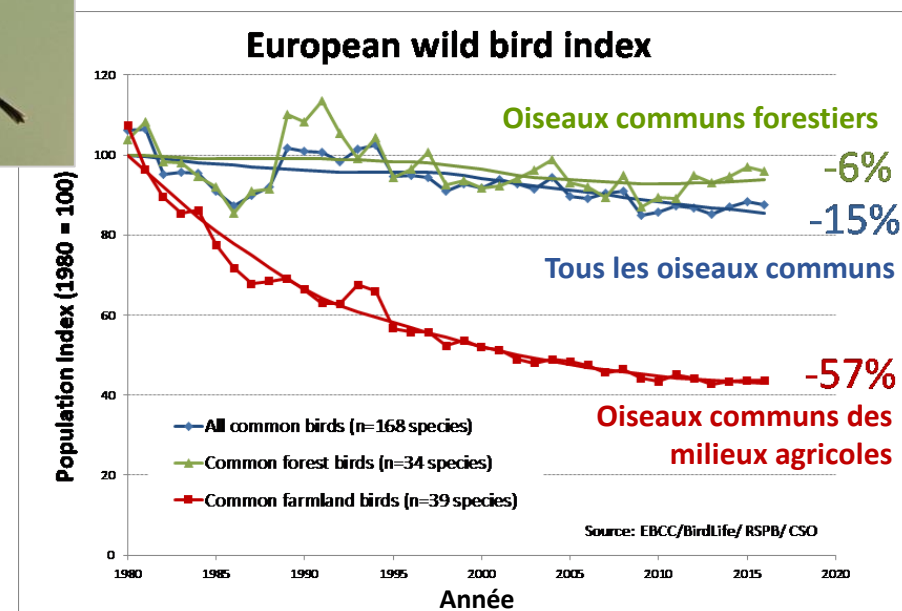


- **Nouvelles générations de PPPs conçus pour être « plus sûrs »** : moins persistants, moins bioaccumulables, plus spécifiques à leur cible
- **Mesures de gestion et précautions** : conditions de traitement, formations, matériels, retraits de mises sur le marché
- **Le problème a été considéré comme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

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

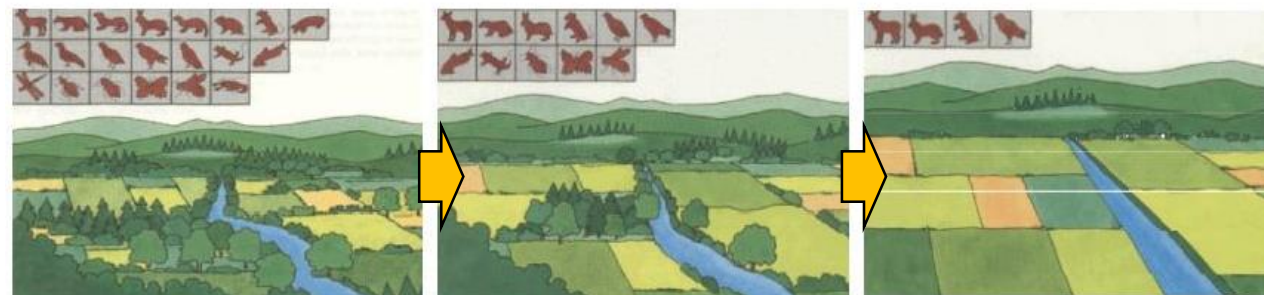
Erosion de la biodiversité : rôle des pratiques agricoles ?

- 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

CHRONO
ENVIRONNEMENT

PING

INRA SMaCH

Gestion durable de la santé des cultures

INRAE

INEXSS

UFC
UNIVERSITÉ
DE FRANCHE-COMTÉ



ZA Zone
Atelier
LTER FRANCE ARC JURASSIEN

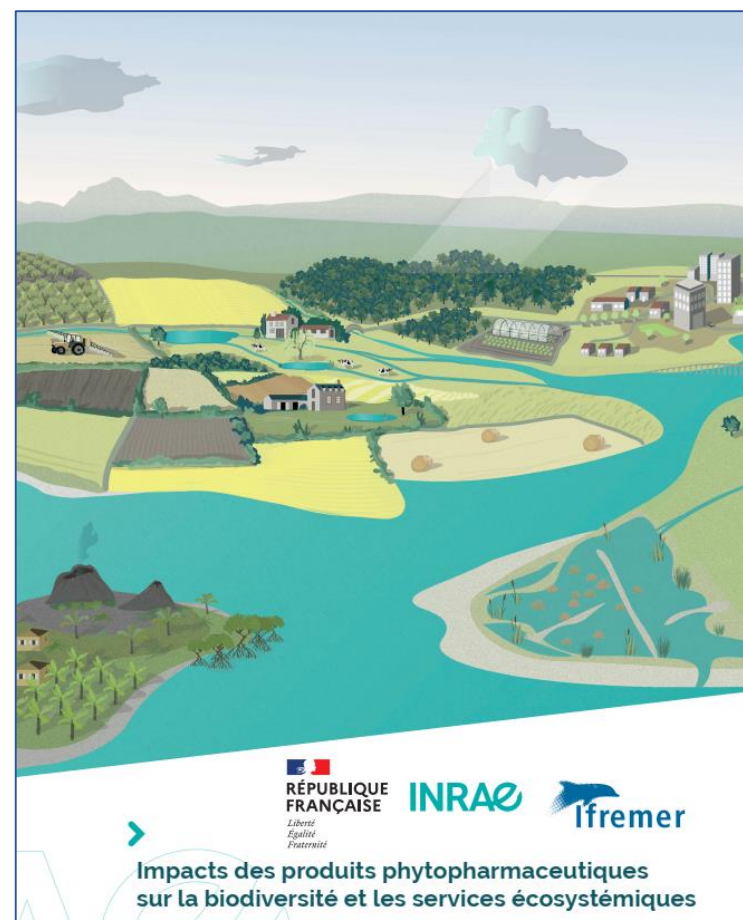
RECOTO

“Twin Fields” & “MixTox”



ADEME
AGENCE DE LA
TRANSITION
ÉCOLOGIQUE

➤ Illustration cas concrets



MITI
CNRS

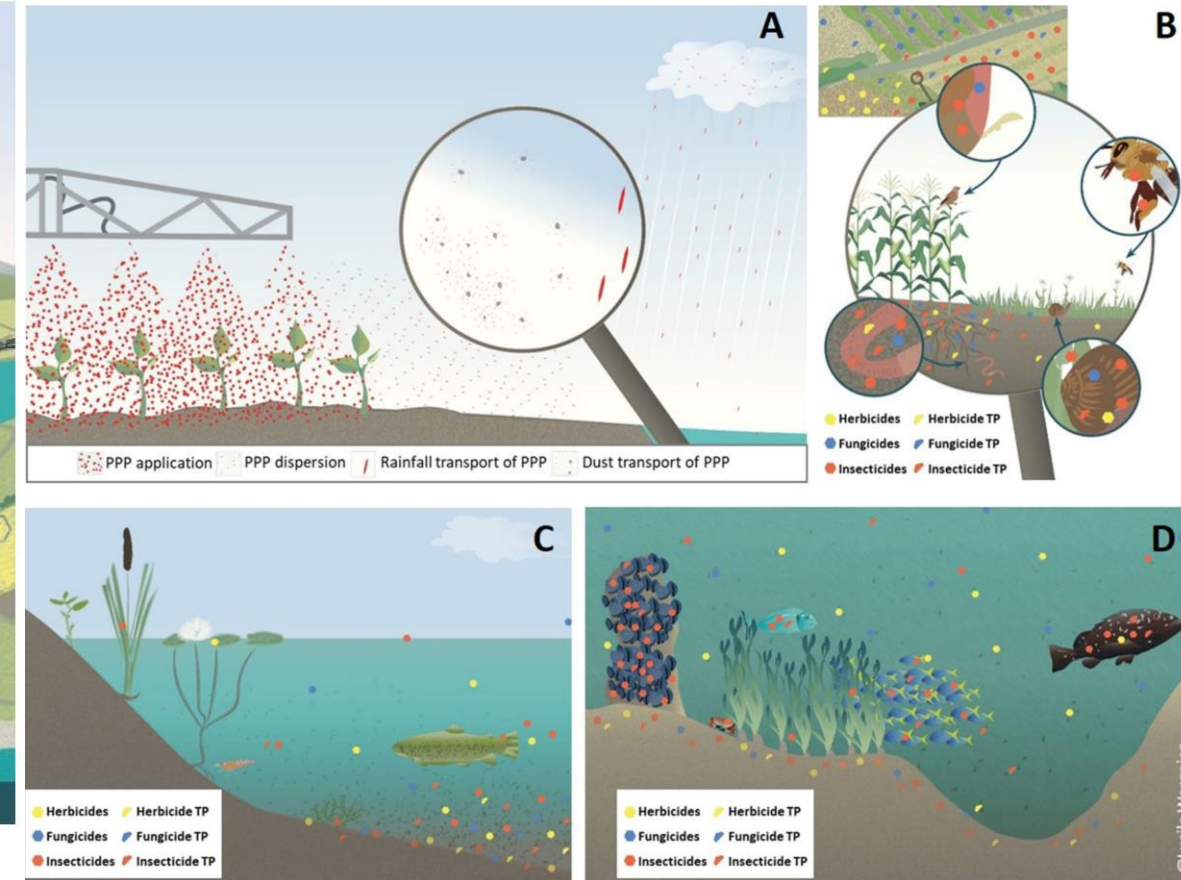


Impact des PPP actuels sur la biodiversité?

