HAL open science

L'expertise scientifique collective INRAE/Ifremer : Impacts des produits phytopharmaceutiques sur la biodiversité et les services écosystémiques

Christian Mougin, Laure Mamy, Stéphane Pesce, Wilfried Sanchez, Sophie Leenhardt

To cite this version:

Christian Mougin, Laure Mamy, Stéphane Pesce, Wilfried Sanchez, Sophie Leenhardt. L'expertise scientifique collective INRAE/Ifremer : Impacts des produits phytopharmaceutiques sur la biodiversité et les services écosystémiques. Webinaires de la Fédération FIRE, Fédération FIRE, Dec 2022, Paris, France. hal-03902414

HAL Id: hal-03902414

https://hal.inrae.fr/hal-03902414v1

Submitted on 1 Apr 2023

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.

Expertise Scientifique Collective
Phytopharmaceutiques
Biodiversité
Services Ecosystémiques

Crédits: Lucile Wargniez

Expertise scientifique collective INRAE/Ifremer : Impacts des produits phytopharmaceutiques sur la biodiversité et les services écosystémiques

Christian Mougin INRAE, UMR 1402 ECOSYS, Campus Agro Paris-Saclay, 91120 Palaiseau
christian.mougin@inrae.fr

Laure Mamy, Stéphane Pesce, Wilfried Sanchez, Sophie Leenhardt

Un collectif de 43 scientifiques francophones du domaine académique

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
Liberté
Égalité
Fraternité

INRAE

Ifremer

FIRE 13 décembre 2022

Cadre d'une ESCo

Principes généraux

Compétence des experts
Repérage et qualification *via* publications

Indépendance des experts
Recherche publique,
liens d'intérêt identifiés

Pluralisme au sein du collectif
Etablissements de rattachement, disciplines et approches diversifiés

Transparence
Sources et méthodologies

https://www.inrae.fr/sites/default/files/pdf/DEPE_Principes_Conduite_ESCo_Etudes_V2_20211110.pdf

Le contexte et les acteurs

Expertise Scientifique Collective
Phytopharmaceutiques
Biodiversité
Services Ecosystémiques

20 acteurs

- Ministères concernés
- Utilisateurs des produits phytopharmaceutiques
- Associations environnementales
- Associations de consommateurs
- Acteurs des territoires
- Filières professionnelles
- Interface recherche/société

Comité Consultatif d'Acteurs

Commanditaires

MINISTÈRE DE LA TRANSITION ÉCOLOGIQUE
MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE ET DE L'ALIMENTATION
MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR, DE LA RECHERCHE ET DE L'INNOVATION

Financements

ÉCOPHYTO
OFB OFFICE FRANÇAIS DE LA BIODIVERSITÉ
anses agence nationale de sécurité sanitaire alimentation, environnement, travail

Instituts mandatés

INRAE
Ifremer

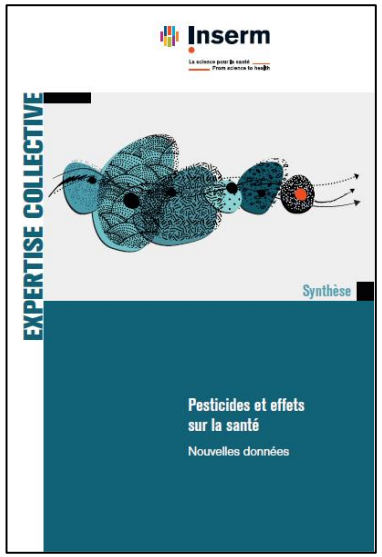
Comité de suivi

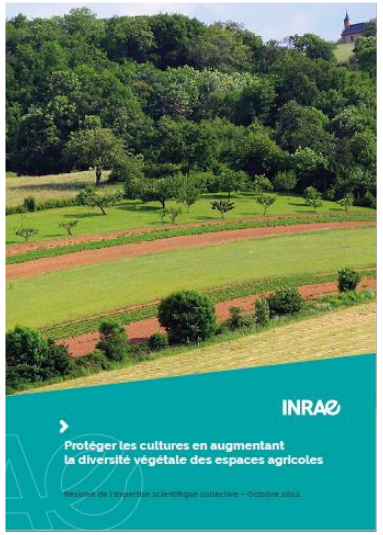
Equipe projet

Chef de projet	Pilotes scientifiques			Documentalistes		
Sophie **LEENHARDT** INRAE	Laure **MAMY** INRAE	Stéphane **PESCE** INRAE	Wilfried **SANCHEZ** Ifremer	Anne-Laure **ACHARD** INRAE	Morgane **LE GALL** Ifremer	Sophie **LE PERCHEC** INRAE

Experts

- >40 experts francophones
- 13 groupes de travail
- Panel multidisciplinaire





Livrables

Rapport
>1 000 pages

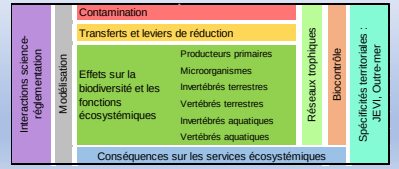
https://hal.inrae.fr/hal-03777257

Contexte et enjeux

Méthode et sources bibliographiques

Cadrage scientifique

Synthèses thématiques



Conclusions générales

Annexes
- Glyphosate
- Néonicotinoïdes
- SDHI
- Perturbateurs endocriniens
- Chlordécone
- Cuivre
- Pollinisation

INRAE Ifremer

Synthèse
>100 pages

https://hal.inrae.fr/hal-03759553

Résumé
10 pages

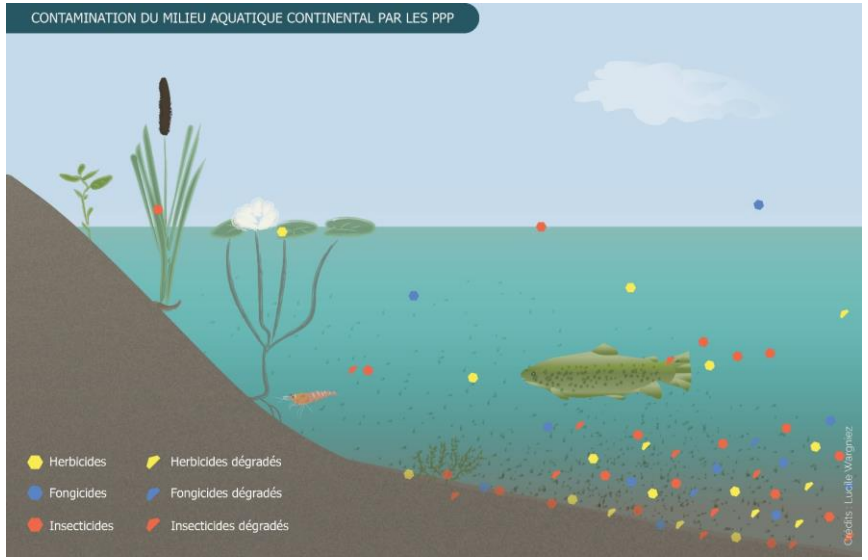
https://hal.inrae.fr/hal-03697952

≈ 4500 références citées

Etat des lieux de la contamination par les PPP

Tous les compartiments de l'environnement sont contaminés par des mélanges de PPP issus principalement de l'activité agricole

Une cartographie de plus en plus précise



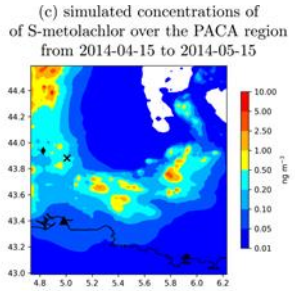
- **Une présence généralisée** des PPP dans tous les compartiments et matrices
- La principale source est **l'agriculture**
- **Toutes les familles** (H, I, F) sont retrouvées, la nature des PPP et la concentration sont variables suivant le compartiment
- Les PPP **interdits** sont toujours détectés, mais leur concentration diminue

- **Manque de données** sur :
  - les produits de transformation,
  - Les produits de biocontrôle,
  - la contamination dans les DROM (hors chlordécone)
- **Manque d'études « intégrées »** :
  - continuum terre-mer,
  - biote et son habitat,
  - suivis long terme et/ou large échelle exploitables

