



**RENCONTRE ALUMNI**  
Débat autour  
de l'Agroécologie

**Samedi 10 juin**  
15h - 18h  
Suivi d'un moment convivial

 **L'Institut Agro Dijon**  
Tour Déméter - Amphi Pisani

 Événement gratuit  
Inscrivez-vous !

# La gestion des produits phytopharmaceutiques Le cas des herbicides

## Agroécologie

...

# Institut national de recherche pour l'agriculture, l'alimentation et l'environnement - INRAE

**INRAE** : issu du rapprochement de l'Inra et d'Irstea, deux établissements différents par leur taille, leurs approches et leurs sujets mais aussi tellement complémentaires sur les questions de **l'agriculture, de l'alimentation et de l'environnement**.

## Institut de recherche finalisée

Objectif : accroître, transmettre et mobiliser des connaissances, des technologies et des savoir-faire afin d'éclairer et de servir les transitions des systèmes agricoles et alimentaires et la préservation de l'environnement.

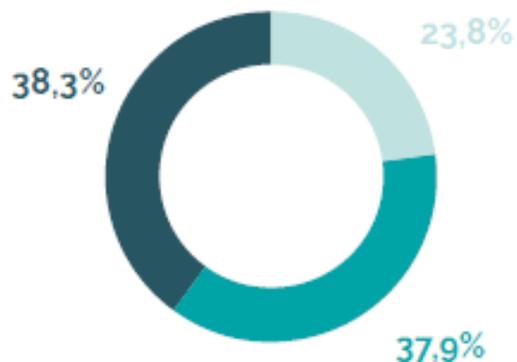
- ▶ Produire et diffuser des connaissances pour répondre aux enjeux de société
- ▶ Mobiliser ces connaissances au service de l'innovation, de la formation, de l'expertise et de l'appui aux politiques publiques
- ▶ Travailler en partenariat avec une grande diversité d'acteurs (académiques, socio-économiques, associatifs, etc.) et avec les citoyens

# Chiffres clés

Données 2019 cumulées INRA et IRSTEA

## Personnel

(rémunéré par INRA ou IRSTEA en 2019)



- 1990 chercheurs
- 3165 ingénieurs et assistants ingénieurs
- 3186 techniciens

## Structure

**18**

Centres

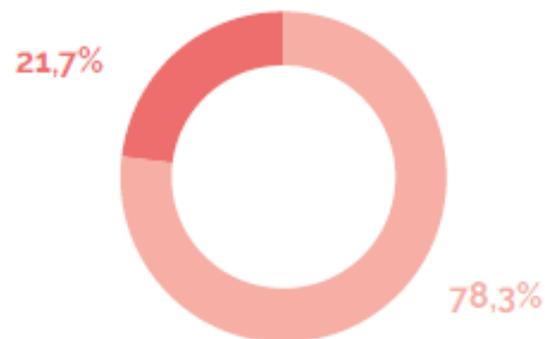
**14**

Départements scientifiques

**268**

Unités de recherche, de service et expérimentales

## Budget



Ressources :  
1 008,8 millions d'€

➤ Subvention pour charge de service public  
790,1 M€

▼ Ressources propres  
218,7 M€

Ressources propres (produits de contrats de recherche)  
154,2 M€

Ressources propres non contractuelles  
64,5 M€

# Centre INRAE Bourgogne-Franche-Comté

## Chiffres clés

### Un centre – plusieurs sites



### 2020 >



#### LES FEMMES ET LES HOMMES

**834** agents dont :

▶ **298** titulaires

▶ **224** contractuels



58,7 %

41,3 %



55 %

45 %

▶ **327** personnels de partenaires affectés à une unité du Centre

 **103** doctorants et post-doctorants

 **58** nationalités



#### ACTIVITÉ SCIENTIFIQUE

**511** publications scientifiques, dont :



• **356** articles

• **53** ouvrages & chapitres d'ouvrages

• **102** communications à des colloques

 **31** disciplines scientifiques

 **7** départements de recherche



#### BUDGET

**32,7 M€** de budget global, dont :

▶ **25,9 M€** de masse salariale

**259** contrats actifs impliquant le Centre en 2020

**55** contrats signés en 2020

**15** contrats européens H2020 en cours en 2020



**11** contrats européens FEDER et **5** FEADER (mixte Europe-Région) en cours en 2020

**43** contrats ANR en cours en 2020 dont

**3** Investissements d'Avenir



#### INFRASTRUCTURES

▶ **12 000 m<sup>2</sup>** de laboratoires

▶ **2 000 m<sup>2</sup>** de serres et chambres climatisées

▶ Unité expérimentale de **130 hectares**

▶ **10** infrastructures scientifiques collectives (cf. page 24)

## 3 identifiants scientifiques >

### Agroécologie : biodiversité, interactions biotiques et systèmes de culture

• 3 unités impliquées : UMR Agroécologie, UZE, USC Chrono-environnement

Objectif des recherches développées ? Progresser dans la connaissance de la biodiversité et des interactions biotiques au sein des agrosystèmes afin de concevoir des systèmes de culture innovants qui valorisent les ressources biotiques et abiotiques dans l'objectif de réduire l'usage d'intrants de synthèse. Il s'agit aussi d'observer et comprendre le fonctionnement et la dynamique des systèmes géologiques, biologiques et des interactions homme-environnement pour prévenir les risques et anticiper l'impact des perturbations.

Mots clés : agroécologie, agronomie, agriculture de précision, biologie, écophysologie, génétique végétale, écologie de la santé, écologie du paysage, écologie du sol, écotoxicologie, modélisation, santé des plantes, adventices, associations végétales, biodiversité, bioindicateurs, cycles géochimiques, diagnostic environnemental, interactions biotiques, légumineuses, microorganismes bénéfiques et pathogènes, réseaux trophiques.