Les PPP contaminent toutes les matrices environnementales et le biote



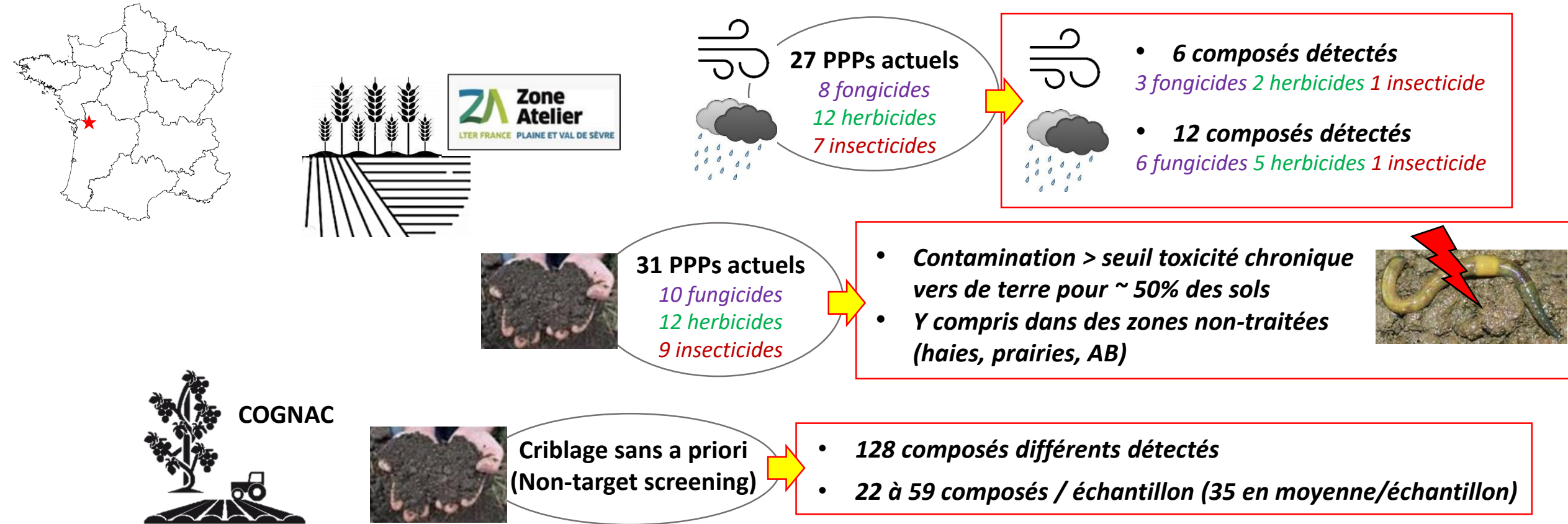
- Tous types de composés fongicides, herbicides, insecticides de différentes familles chimiques
- Molécules mères et produits de transformation (TP)
- Terres cultivées et continuum terre-mer



- Processus de :

- Dérive
- Volatilisation
- Dépôt humide et sec
- Infiltration et ruissellement
- Transfert trophique

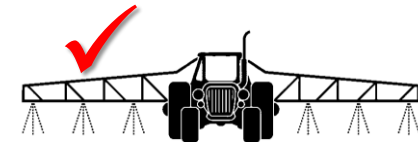
Les PPP contaminent toutes les matrices environnementales et le biote



➤ Contamination généralisée par des mélanges de pesticides FONGICIDES, HERBICIDES & INSECTICIDES FAMILLES CHIMIQUES VARIÉES

➤ A l'échelle de toute la mosaïque paysagère

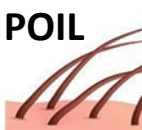
➤ Globalement plus faible en habitat non-traité