Des pistes d'amélioration

NAIADES
Données sur la qualité des eaux de surface

Fédération des associations de surveillance de la qualité de l'air
Atmo France



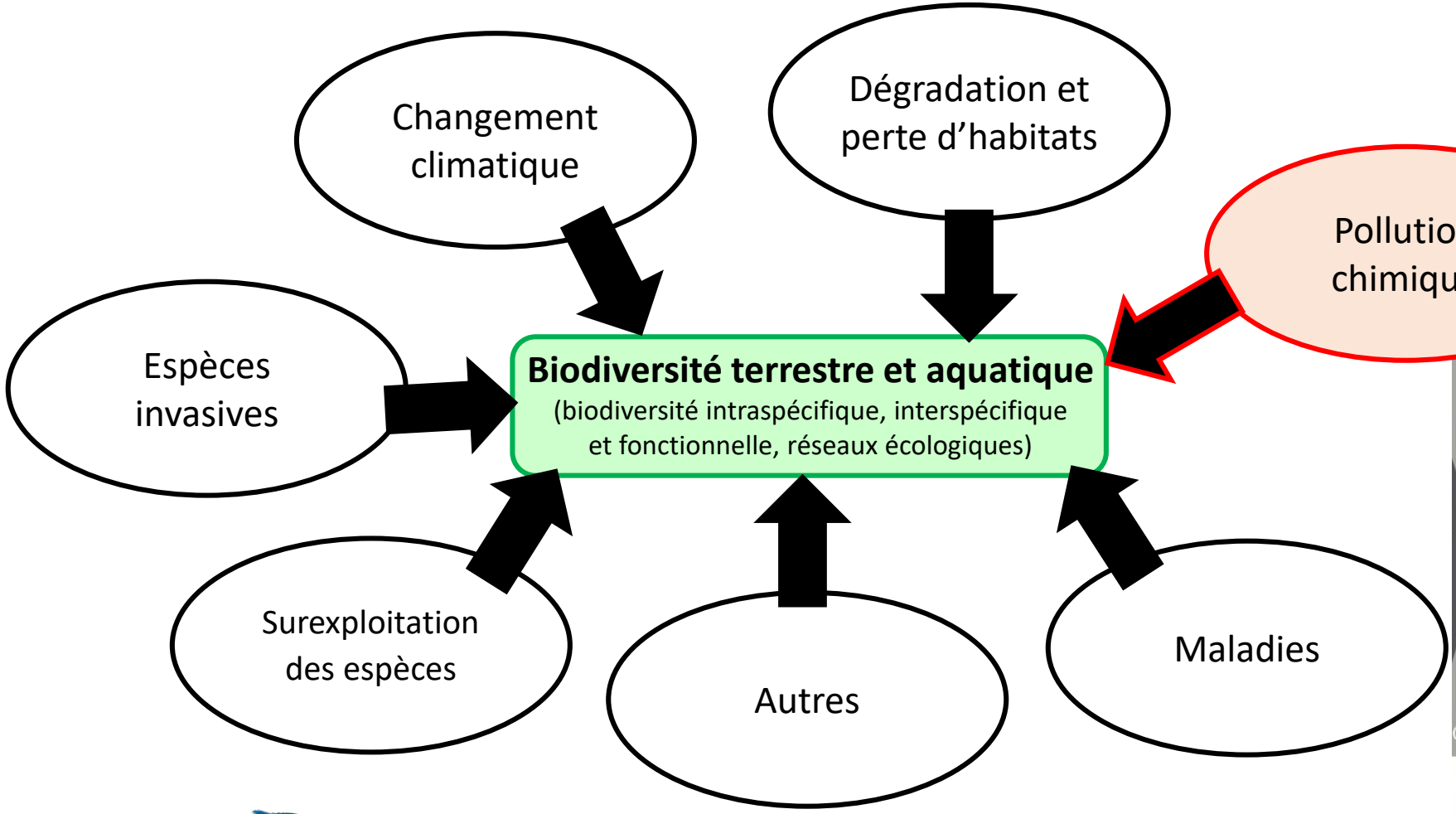
- Mieux exploiter les **données de surveillance** (eau et air, sols ?)
  - lien avec les pratiques, les propriétés des substances, leur utilisation/interdiction, la météo…
- Développer des **stratégies d'échantillonnage et d'analyses** innovantes plus intégrées et/ou à spectre plus large (ex. des produits de transformation, très polaires…)
- Mettre en relation **présence des PPP, niveaux d'exposition et effets**
- Besoin de **modèles de transferts** pour :
  - prédire la dissipation des PPP et l'exposition des écosystèmes non cibles,
  - accompagner l'interprétation de la contamination observée,
  - aider à la définition de stratégies d'échantillonnage (spatial et temporel).

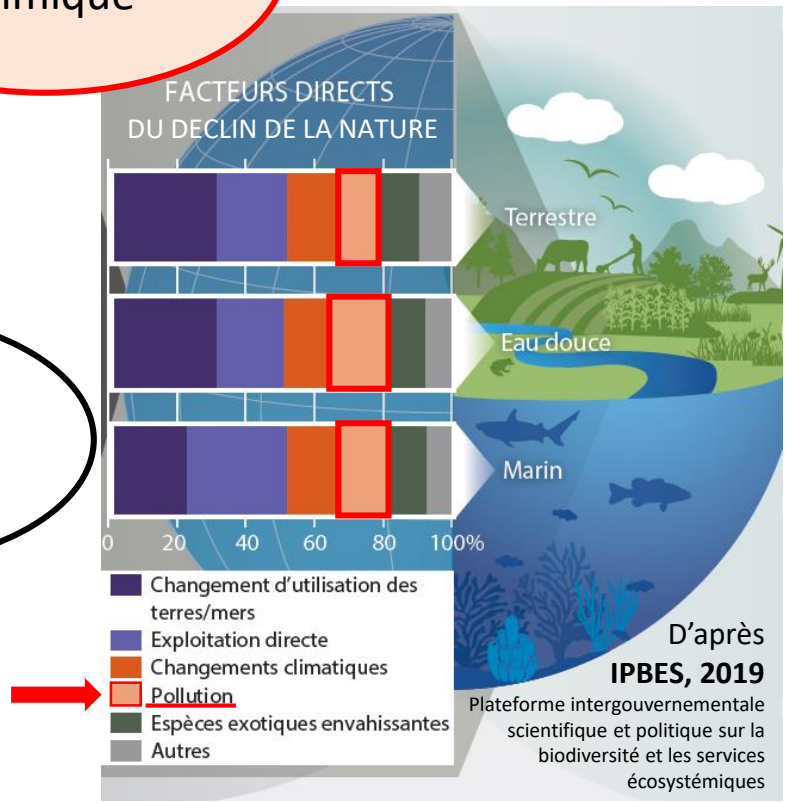
Etat des lieux des effets des PPP sur la biodiversité

Les PPP contribuent au déclin de la biodiversité à travers la combinaison d’effets directs et indirects

Le déclin de la biodiversité est multi-causal…

…et la plupart des facteurs responsables de ce déclin ne sont pas indépendants les uns des autres