**Partenaires académiques :** AgroSup Dijon, université de Bourgogne, université de Franche-Comté, CNRS, UBFC  
**Effectifs 2020 (PP) :** 155 permanents INRAE dont 72 chercheurs/ingénieurs et 83 personnels techniques, 69 non permanents (ETPT) - 115 personnels de partenaires  
Labellisation Institut Carnot Plant2Pro de l'UMR Agroécologie

### Alimentation, goût, sensorialité

• 2 unités impliquées : UMR CSGA, URTAL associée à l'UMT From'Capt

Comprendre les mécanismes en jeu dans les perceptions sensorielles de manière intégrée, c'est le but que visent des recherches menées sous l'identifiant « Goût et alimentation ». Une approche qui sert l'innovation en vue d'une alimentation saine, durable, au service du bien-être et de la santé. Prévenir l'obésité ou lutter contre la dénutrition figurent parmi les enjeux de santé publique majeurs. Pour y répondre, des recherches visent à proposer des solutions alimentaires « sur mesure » pour des populations spécifiques (nourissons, seniors). Les études cognitives et appliquées s'attachent à mieux comprendre le comportement alimentaire humain en analysant les caractéristiques organoleptiques des aliments, en étudiant leur perception et leur influence sur les préférences, la consommation et les relations entre alimentation et santé. Dans le domaine spécifique de la technologie et des analyses laitères, l'objectif est de se concentrer sur la qualité sensorielle du fromage, en particulier sur les premières étapes de la transformation fromagère, avant l'affinage.

Mots clés : chimie analytique, microbiologie, physiologie, neurobiologie, éthologie, procédés fromagers, évaluation sensorielle, sensorimétrie, statistiques, écosystèmes microbiens, arômes, composés sapides, lipides, préférences et comportements alimentaires, santé.



**Partenaires académiques :** AgroSup Dijon, université de Bourgogne, CNRS, UBFC  
**Effectifs 2020 (PP) :** 88 permanents INRAE dont 46 chercheurs/ingénieurs et 42 personnels techniques, 24 non permanents (ETPT) - 143 personnels de partenaires  
Labellisation Institut Carnot Qualiment de l'UMR CSGA

### Économie et sociologie du développement des territoires ruraux et périurbains

• 1 unité impliquée : UMR CESAER

Economie, sociologie, et de manière complémentaire géographie et gestion... par des recherches et expertises mobilisant plusieurs disciplines des sciences sociales, les travaux menés s'intéressent aux pans économiques, sociaux et environnementaux du développement rural contemporain : activités agricoles et industrielles, concurrence d'usages des sols, aménagement du territoire et articulation des politiques publiques territoriales, démographie, étalement urbain et structure de population, formes d'appartenances locales et de politisation. Ils alimentent la réflexion des acteurs publics et professionnels, dans un contexte de mutation profonde du secteur agricole et agroalimentaire.

Mots clés : économie spatiale, ethnographie, agriculture, agroalimentaire, aménagement du territoire, étalement urbain, foncier, groupes sociaux, marché du travail, migrations, politiques publiques, politisation, services écosystémiques.



**Partenaires académiques :** AgroSup Dijon, UBFC  
**Effectifs 2020 (PP) :** 23 permanents INRAE dont 19 chercheurs/ingénieurs et 4 personnels techniques, 12 non permanents (ETPT) - 50 personnels de partenaires

# UMR AGROÉCOLOGIE

*Façon de concevoir des systèmes de production qui s'appuient sur les fonctionnalités offertes par les écosystèmes. Vise à :*

- diminuer les pressions sur l'environnement (ex : réduire les émissions de gaz à effet de serre),*
- limiter le recours aux produits phytosanitaires)*
- préserver les ressources naturelles.*

*Il s'agit d'utiliser la nature comme facteur de production en maintenant ses capacités de renouvellement.*