Les PPP contaminent toutes les matrices environnementales et le biote



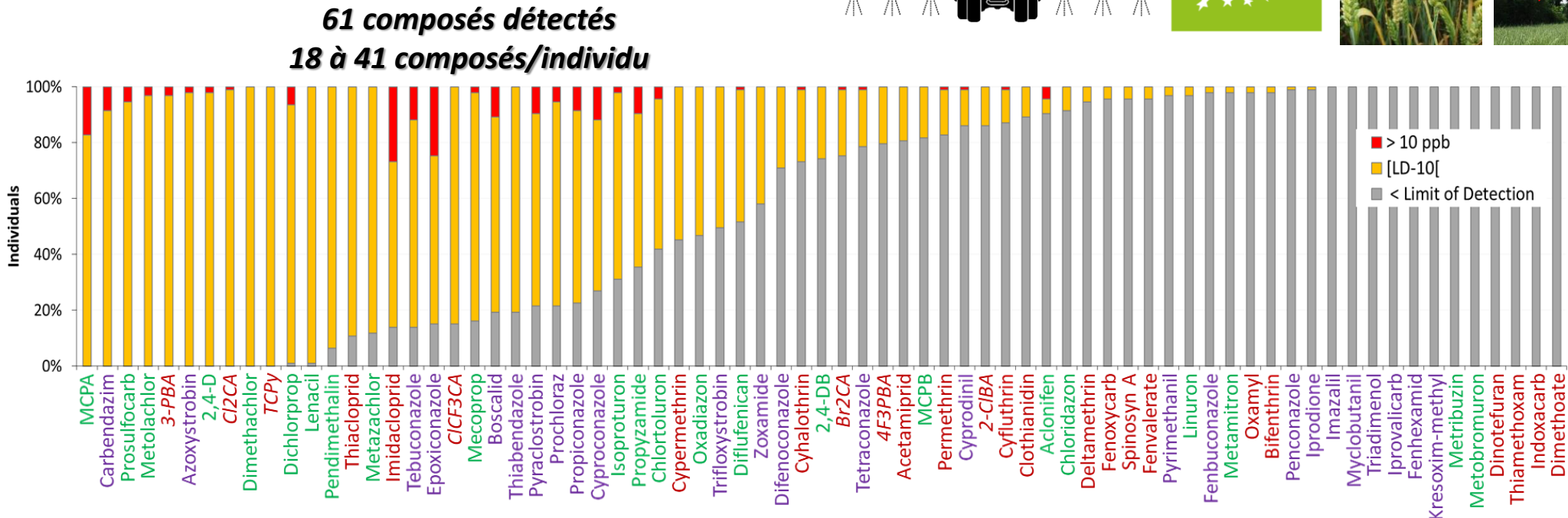
Mulot *Apodemus*
Omnivore/granivore



Musaraigne *Crocidura*
Insectivore

66 PPPs actuels
(73 : molécules mères + métabolites)
25 fongicides 23 herbicides 25 insecticides

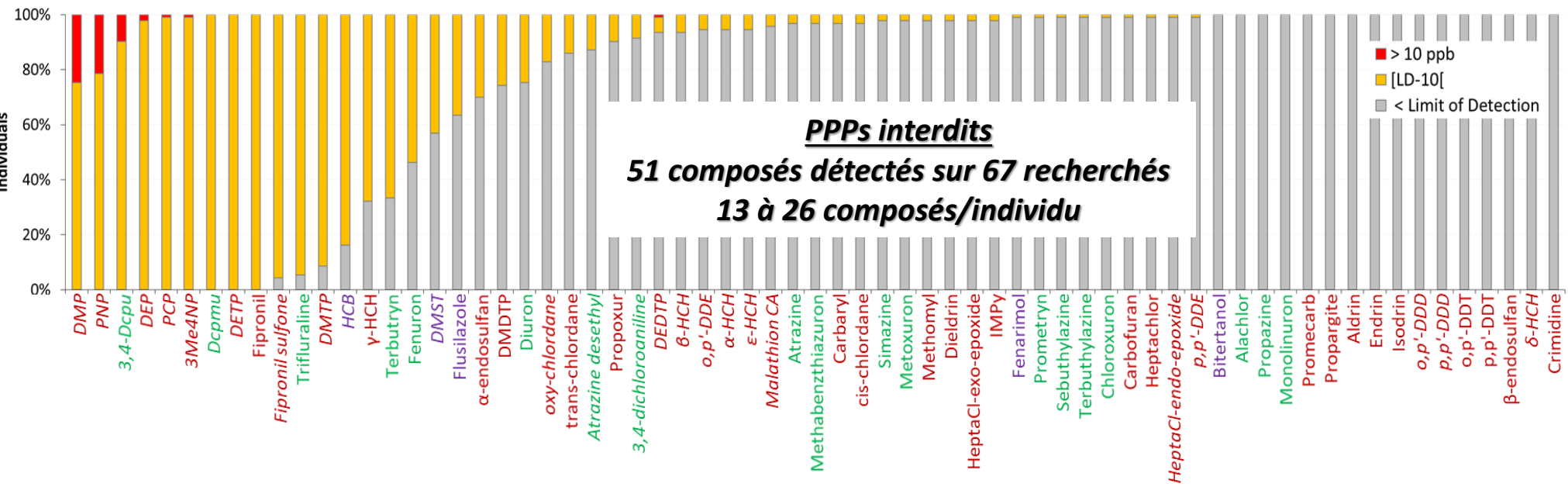
- Exposition systématique
- Un grand nombre de molécules différentes