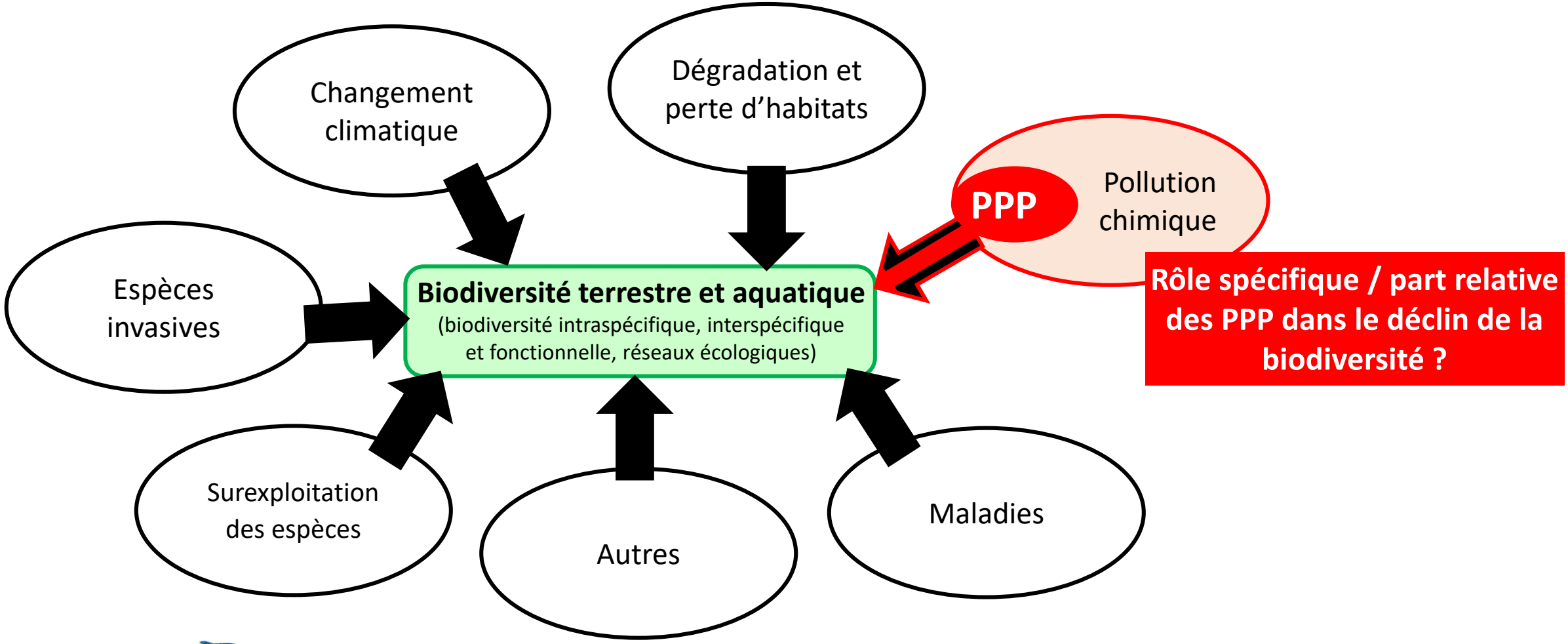




D'après **IPBES, 2019**
Plateforme intergouvernementale scientifique et politique sur la biodiversité et les services écosystémiques

Le déclin de la biodiversité est multi-causal…

…et la plupart des facteurs responsables de ce déclin ne sont pas indépendants les uns des autres



Les PPP sont une des causes majeures du déclin de certaines populations

L'analyse de la littérature concerne l'ensemble des milieux le long du continuum terre mer

Crédits: Lucile Wargniez

Le lien de causalité est principalement établi dans des études menées dans des **espaces agricoles (milieux terrestres et aquatiques)**

Les analyses sont faites à larges échelles spatiales et/ou temporelles ***(PPP de synthèse et cuivre)***

Pas de connaissance spécifique concernant le biocontrôle et l'Outre-mer

Les PPP sont une des causes majeures du déclin de certaines populations

Invertébrés terrestres

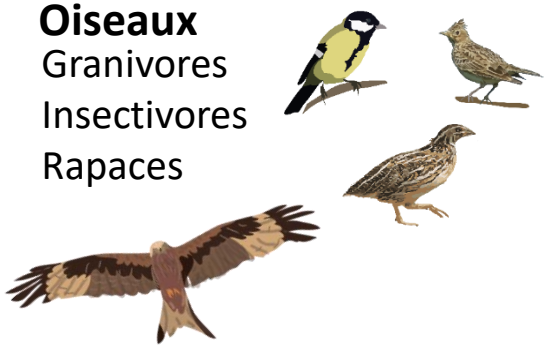
En particulier:
Lépidoptères (papillons),
Hyménoptères (abeilles, bourdons, etc.)
Coléoptères (coccinelles, carabes, etc.)

Macro-invertébrés aquatiques

Larves d'insectes, vers, crustacés, etc.

Oiseaux

Granivores
Insectivores
Rapaces



Amphibiens

Chiroptères
(chauves-souris)

Les PPP impactent ces différents organismes de manières **directes et indirectes**

Les PPP sont une des causes majeures du déclin de certaines populations

Invertébrés terrestres

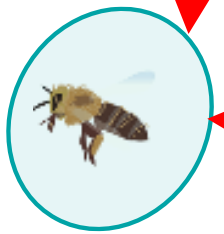
En particulier :
Lépidoptères (papillons)
Hyménoptères (abeilles, bourdons, etc.)
Coléoptères (coccinelles, carabes, etc.)

PPP de synthèse

insecticides **herbicides**

Effets Directs
létaux et sublétaux
(perte d'orientation,
fragilisation immunitaire,
impacts sur le microbiote…)

Effets Directs



Effets Indirects
(dégradation/perte des habitats,
diminution de la ressource...)

Les PPP impactent ces différents organismes de manières **directes et indirectes**

Les PPP sont une des causes majeures du déclin de certaines populations

Invertébrés terrestres

En particulier :
Lépidoptères (papillons)
Hyménoptères (abeilles, bourdons, etc.)
Coléoptères (coccinelles, carabes, etc.)

Pollution chimique (dont PPP)

⇨ 2ème cause la plus importante du déclin des populations d'insectes (derrière la perte des habitats)

Parmi les PPP récents, les connaissances scientifiques mettent particulièrement en évidence les effets des **insecticides néonicotinoïdes et pyréthrinoïdes**

Substances très étudiées au cours de la dernière décennie

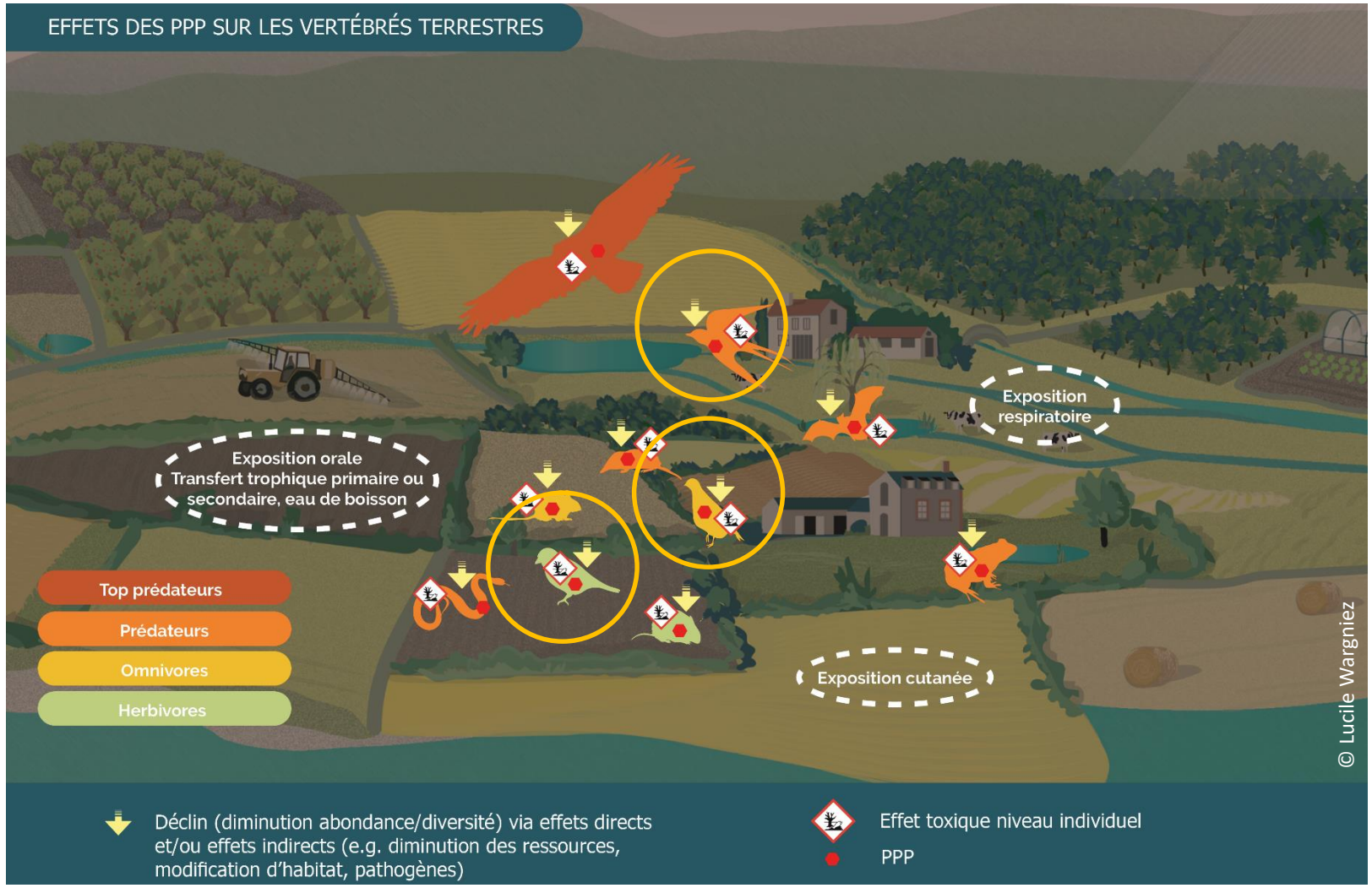
Biais associés à la littérature scientifique dans le domaine de l'écotoxicologie
- Études publiées = effets observés
- Des substances plus étudiées, d'autres peu/pas prises en considération