## QUATRE PÔLES DE RECHERCHE

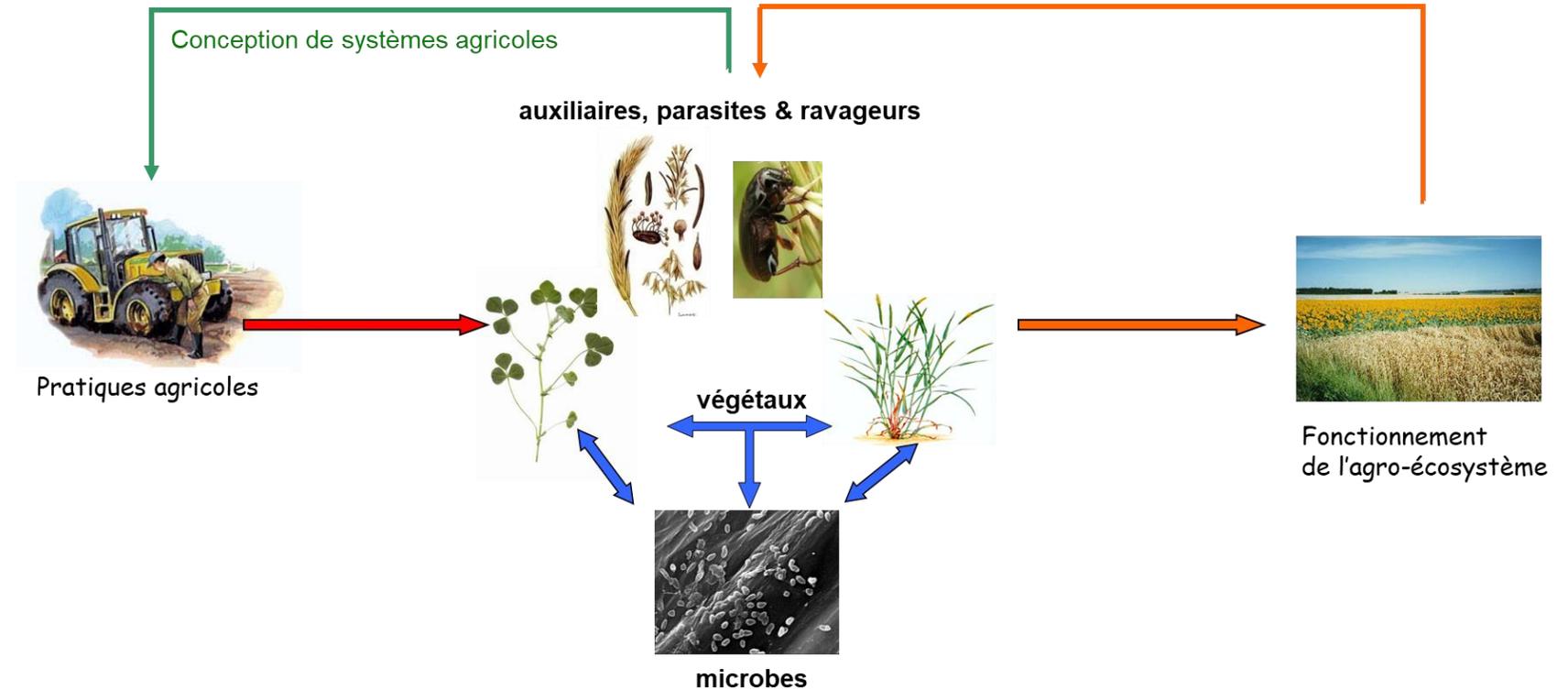
**Pôle BIOME : Biologie et fonctions écosystémiques des sols**

Pôle GEAPSI : Génétique et Ecophysiologie de l'Adaptation des Plantes aux Systèmes de culture Innovants

Pôle IPM : Mécanismes et gestion des Interactions Plantes Microorganismes

**Pôle GestAd : Gestion des adventices**

# UMR AGROÉCOLOGIE



## ■ Enjeux de l'UMR Agroécologie

- Analyser, comprendre et agir sur les interactions et régulations au sein des communautés (microbiennes et végétales) à différentes échelles spatiales et temporelles
- Proposer des systèmes de culture innovants permettant d'assurer une production agricole de qualité en quantité suffisante tout en respectant la qualité de l'environnement.

⇒ conception & impact

# AGROÉCOLOGIE

Façon de concevoir des systèmes de production qui s'appuient sur les fonctionnalités offertes par les écosystèmes.

Vise à :

- diminuer les pressions sur l'environnement (ex : réduire les émissions de gaz à effet de serre),
- limiter le recours aux produits phytosanitaires
- préserver les ressources naturelles.

**Utiliser la nature comme facteur de production en maintenant ses capacités de renouvellement.**

- > Implique le recours à un ensemble de techniques qui considèrent l'exploitation agricole dans son ensemble.
- > Réintroduit de la **diversité** dans les systèmes de production agricole et restaure une mosaïque paysagère diversifiée (ex : diversification des cultures et allongement des rotations, implantation d'infrastructures agroécologiques...) et le rôle de la biodiversité comme facteur de production est renforcé, voire restauré.
- L'agroécologie s'applique à deux niveaux d'organisation : la parcelle agricole et le territoire
- Nécessite l'existence d'**infrastructures agroécologiques**.