FONGICIDES, HERBICIDES
& INSECTICIDES

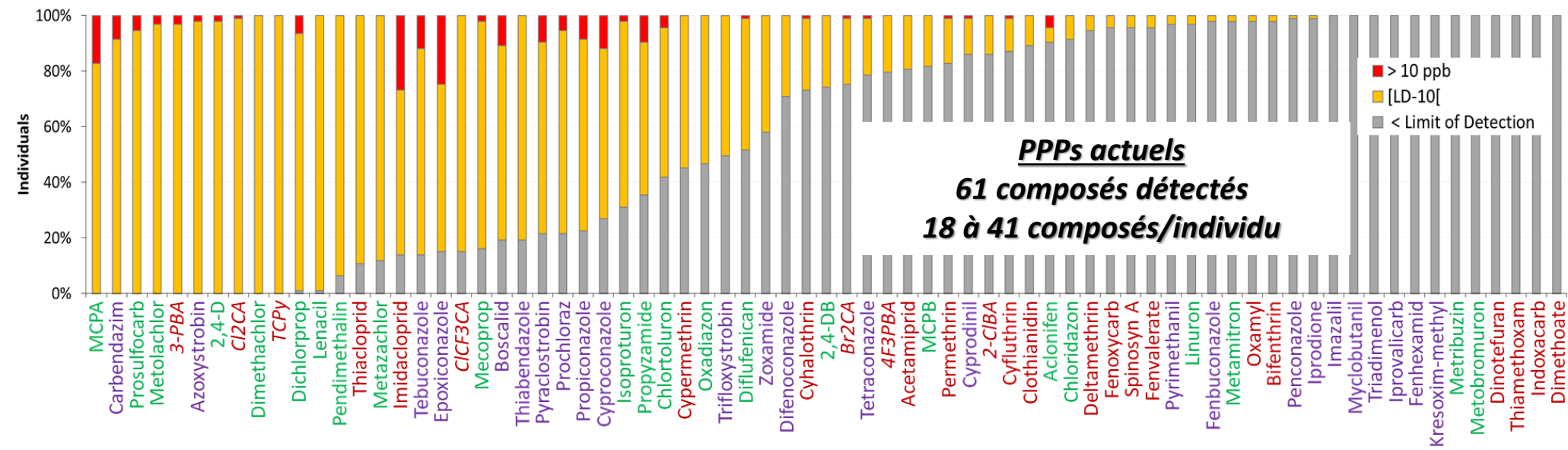
FAMILLES
CHIMIQUES VARIÉES

Les PPP contaminent toutes les matrices environnementales et le biote

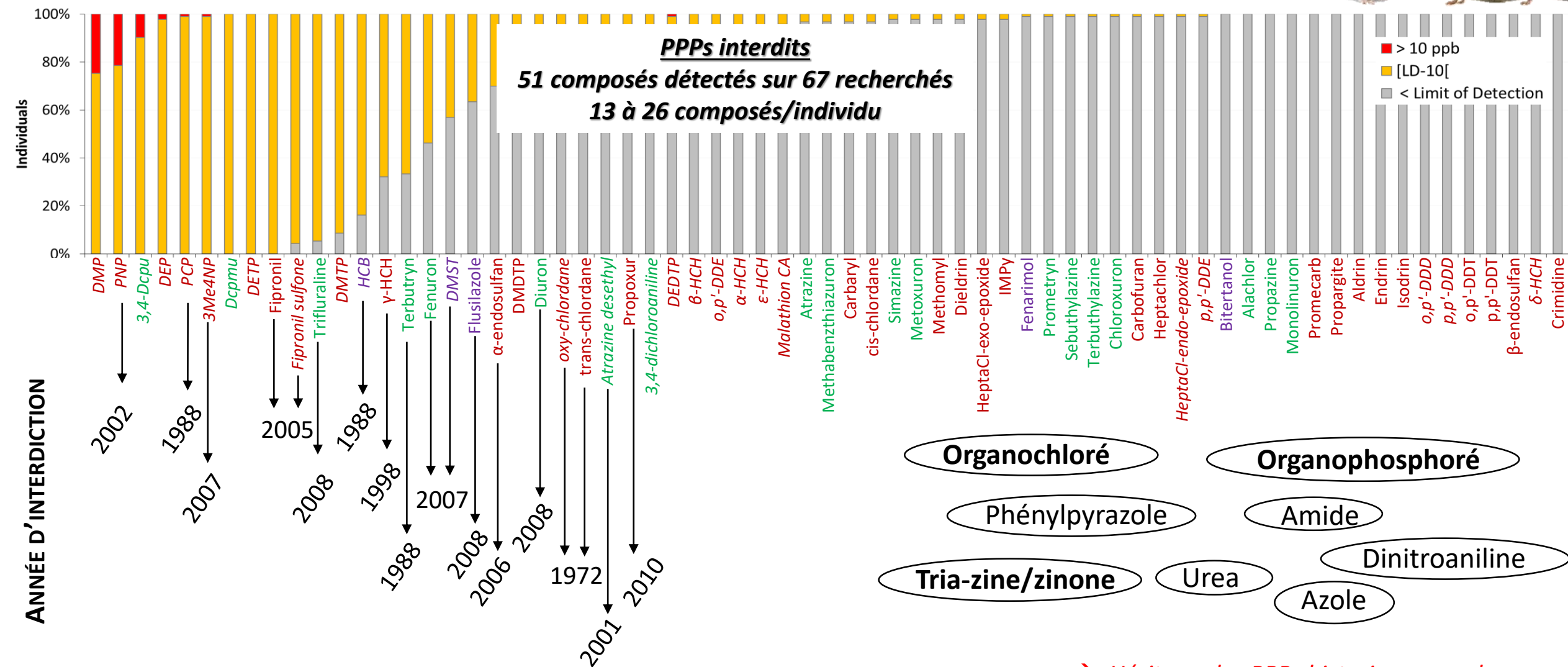


➤ Exposition à des mélanges de pesticides actuels ... et interdits

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

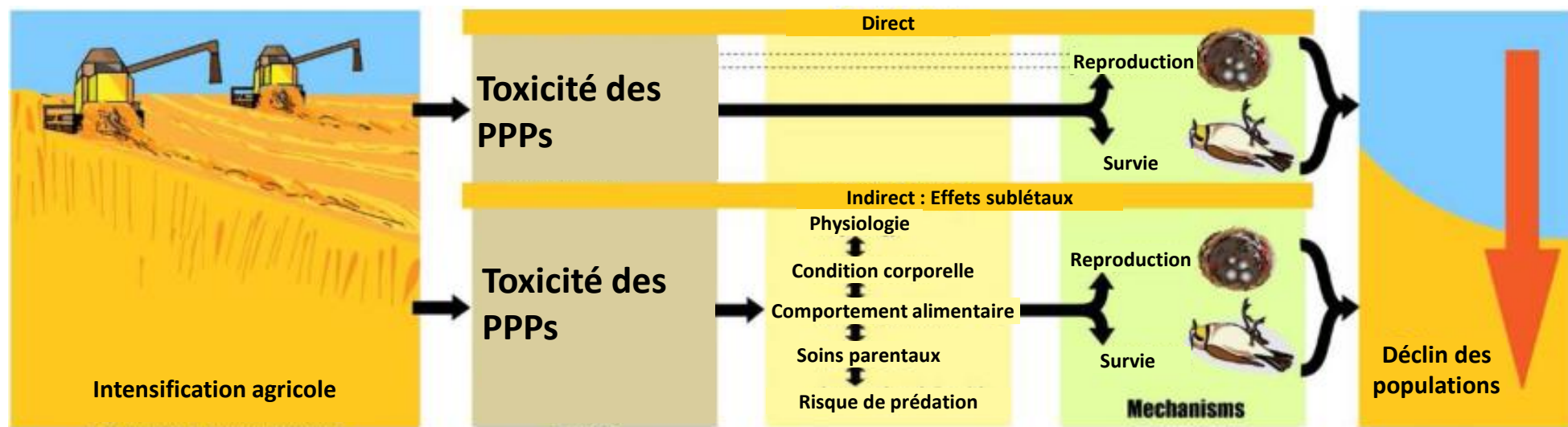
Impact des PPP actuels sur la biodiversité?

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 aiguës

- 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 aiguë aux impacts sublétaux



Ecotoxicité en laboratoire



Tests standardisés (ISO)

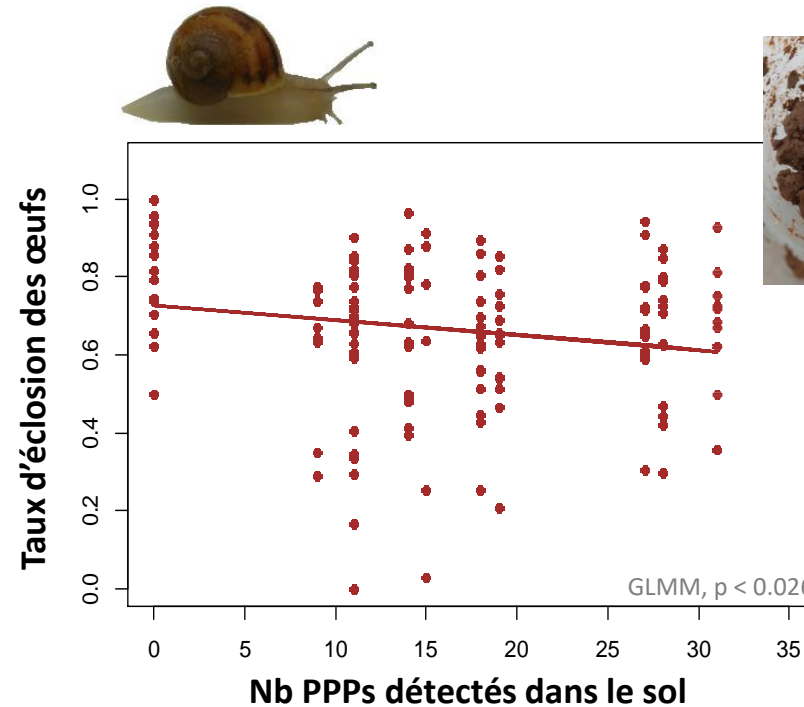
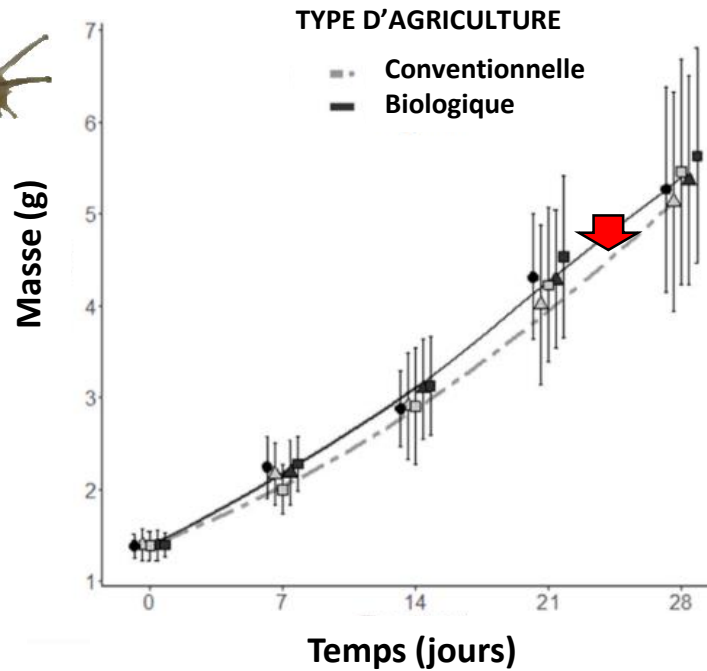
Organismes exposés durant plusieurs semaines



➤ 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 aiguë aux impacts sublétaux



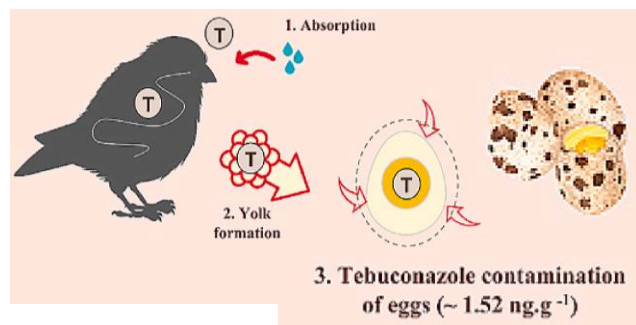
Tébuconazole : fongicide, famille des triazoles, très utilisé

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

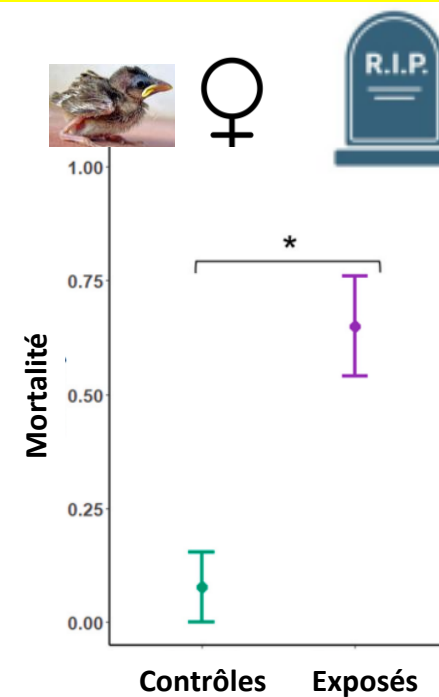
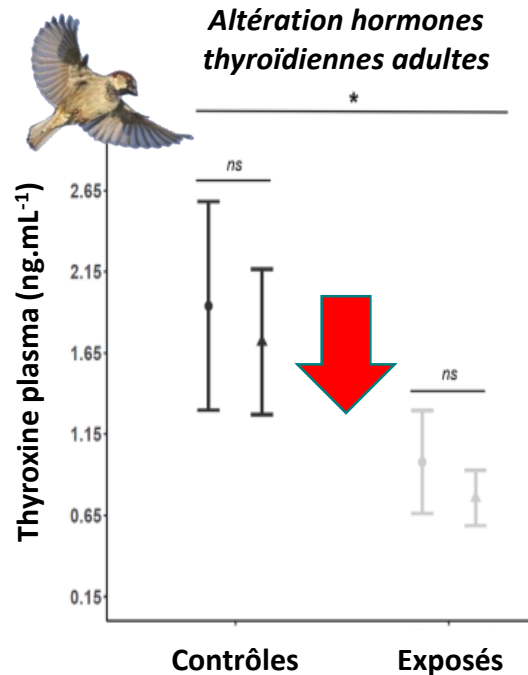
Via l'eau de boisson

➤ 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

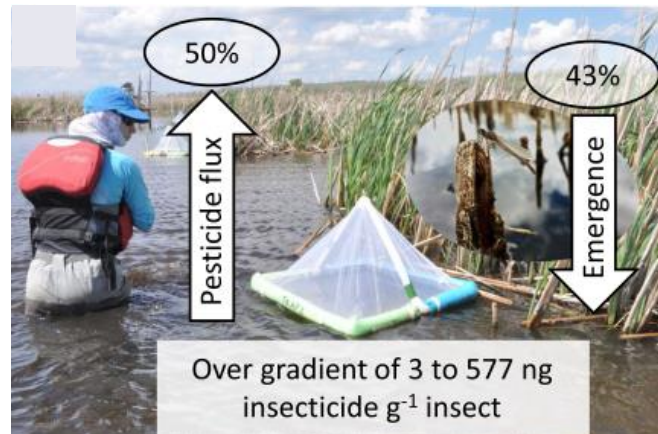
Impact des PPP actuels sur la biodiversité?