Le cas des Néonicotinoïdes chez les oiseaux

Effets :

- **Directs (létaux et sublétaux)** sur **oiseaux granivores** (ingestion semences enrobées) et
- **Indirects** sur **oiseaux insectivores / omnivores** (diminution de la ressource en insectes indispensable pour élevage des jeunes) **(principalement)**

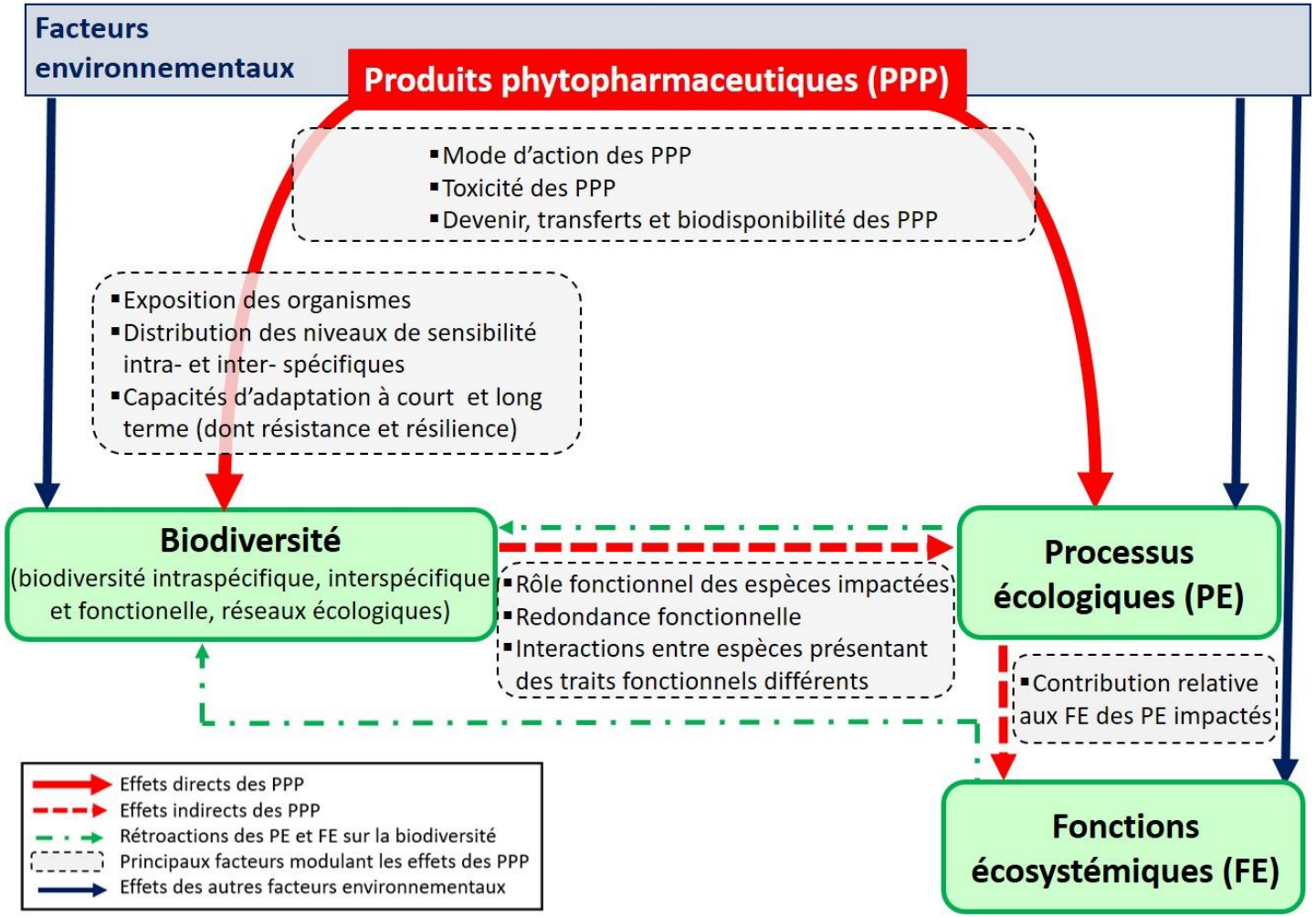
NB : des effets similaires sont constatés lors de toute utilisation large d'insecticides… y compris pyréthrinoïdes et Bacillus thuringiensis (Bt).
Et sur d'autres taxons !



Etat des lieux des effets des PPP sur les fonctions écosystémiques

Les PPP impactent directement et indirectement différentes fonctions écosystémiques

Des liens complexes entre PPP, biodiversité et fonctions écosystémiques



Importance de ne pas considérer uniquement la dimension taxonomique de la biodiversité

12 catégories de FE identifiées comme potentiellement vulnérables aux PPP

F1	Régulation des échanges gazeux
F2	Dissipation des contaminants dans les écosystèmes terrestres et aquatiques
F3	Résistance aux perturbations
F4	Rétention d'eau dans les sols et les sédiments
F5	Régulation des flux d'eau
F6	Albédo et réflexion
F7	Production et apport de matière organique dans les écosystèmes terrestres et aquatiques
F8	Régulation des cycles de nutriments dans les écosystèmes terrestres et aquatiques
F9	Formation et maintien de la structure des sols et des sédiments
F10	Dispersion des propagules dans les écosystèmes terrestres et aquatiques
F11	Fourniture et maintien de la biodiversité et des interactions biotiques dans les écosystèmes terrestres et aquatiques
F12	Fourniture et maintien des habitats et biotopes dans les écosystèmes terrestres et aquatiques

Des connaissances récentes qui confirment des impacts sur au moins 8 d'entres elles

Les PPP affectent la fourniture et le maintien des habitats

F1	Régulation des échanges gazeux
F2	Dissipation des contaminants dans les écosystèmes terrestres et aquatiques
F3	Résistance aux perturbations
F4	Rétention d'eau dans les sols et les sédiments
F5	Régulation des flux d'eau
F6	Albédo et réflexion
F7	Production et apport de matière organique dans les écosystèmes terrestres et aquatiques
F8	Régulation des cycles de nutriments dans les écosystèmes terrestres et aquatiques
F9	Formation et maintien de la structure des sols et des sédiments
F10	Dispersion des propagules dans les écosystèmes terrestres et aquatiques
F11	Fourniture et maintien de la biodiversité et des interactions biotiques dans les écosystèmes terrestres et aquatiques
F12	Fourniture et maintien des habitats et biotopes dans les écosystèmes terrestres et aquatiques