# Pourquoi un tel questionnement autour des produits phytopharmaceutiques (=pesticides) ?

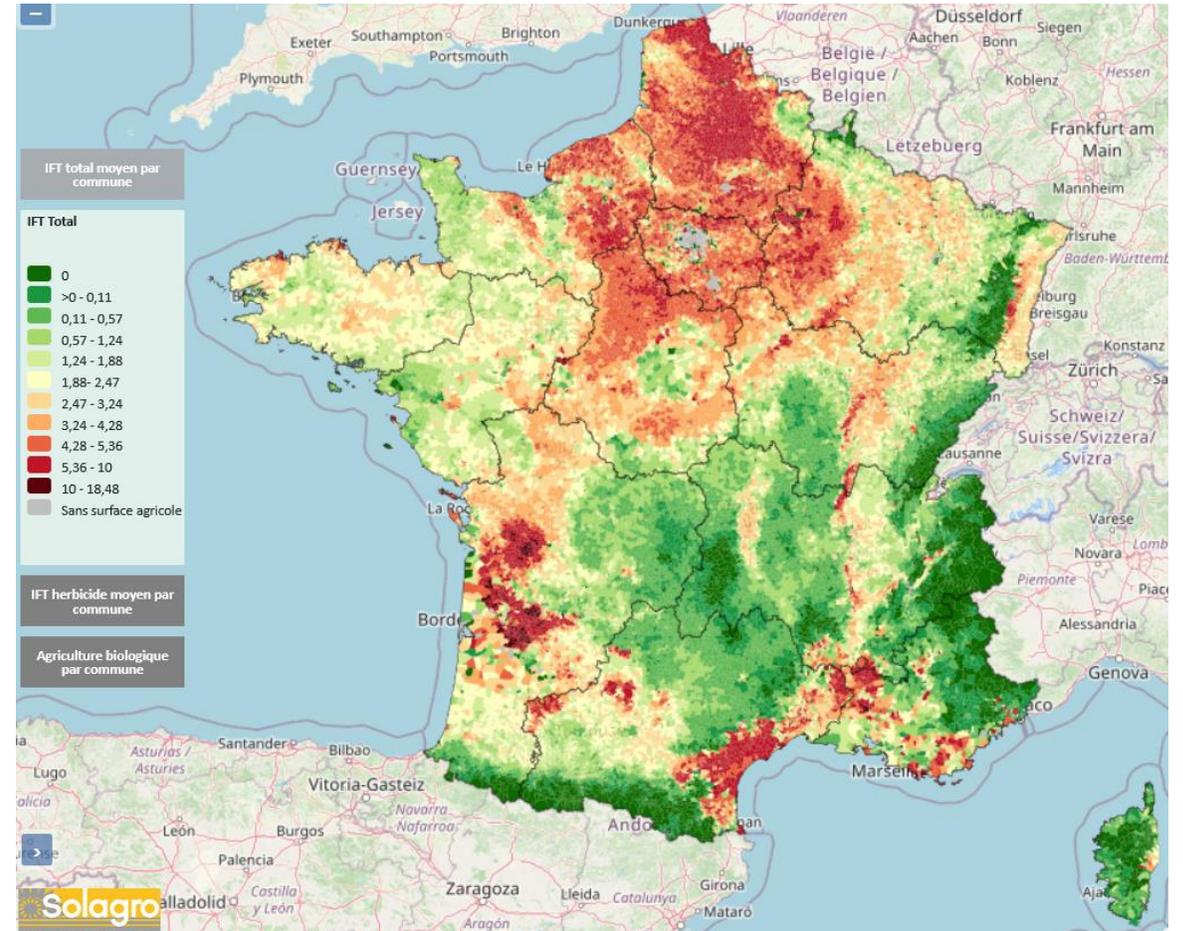


# LE CONSTAT (1) : ON EN UTILISE BEAUCOUP (HERBICIDES)

## Surfaces traitées avec des produits phytosanitaires

2014	Herbi- cides	Fongi- cides	Insecti- cides	Semen- ces
<b>Part de surface traitée</b>			%	
Blé tendre	98	95	15	95
Blé dur	90	83	9	97
Orge	97	93	10	93
Triticale	83	63	1	80
Colza	99	94	94	88
Tournesol	95	8	15	91
Pois protéagineux	91	86	76	82
Maïs fourrage	98	0	6	92
Maïs grain	98	0	28	90
Betterave sucrière	100	94	11	99
Pomme de terre	99	100	45	78
Canne à sucre	99	0	1	///

Source : Agreste - Pratiques phytosanitaires grandes cultures 2014.



<https://solagro.org/nos-domaines-d-intervention/agroecologie/carte-pesticides-adonis>

# LE CONSTAT (1) : ON EN UTILISE BEAUCOUP (HERBICIDES)

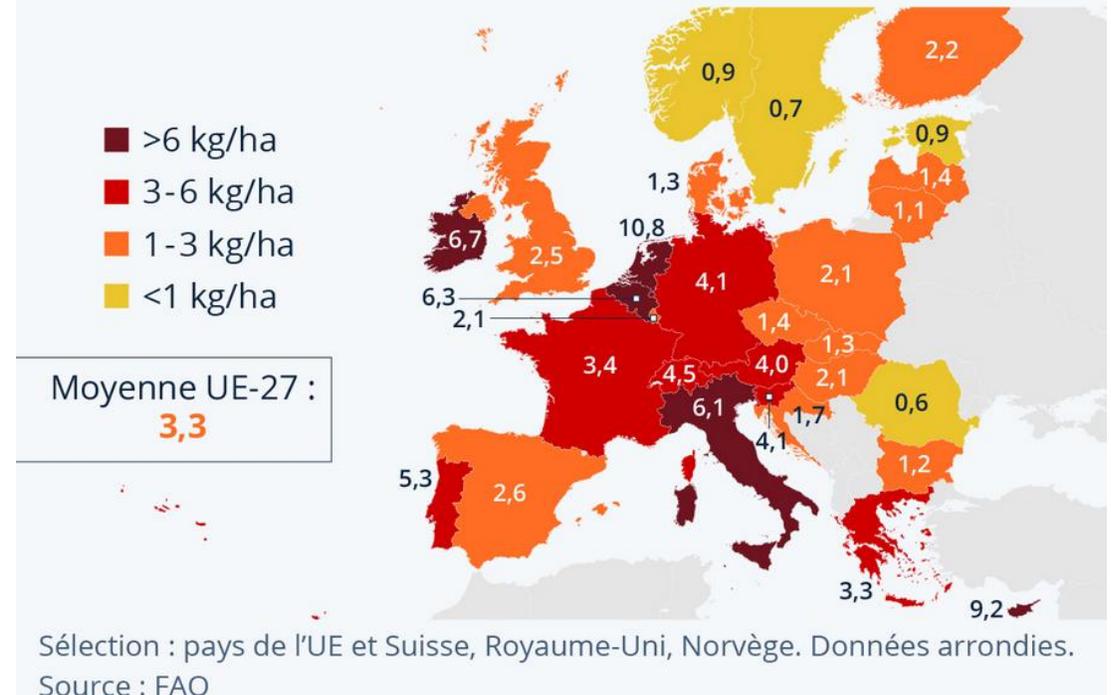
## Surfaces traitées avec des produits phytosanitaires

2014	Herbi- cides	Fongi- cides	Insecti- cides	Semen- ces
<b>Part de surface traitée</b>	%			
Blé tendre	98	95	15	95
Blé dur	90	83	9	97
Orge	97	93	10	93
Triticale	83	63	1	80
Colza	99	94	94	88
Tournesol	95	8	15	91
Pois protéagineux	91	86	76	82
Maïs fourrage	98	0	6	92
Maïs grain	98	0	28	90
Betterave sucrière	100	94	11	99
Pomme de terre	99	100	45	78
Canne à sucre	99	0	1	///

Source : Agreste - Pratiques phytosanitaires grandes cultures 2014.