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

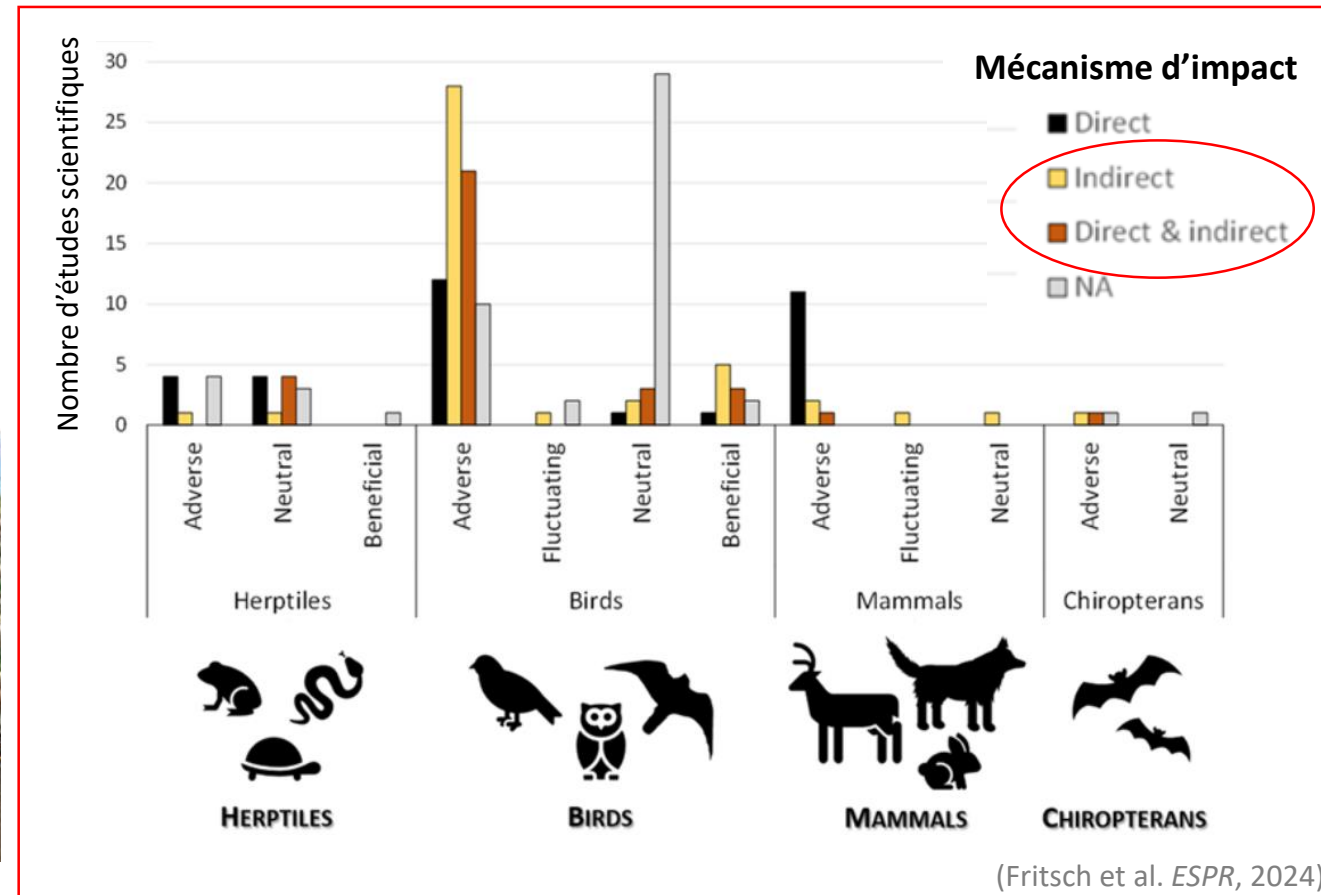
■ Rôle important des effets indirects

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

- Diminution de la **quantité ET de la qualité**
- **Graines et insectes**



(Kraus et al. *Env Tox*, 2021)

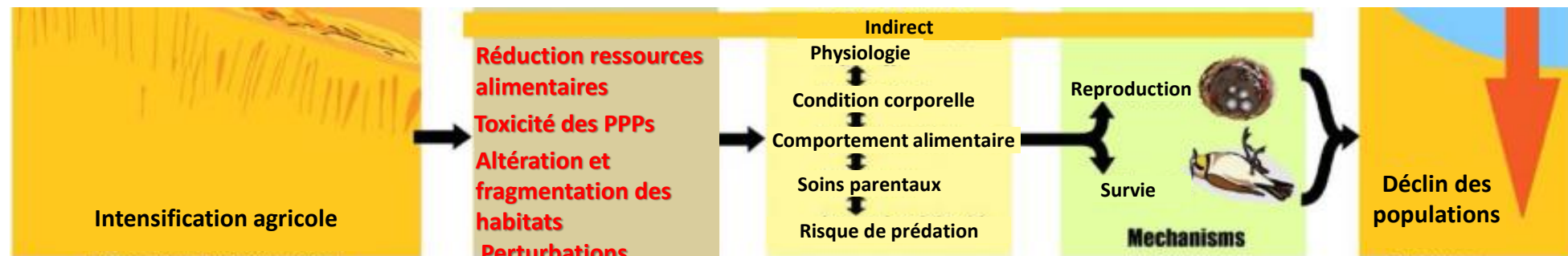


(Fritsch et al. *ESPR*, 2024)