PPP
(principalement herbicides)

végétation
terrestre et aquatique

© Lucile Wargniez

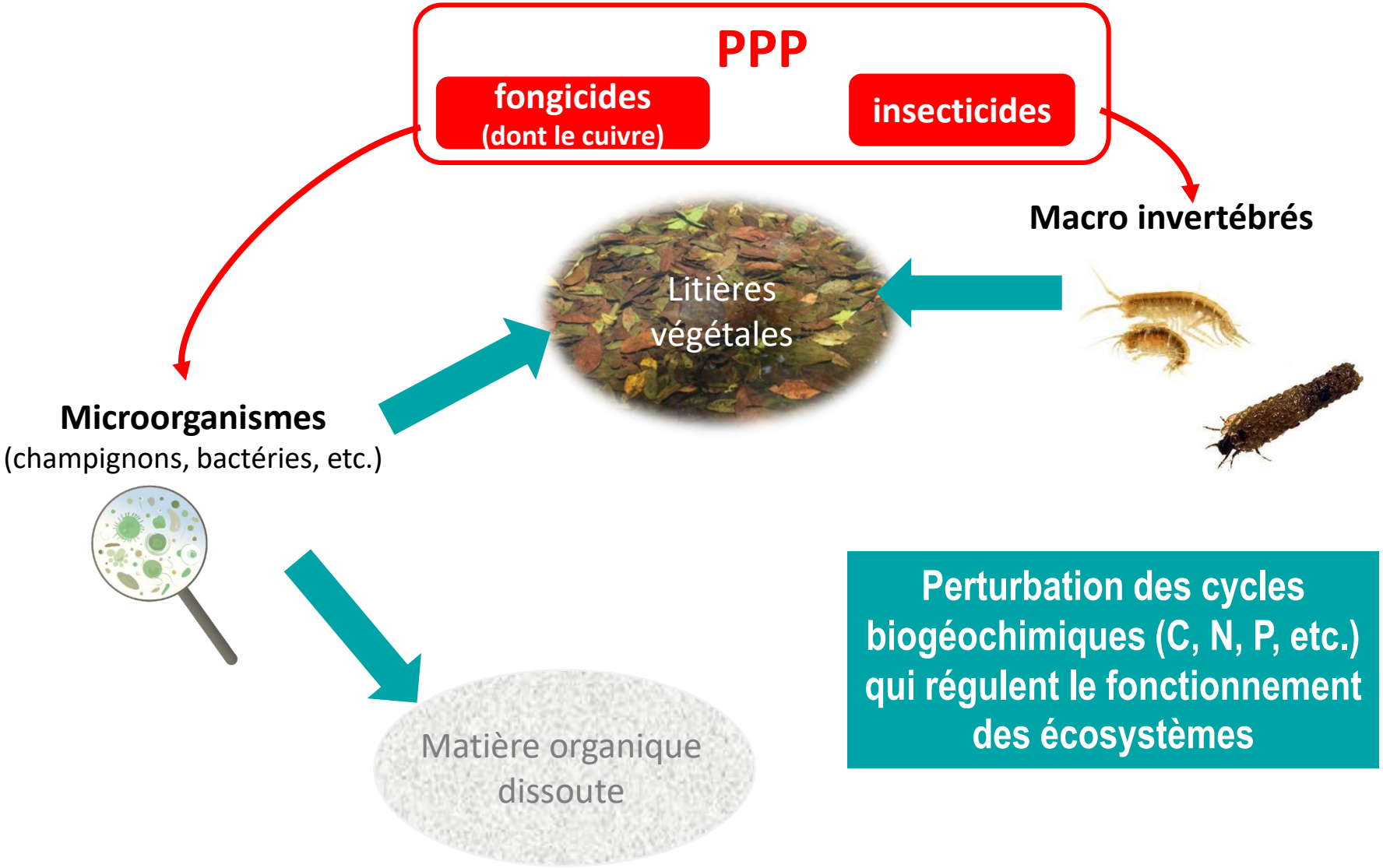
© Lucile Wargniez

Dégradation/perte d'habitats et de zones refuges

Principalement **invertébrés** et **oiseaux**

Les PPP affectent la régulation des cycles de nutriments

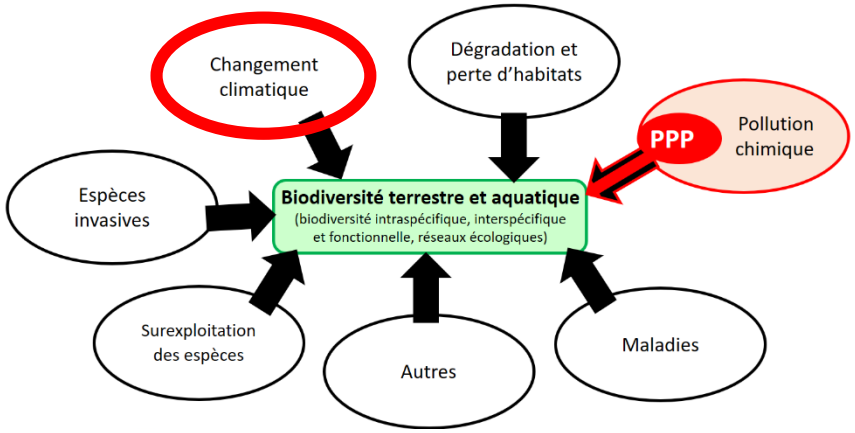
F1	Régulation des échanges gazeux
F2	Dissipation des contaminants dans les écosystèmes terrestres et aquatiques
F3	Résistance aux perturbations
F4	Rétention d'eau dans les sols et les sédiments
F5	Régulation des flux d'eau
F6	Albédo et réflexion
F7	Production et apport de matière organique dans les écosystèmes terrestres et aquatiques
F8	Régulation des cycles de nutriments dans les écosystèmes terrestres et aquatiques
F9	Formation et maintien de la structure des sols et des sédiments
F10	Dispersion des propagules dans les écosystèmes terrestres et aquatiques
F11	Fourniture et maintien de la biodiversité et des interactions biotiques dans les écosystèmes terrestres et aquatiques
F12	Fourniture et maintien des habitats et biotopes dans les écosystèmes terrestres et aquatiques



Perturbation des cycles biogéochimiques (C, N, P, etc.) qui régulent le fonctionnement des écosystèmes

Les PPP augmentent la vulnérabilité à d'autres pressions environnementales *(et vice versa)*

F1	Régulation des échanges gazeux
F2	Dissipation des contaminants dans les écosystèmes terrestres et aquatiques
F3	Résistance aux perturbations
F4	Rétention d'eau dans les sols et les sédiments
F5	Régulation des flux d'eau
F6	Albédo et réflexion
F7	Production et apport de matière organique dans les écosystèmes terrestres et aquatiques
F8	Régulation des cycles de nutriments dans les écosystèmes terrestres et aquatiques
F9	Formation et maintien de la structure des sols et des sédiments
F10	Dispersion des propagules dans les écosystèmes terrestres et aquatiques
F11	Fourniture et maintien de la biodiversité et des interactions biotiques dans les écosystèmes terrestres et aquatiques
F12	Fourniture et maintien des habitats et biotopes dans les écosystèmes terrestres et aquatiques



- **Vulnérabilité face aux conséquences du changement climatique***

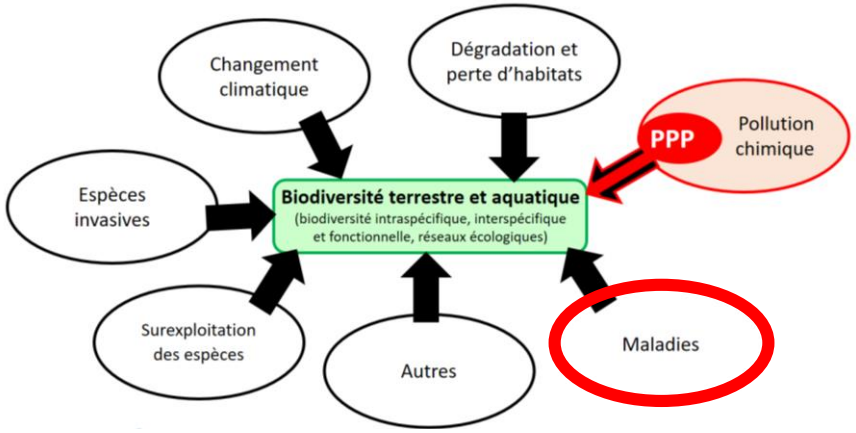
  * *augmentation des températures moyennes et de leurs fluctuations, intensité accrue des précipitations et des périodes de sécheresse, acidification des océans, etc.*

ex. effets des PPP et d'une hausse de température amplifiés dans >80% des études lorsque ces 2 facteurs sont combinés