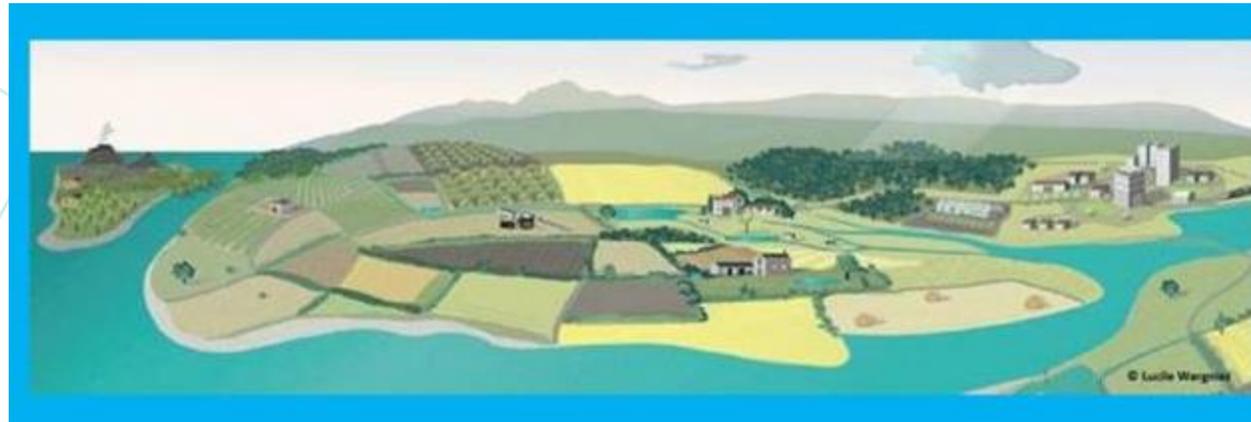
## Quels pays utilisent le plus de pesticides en Europe ?

Consommation moyenne de pesticides en 2020, en kilogrammes par hectare de terres agricoles



## LE CONSTAT (2) :

-> **Expertise : impacts des produits phytopharmaceutiques sur la biodiversité et les services écosystémiques**

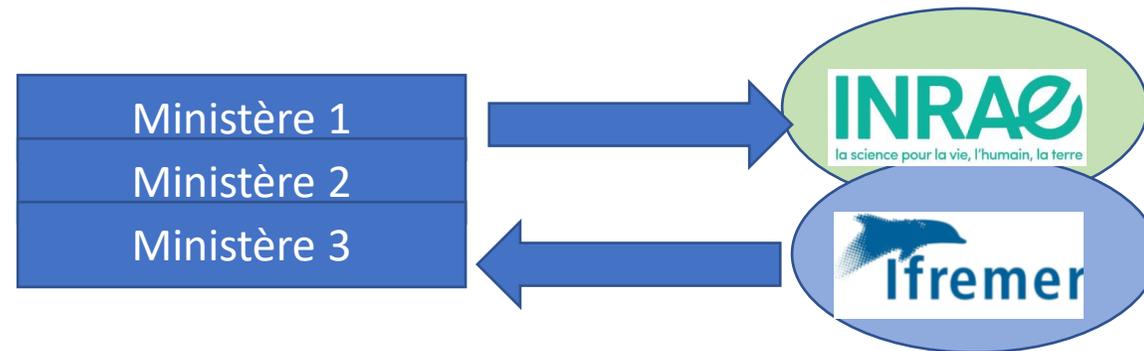


**LES 'PESTICIDES' SONT PARTOUT**

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

## ➤ Cadre de l'Expertise

Le rapport d'expertise scientifique a été sollicité conjointement en mars 2020 **par trois ministères** :  
le ministère de la Transition Ecologique,  
le ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation  
le ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche.