- 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



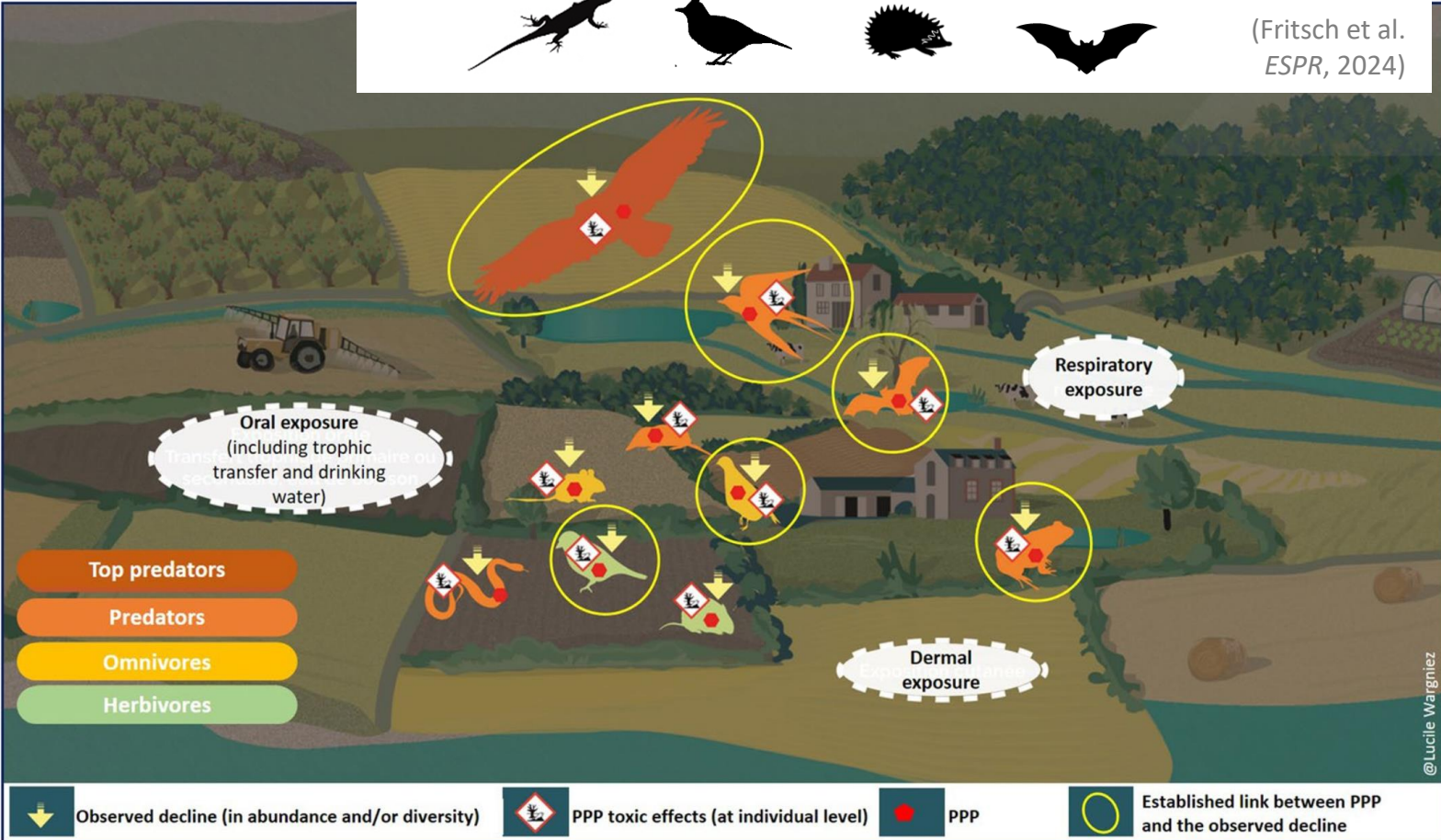
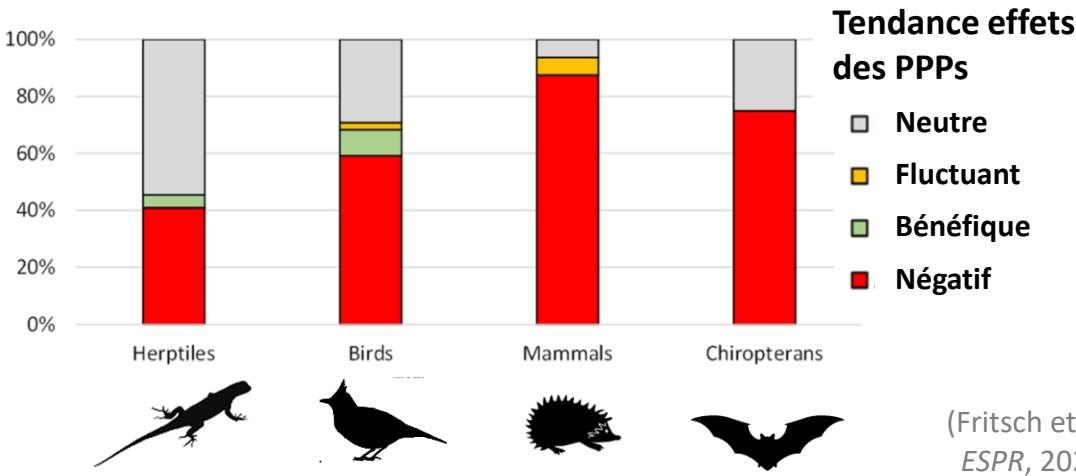
➤ Rôle présumé dans le déclin

- Amphibiens et chiroptères



➤ Pour les autres taxons, manques de connaissances

(Pesce et al, *ESPR* 2023)



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)

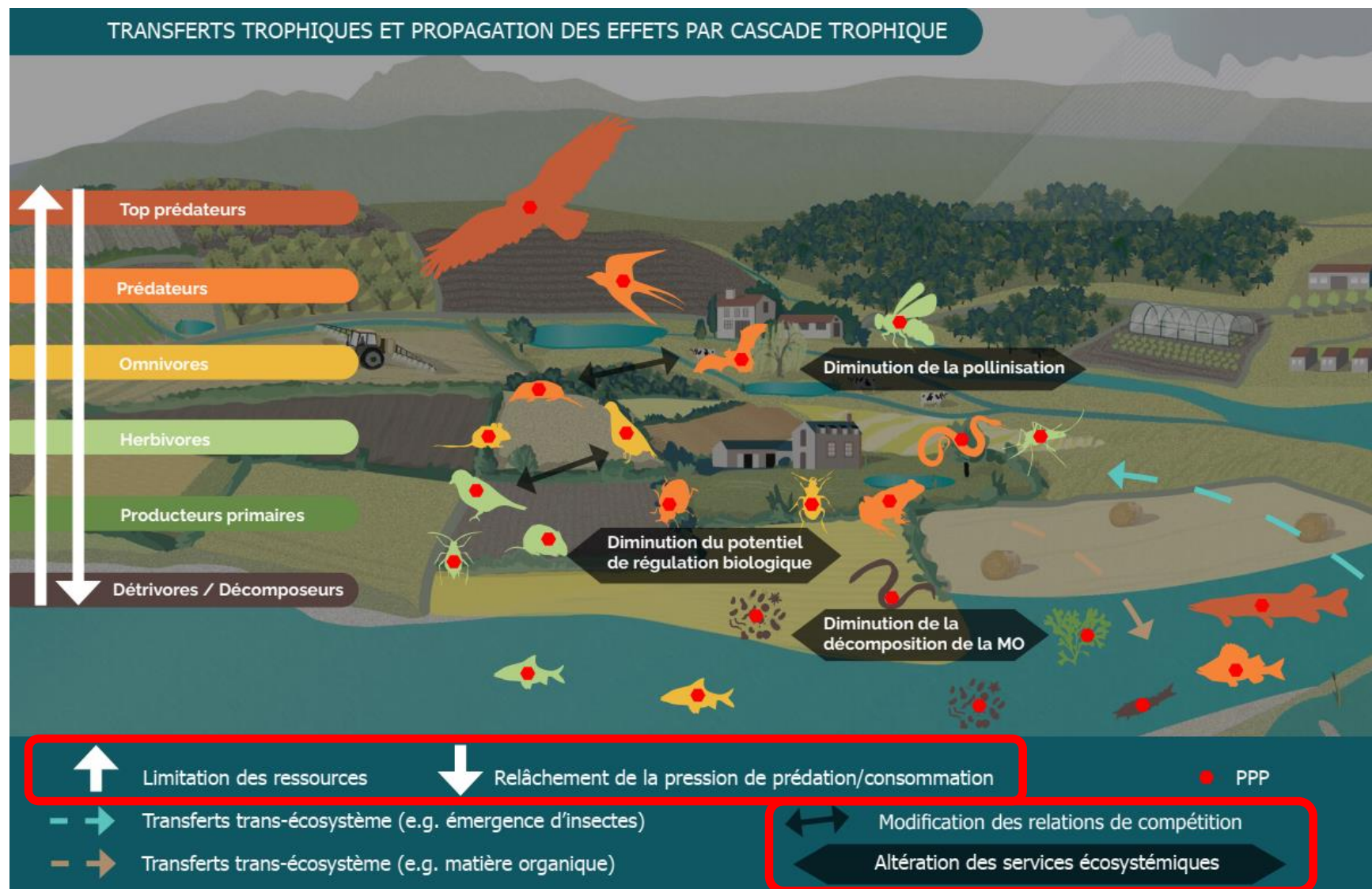
➤ Transfert dans les réseaux trophiques

➤ 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

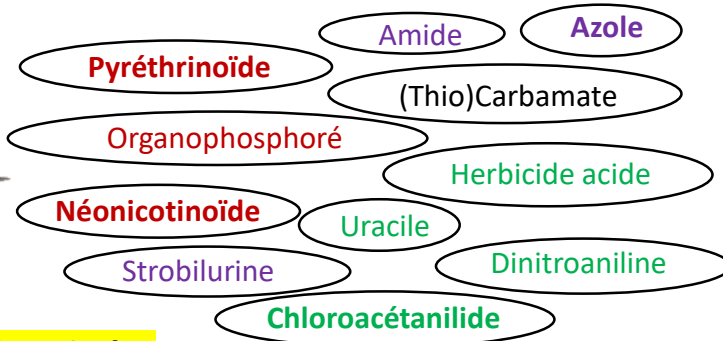


Des questionnements... Quels mécanismes? Des paradigmes à faire évoluer?