➢ **Besoin d'innovations conceptuelles et méthodologiques pour aborder la question « *PPP et changement climatique* » de manière plus globale**

Les PPP augmentent la vulnérabilité à d'autres pressions environnementales *(et vice versa)*

F1	Régulation des échanges gazeux
F2	Dissipation des contaminants dans les écosystèmes terrestres et aquatiques
F3	Résistance aux perturbations
F4	Rétention d'eau dans les sols et les sédiments
F5	Régulation des flux d'eau
F6	Albédo et réflexion
F7	Production et apport de matière organique dans les écosystèmes terrestres et aquatiques
F8	Régulation des cycles de nutriments dans les écosystèmes terrestres et aquatiques
F9	Formation et maintien de la structure des sols et des sédiments
F10	Dispersion des propagules dans les écosystèmes terrestres et aquatiques
F11	Fourniture et maintien de la biodiversité et des interactions biotiques dans les écosystèmes terrestres et aquatiques
F12	Fourniture et maintien des habitats et biotopes dans les écosystèmes terrestres et aquatiques



- **Vulnérabilité face aux parasites et agents pathogènes**

néonicotinoïdes abeilles sauvages

oiseaux

chauves souris

organochlorés

amphibiens

glyphosate

certains poissons

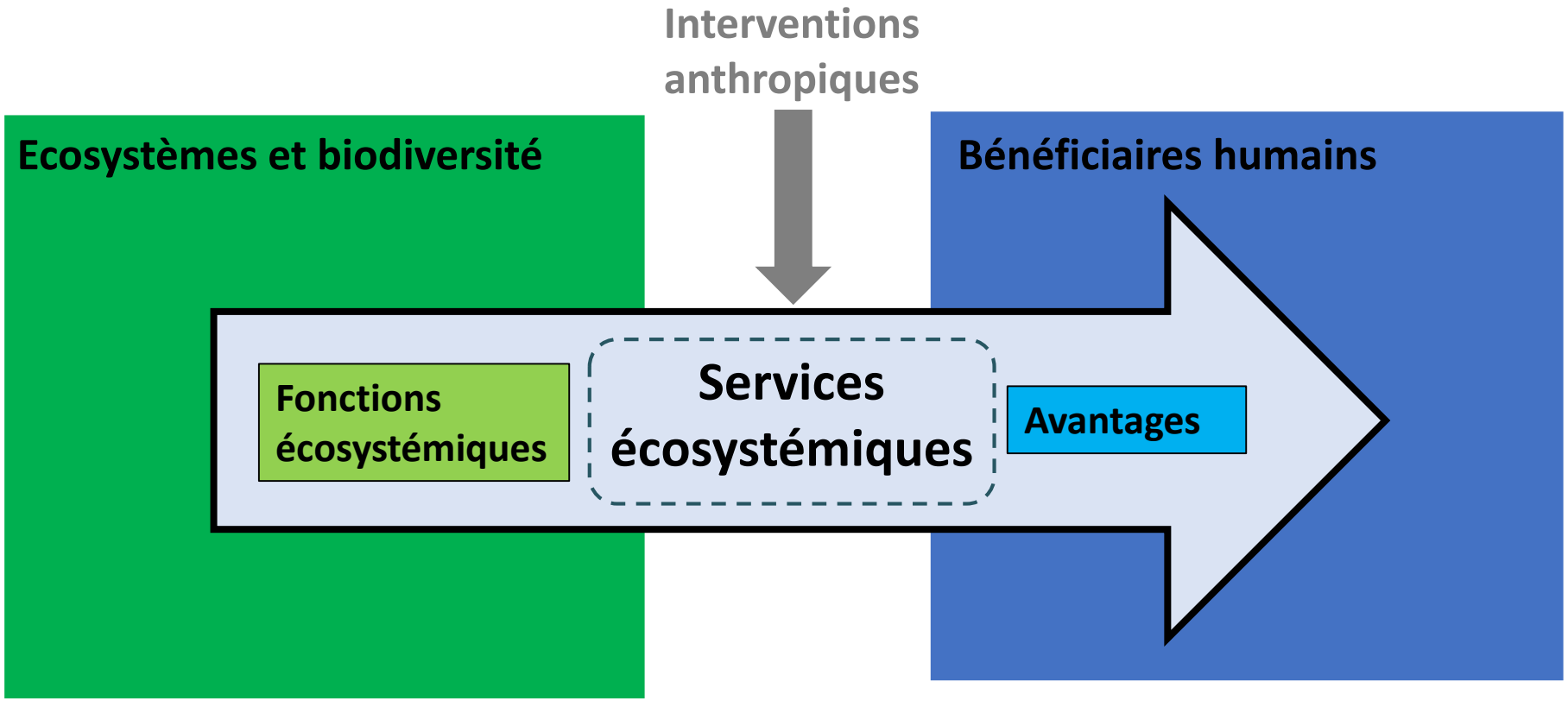
Effets des PPP sur les services écosystémiques

Une approche novatrice et à consolider
qui présente encore des limites

Les services écosystémiques

Quelques éléments de concept

- **Services écosystémiques :** Avantages socio-économiques retirés par l'homme de son utilisation durable des fonctions écologiques des écosystèmes (EFESE, 2016)



Adapté d'après EFESE (2016)

Les services écosystémiques

Approvisionnement

Production végétale cultivée +

Régulation & Maintien

Lutte contre les ravageurs

Pollinisation

-

Culturels

classification *CICES* (Common International Classification of Ecosystem Services)

Les services écosystémiques

Approvisionnement

Régulation & Maintien

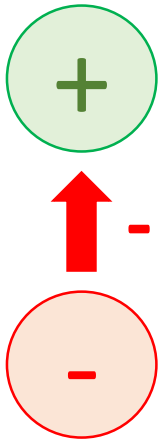
Culturels

classification *CICES* (Common International Classification of Ecosystem Services)

Production végétale cultivée

Lutte contre les ravageurs

Pollinisation



Modélisation des effets des PPP sur la biodiversité

Modélisation des effets des PPP sur la biodiversité

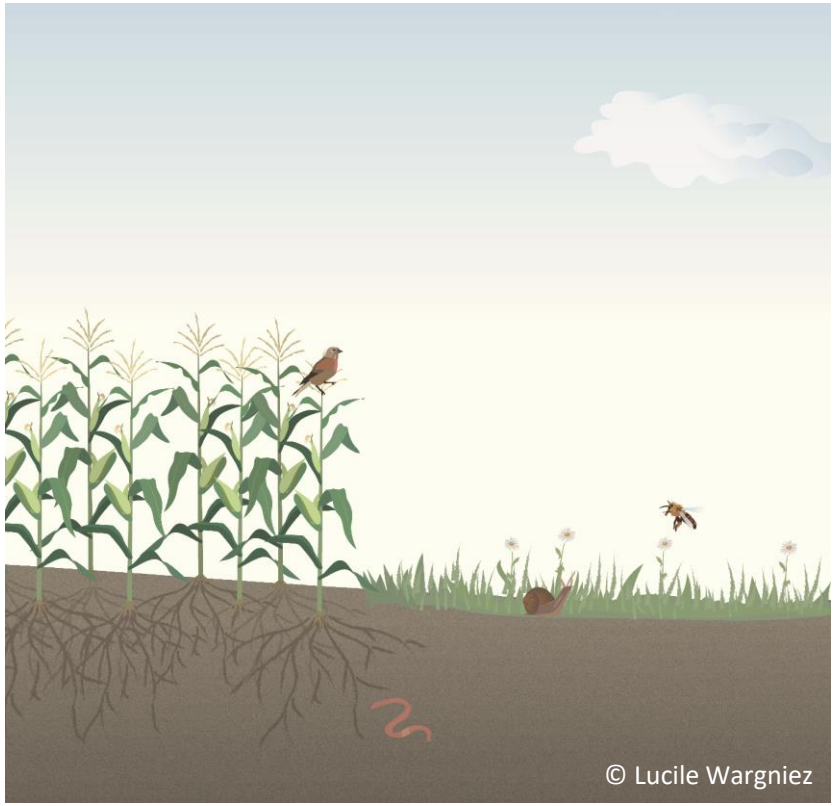
Contexte

- Multiplicité des PPP, des contextes agro-pédoclimatiques, des écosystèmes récepteurs et des espèces