**Comité d'experts scientifiques désigné par les commanditaires, INRAE et l'Ifremer, pour deux années**

❖ 46 experts **dont 3 pilotes scientifiques (13 groupes de travail)**

Recherche publique

❖ 19 organismes de recherche

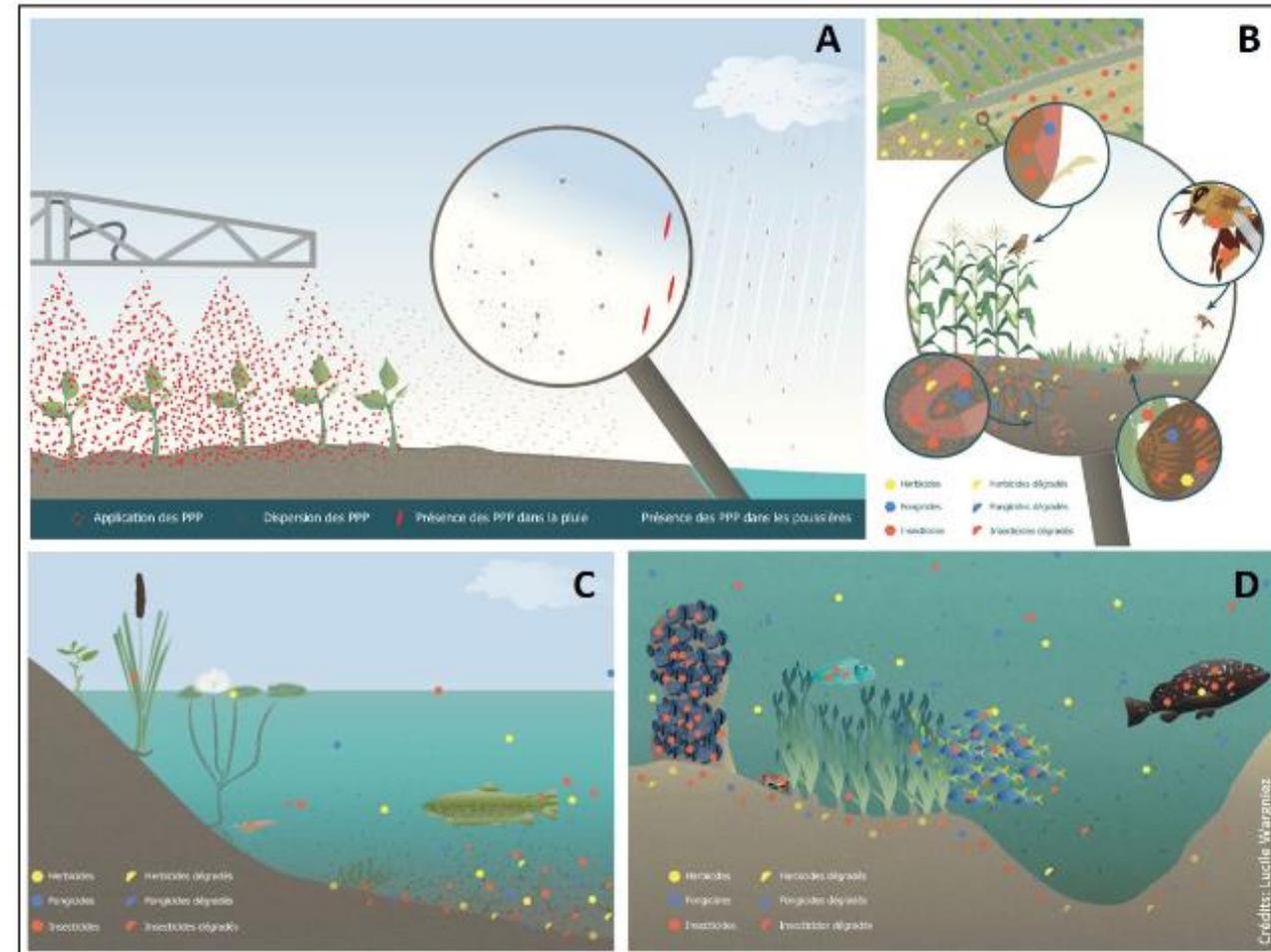
➤ **Tous les compartiments de l'environnement sont contaminés par des mélanges de PPP issus principalement de l'activité agricole (entre 95 et 98%)**

Des mélanges de PPP

- ✓ Substances actives
- ✓ Produits de transformations
- ✓ Adjuvants, co-formulants, etc.

- Une contamination majoritairement agricole puis diffusion sur milieux connexes jusqu'aux océans.
- Des substances interdites retrouvées très loin (vases des grands fonds marins, pôles)
- Des concentrations en baisse pour les PPP les plus préoccupants

*Dans différents milieux et dans différentes matrices*



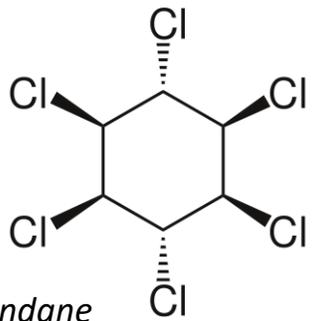
A – atmosphère ; B – milieu terrestre ;  
C – milieux aquatiques continentaux ; D - marins