- **[Concentrations]_{sol} mesurées > [Concentrations]_{sol} attendues** (PEC = concentration prévisible dans l'environnement)
- **dans 22% des sols échantillonnés**
- **Sols cultivés mais aussi non traités comme les haies (10% des cas)**

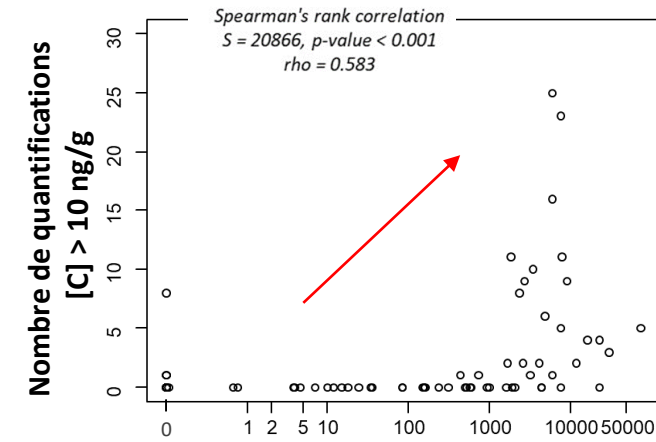
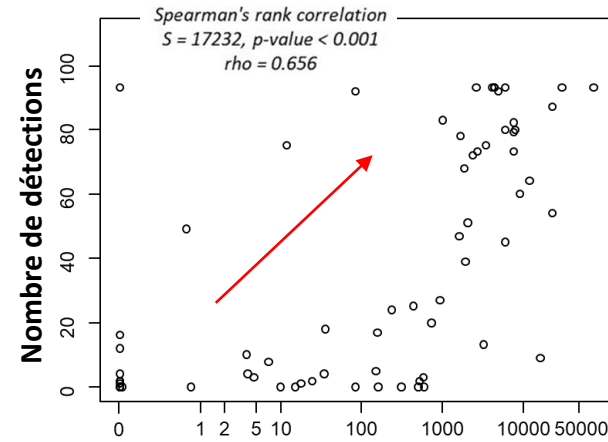
Boscalid, Cyproconazole, Epoxiconazole, Prochloraz, Diflufenican, Pyroxsulam, Imidacloprid



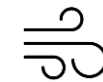
- **Augmentation de l'exposition avec les quantités utilisées**
- ≠ pptés des familles chimiques**



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



Quantité vendues (kg substance active) dans le département (2016)



- **Rôle des traitements « adjacents »**

➤ **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.”

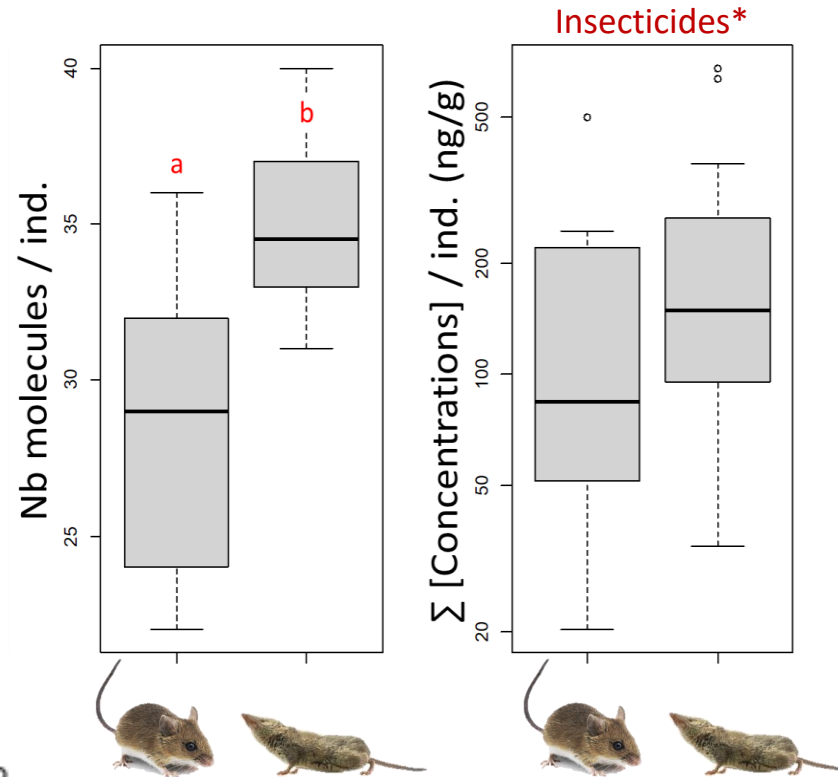
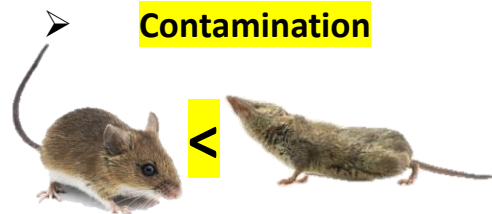
(Hvězdová et al. STOTEN, 2018)

“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.”

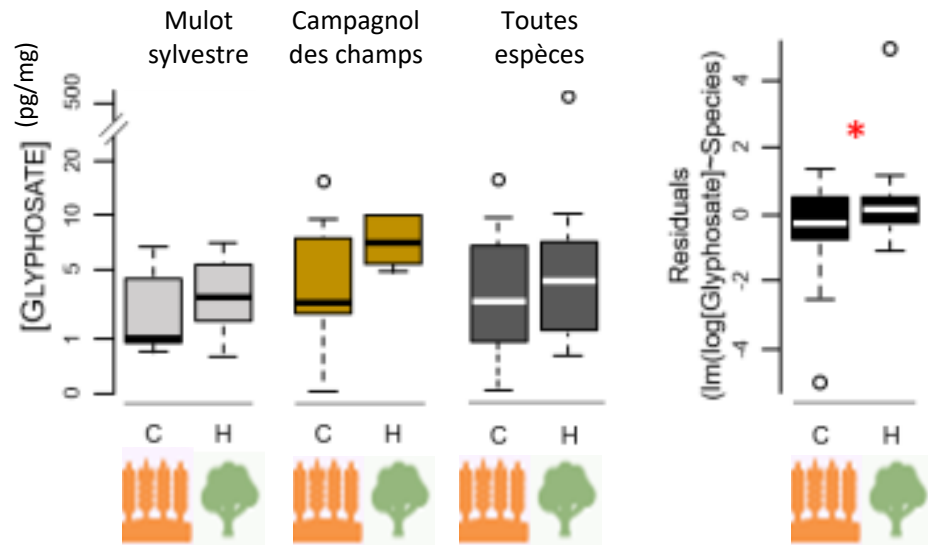
Des questionnements... Quels mécanismes? Des paradigmes à faire évoluer?

➤ 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 ?

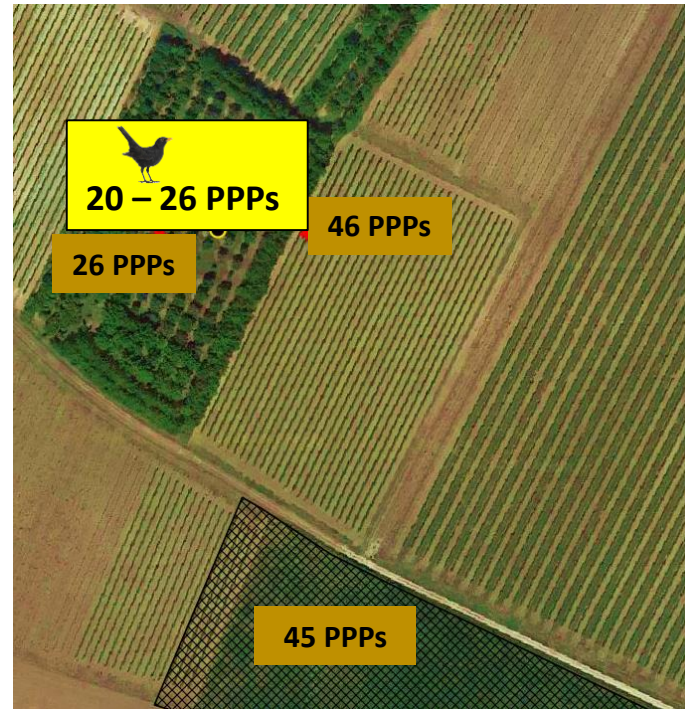
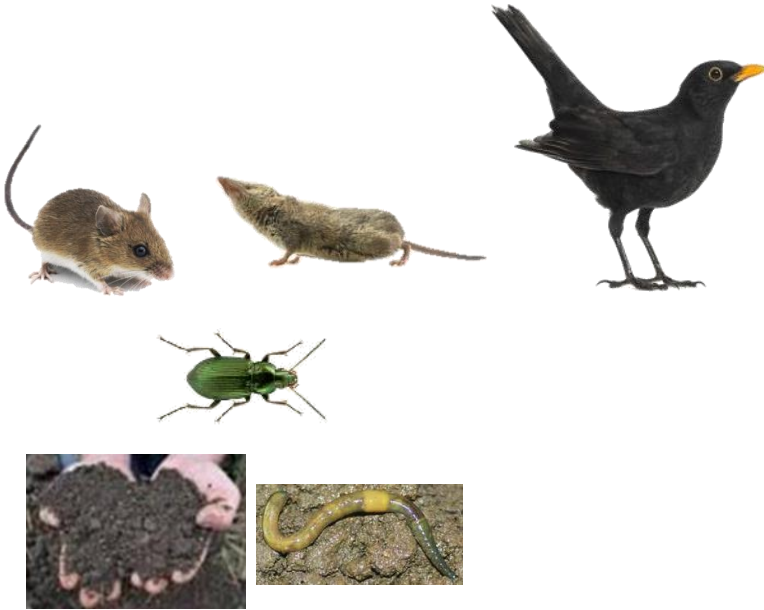