- Impossible de réaliser des expériences (laboratoire, terrain) pour évaluer les impacts de toutes les substances dans tous les milieux et pour l'ensemble de la biodiversité

➢ **Modélisation**

➢ Requise au niveau règlementaire, notamment au « Tier 2 »



Modélisation des effets des PPP sur la biodiversité

Modèles d'effets écotoxicologiques

6 grandes catégories de modèles

- **QSAR** → Toxicité aiguë, propriétés mutagènes, BCF
- **DR & TKTD** → Survie, croissance, reproduction, mobilité, taux d'alimentation…
- **Population** → Taux d'accroissement de population, densité de population, risque d'extinction...
- **Multi espèces**
  - **SSD** → Évaluation probabiliste d'une concentration dangereuse pour un % d'espèces
  - **Réseaux trophiques** → Bioamplification
  - **Communautés** → Effets directs sur les espèces et/ou indirects sur les relations entre espèces, à l'échelle de la communauté et/ou sur les services écosystémiques
- **Paysage** → Réponses démographiques au sein de différents habitats, maintenance d'espèces non cibles, niveaux de contamination
- **Mélanges** → Synergisme, antagonisme, neutralité

Larras et al. (2022, ESPR)

QSAR : Relations structure-activité quantitatives
DR : Dose-Réponse
TKTD : Toxicocinétique, Toxicodynamique
SSD : Distribution de sensibilité des espèces

Modélisation des effets des PPP sur la biodiversité

Modèles d'effets écotoxicologiques : Bilan

☑

- Développés pour de nombreuses espèces : producteurs primaires, microorganismes, vertébrés et invertébrés terrestres et aquatiques
- Et pour tous les milieux : sol, eaux douces, milieu marin, air
- Sensibilité des espèces, vulnérabilité, bioaccumulation...
- Evaluation des produits de transformation
- Décryptage des mécanismes
- ...

☒

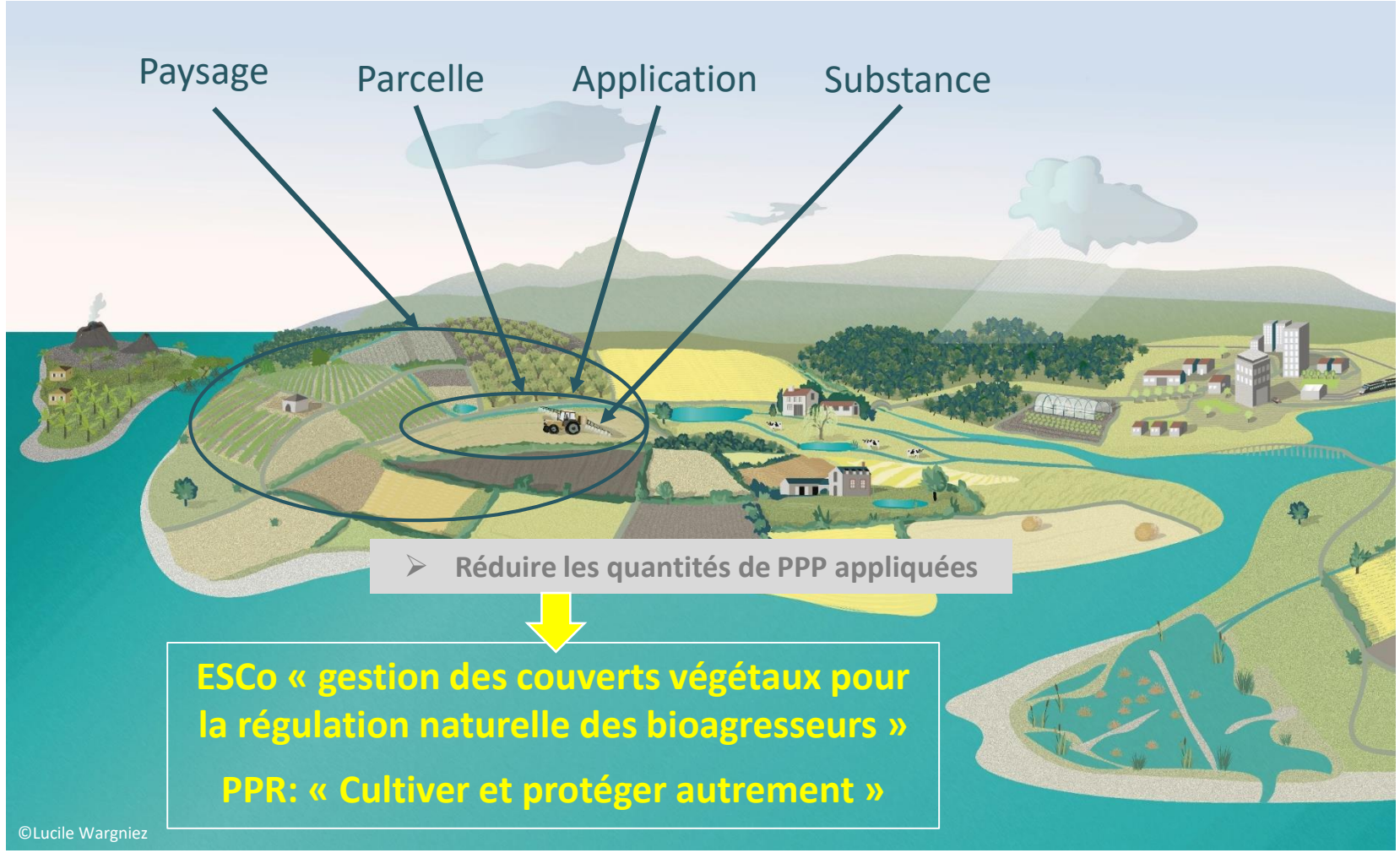
- Effets chroniques sublétaux, transgénérationnels
- Stress multiples
- Intégration de processus écologiques dans les modèles de communautés et de réseaux trophiques
- Modèles couplant écotoxicologie et écologie ; exposition et effet
- Analyse de sensibilité et d'incertitudes
- Performance

Larras et al. (2022, ESPR)