## ➤ Transfert des PPP vers les milieux aquatiques

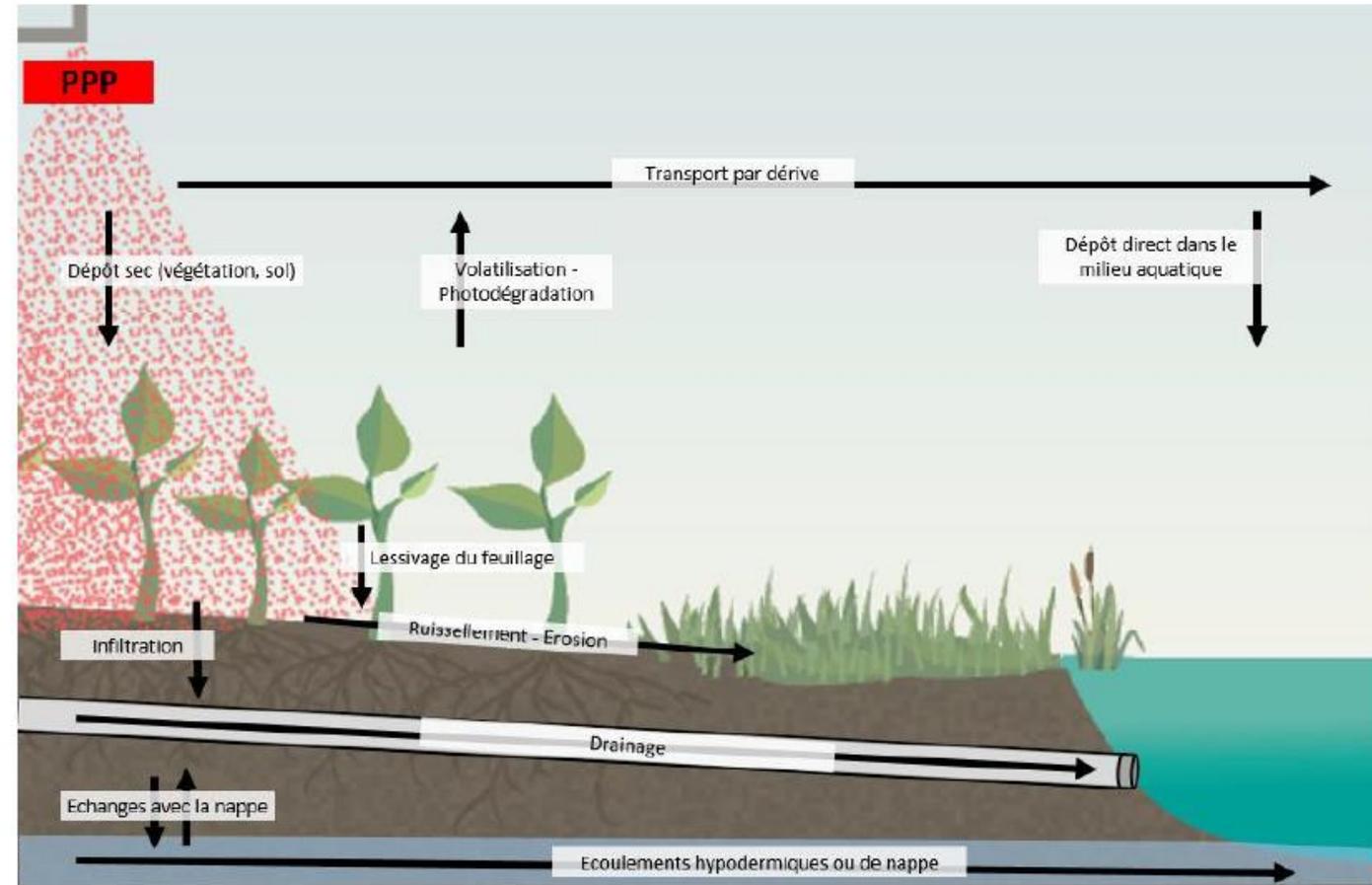
### ➤ Contamination :

- majoritairement à proximité des territoires agricoles
- mais aussi des contaminations très éloignées de la zone de départ avec diminution des concentrations

- ❖ Ex : DDT et Lindane dans des vases à – 3000 m de profondeur



Zone non saturée  
Zone saturée (nappe)



Lucile Wagniez ©

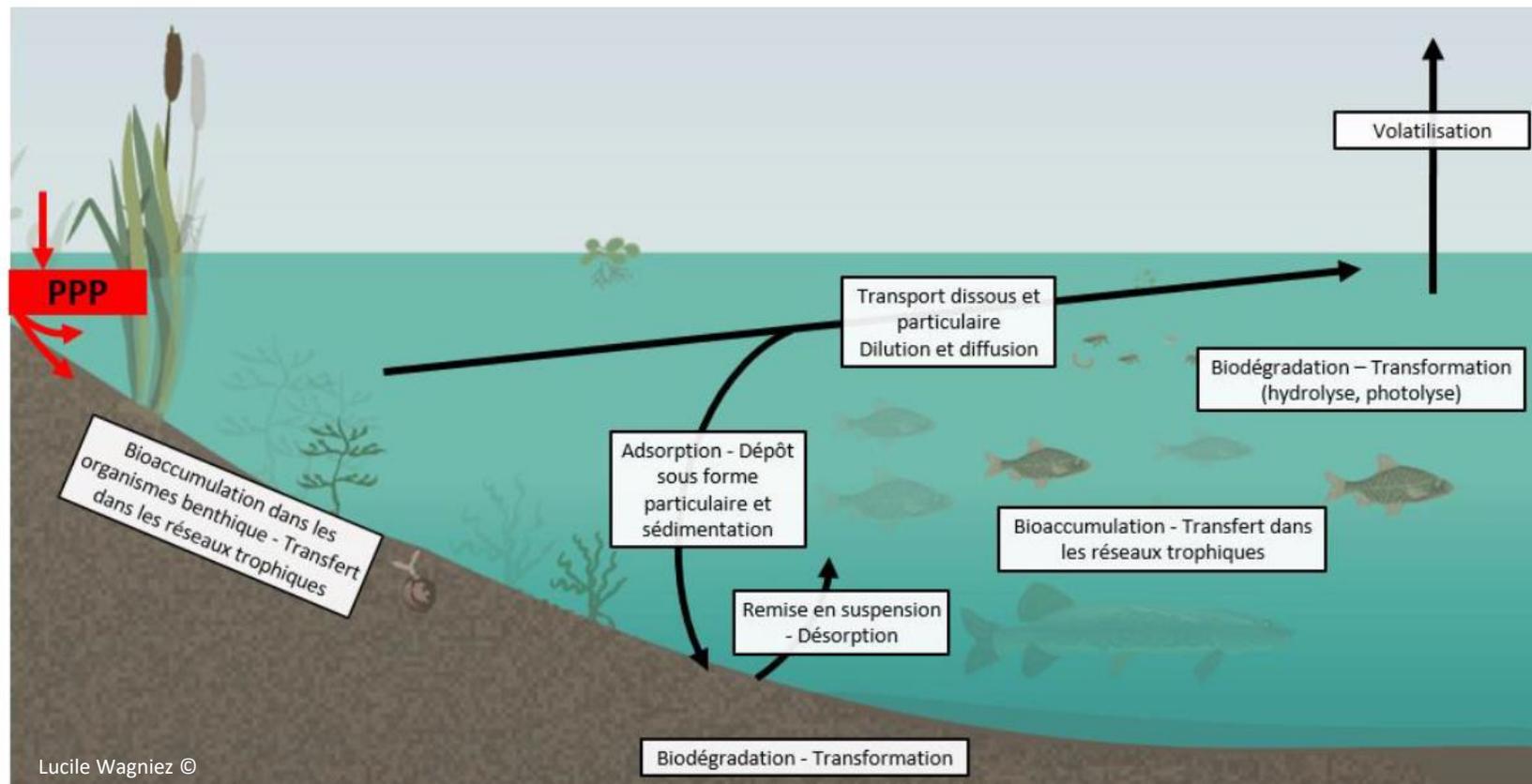
## ➤ Devenir des PPP dans les milieux aquatiques de surface