➤ Animaux capturés dans les haies [GLY] > ceux capturés dans les cultures

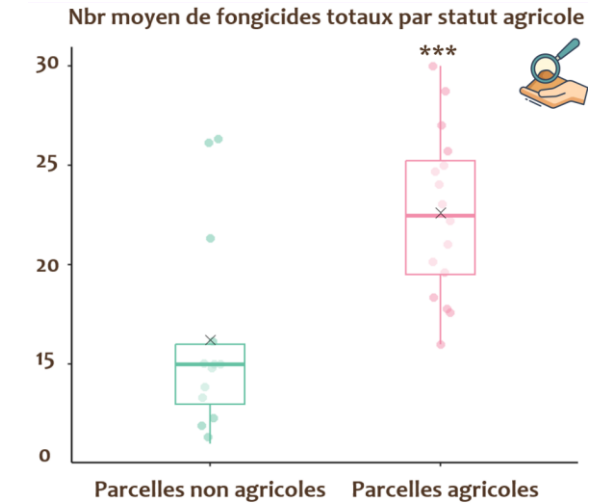
➤ Voies d'exposition?

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

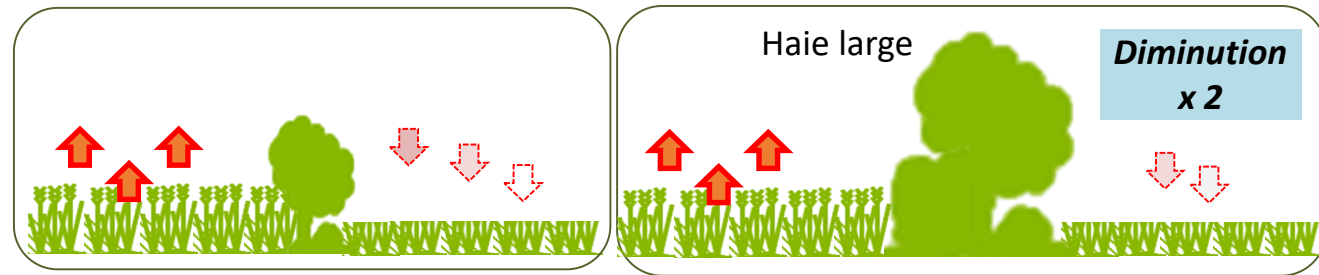
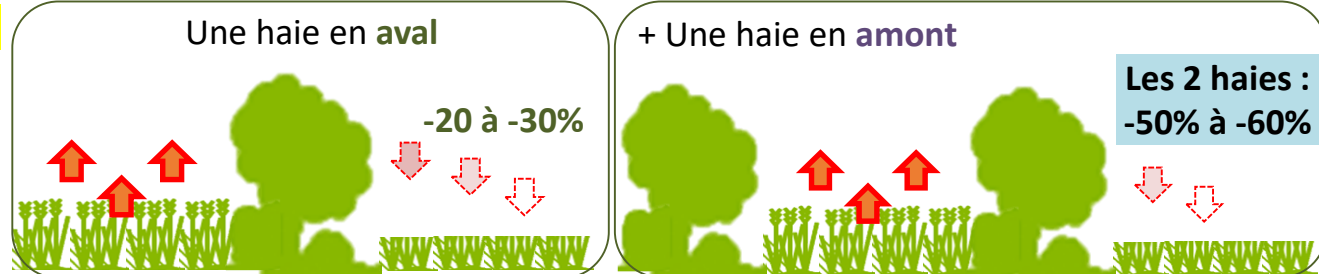
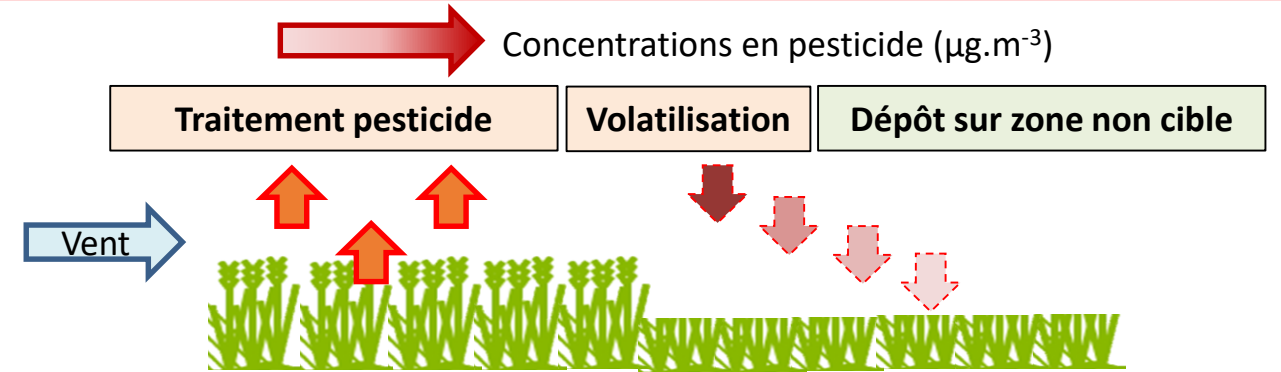
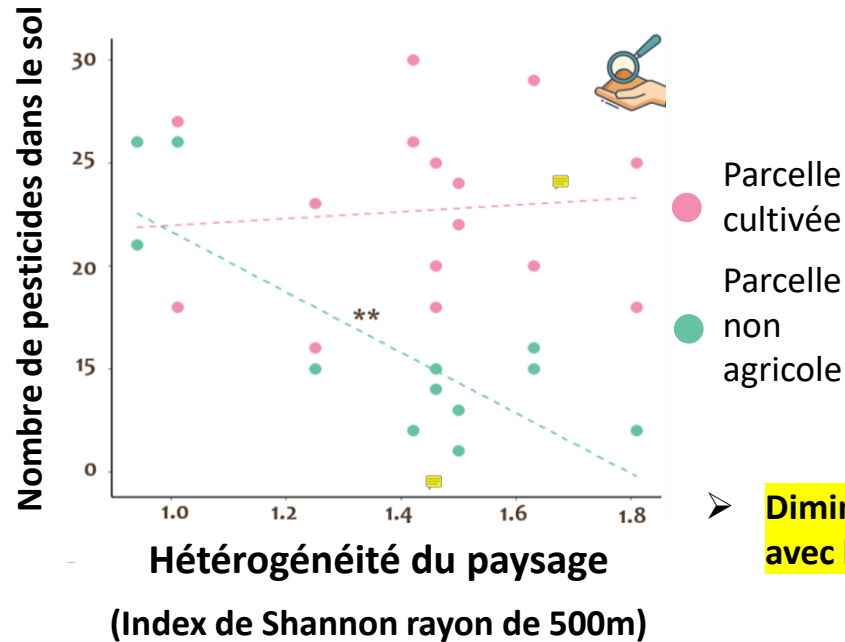
Modélisation du dépôt atmosphérique des pesticides

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 traitées
- + de haies = + de diminution



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

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

- 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.



Merci de votre attention



Remerciements

Soutiens financiers des projets de recherche



Plateforme
LCE



Les pilotes et collègues
de l'expertise
scientifique collective



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



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

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

Semaine Écologie Environnement Biodiversité 2025
Agroécologie et biodiversité