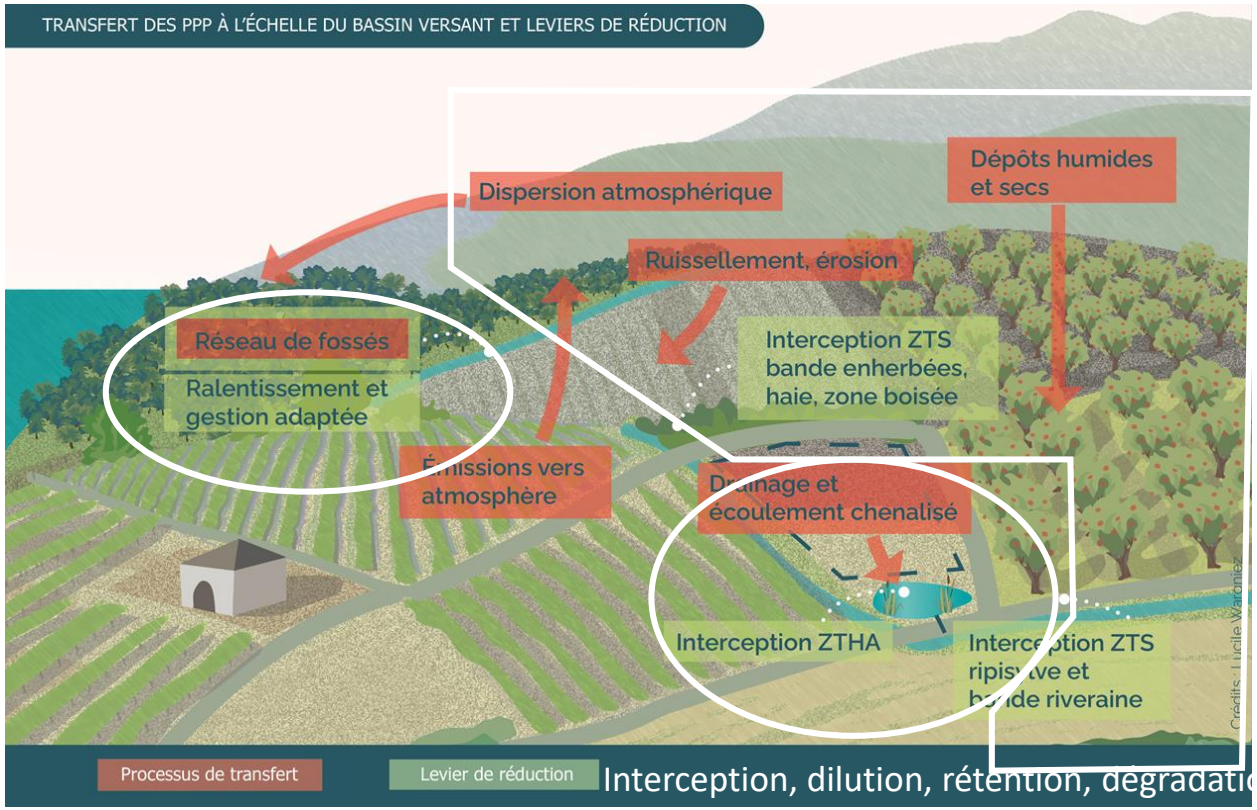
Leviers d’action

Un besoin de combiner différents leviers à plusieurs niveaux

Leviers d'action



Leviers paysagers pour atténuer les transferts de PPP



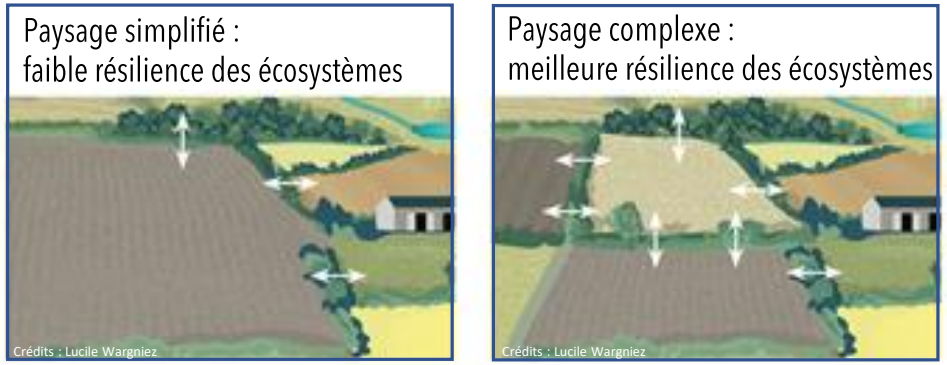
ZTS : Zone Tampon Sèche
ZTHA : Zone Tampon Humide Artificielle

L'approche paysagère est indispensable pour :

→ **Diagnostiquer les voies de transfert dominantes** et identifier **les leviers paysagers pertinents** pour les atténuer

→ **Optimiser l'occupation du sol** ainsi que **la localisation et le dimensionnement des zones tampons**

Multifonctionnalité du paysage



L'approche paysagère est indispensable pour :

→ **Diagnostiquer le niveau de résilience de l'agro-écosystème** (accès aux habitats, refuges, ressources alimentaires…)

→ **Orienter les choix de gestion en conséquence** (diversification et continuités paysagères)

Biocontrole

Contamination du milieu et impacts sur la biodiversité

➢ **Très peu de résultats dans la bibliographie**

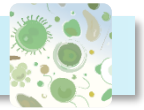
Macroorganismes

- Persistance à long terme ?
- Effets directs : prédation, hybridation
- Effets indirects : compétition / ressources

Substances naturelles

- Faible persistance dans l'environnement
- Faible écotoxicité / PPP classiquement utilisés
- ⓘ Abamectine, pyréthrines, spinosad

Microorganismes



- Persistance élevée des insecticides (Bt), faible des fongicides
- Modification de la biodiversité du sol
- Espèces non indigènes envahissantes

Médiateurs chimiques

- ?

Bt : *Bacillus Thuringiensis*

Interactions entre science et réglementation

Réglementation

Principaux textes règlementaires en vigueur en Europe

Règlement (UE) No 546/2011
Principes uniformes

Règlement (UE) No 547/2011
Etiquetage

Règlement (UE) No 283/2013
Exigences /
Données substances actives

Règlement (UE) No 284/2013
Exigences /
Données PPP

Règlement (UE) No 2019/1381
Transparence et pérennité de l'évaluation des risques

« Paquet pesticides »

Règlement (CE) No 1107/2009
Mise sur le des marché PPP

Directive 2009/128 (CE)
Utilisation des PPP
& Développement durable

Règlement (CE) No 1185/2009
Statistiques sur les PPP

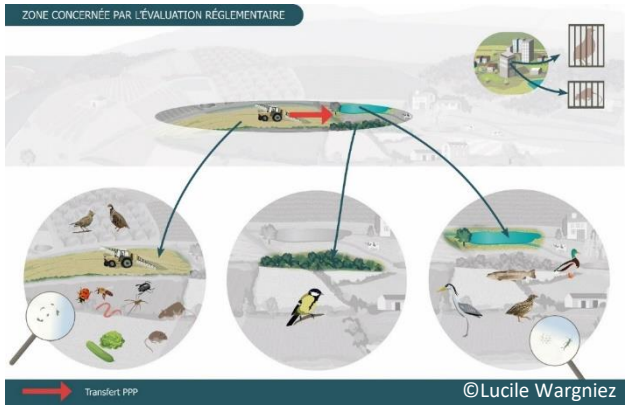
Directive 2009/127 (CE)
Machines d'application des PPP

➢ **Aucun effet inacceptable des PPP sur l'environnement**

Réglementation

Exigence et limites

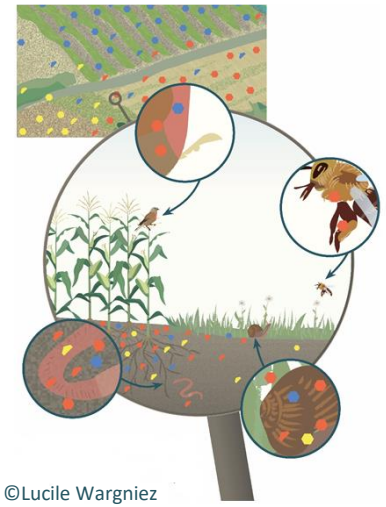
- Haut degré de protection
- Nombreux PPP interdits
- Une des réglementations les plus exigeantes au monde
- Surveillance : PPV unique en Europe



©Lucile Wargniez

- Routine des procédures d'évaluation
- Pas de critères clairs / Effets des PPP sur la biodiversité
- SHS et savoirs non académiques non pris en compte
- Dérogations

➢ **La réglementation ne permet pas d'éviter complètement la contamination du milieu ni de protéger la biodiversité à hauteur des objectifs visés**


©Lucile Wargniez

PPV : Phytopharmacovigilance

Besoin de recherche et perspectives

Malgré des résultats forts, des besoins de recherche persistent

Des besoins de connaissance

Substances & produits

- Récents
- Produits de transformation
- Adjuvants
- Co-formulants

Effets

- Directs et indirects
- Jeux d'indicateurs

Organismes

Milieux & territoires

- Contamination de l'air, du sol, du biote

« Comprendre les effets des PPP sur la biodiversité et les services écosystémiques appelle un changement de paradigme dans la recherche »

Ouverture scientifique – Pluridisciplinarité – Transfert – Lien avec la société

Etudes intégratives synchrones, développements méthodologiques et évolution de la surveillance

Merci à l'ensemble des acteurs

- **Comité d'experts scientifiques**

Laure Mamy (coord.)
Stéphane Pesce (coord.)
Wilfried Sanchez (coord.)
Marcel Amichot
Joan Artigas
Stéphanie Aviron
Carole Barthélémy
Rémy Beaudouin
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 Mougin
Dominique Munaron
Sylvie Nélieu
Céline Pelosi
Magali Rault
Sergi Sabater
Sabine Stachowski-Haberkorn
Elliott Sucré
Marielle Thomas
Julien Tournebize

- **Documentalistes**
  - Anne-Laure Achard, Morgane Le Gall, Sophie Le Perchec

https://pesti-ecotox.colloque.inrae.fr

Place à la discussion !