-> Contamination difficile à quantifier globalement de manière plus précise :  
- en grande partie inconnue  
- présente une grande variabilité dans l'espace et dans le temps.

-> Toutes les grands groupes herbicides, insecticides, fongicides, etc. sont retrouvés.

-> Concentration et nature des PPP varient suivant les compartiments

*Herbicide* : hydrophile  
*Insecticide* : hydrophobe



A noter : PPP interdits sont toujours détectés mais concentration ↘



## ➤ D'un point de vue global, des zones d'ombre persistent

- Besoin de connaissances sur les molécules récentes
- Prise en compte des produits de transformation, des adjuvants et co-formulants
- Contamination de l'air et du sol par les PPP mais aussi du biote
- Très peu de suivis long terme
- Des méthodologies complexes qui sortent difficilement des labos



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

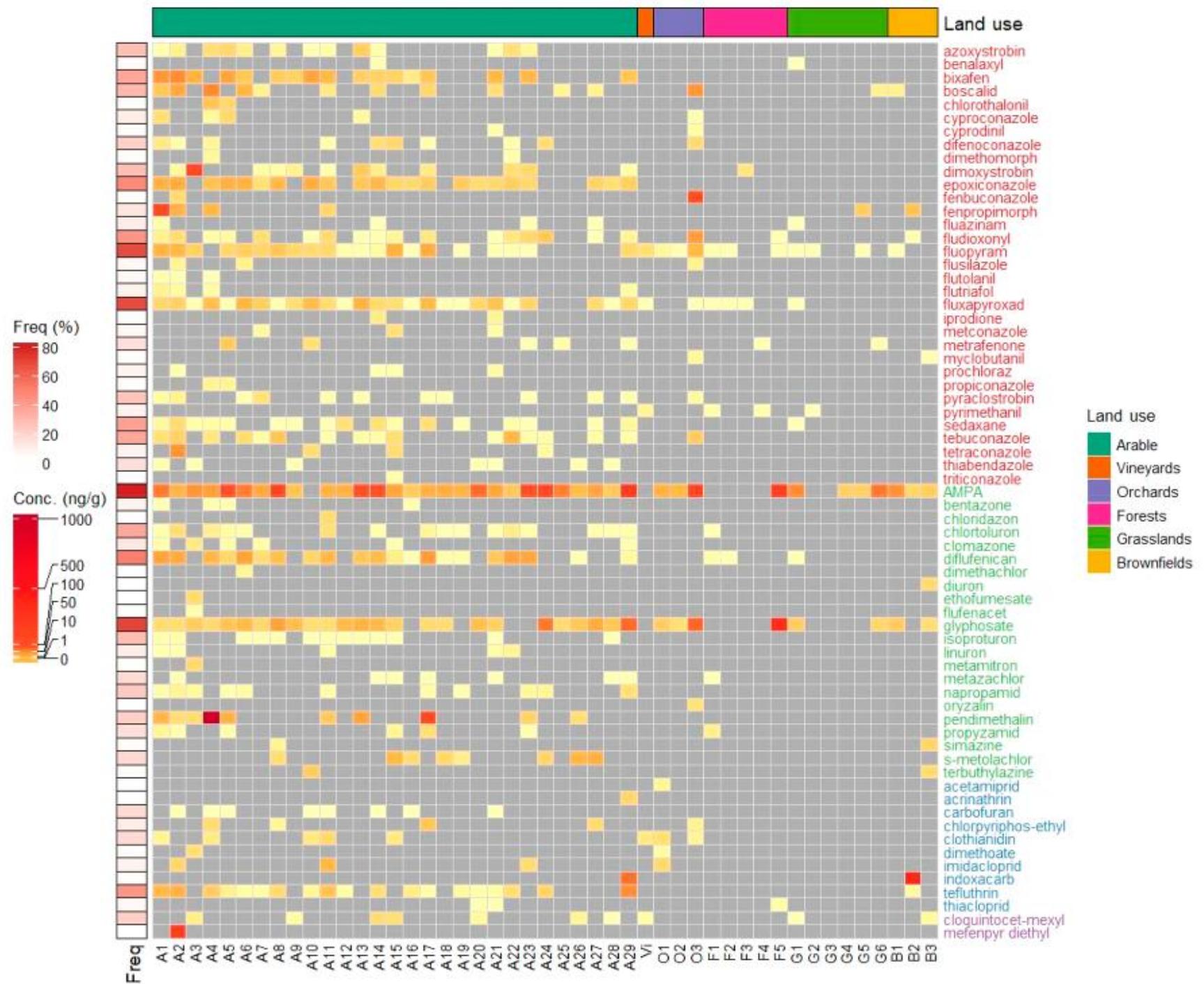


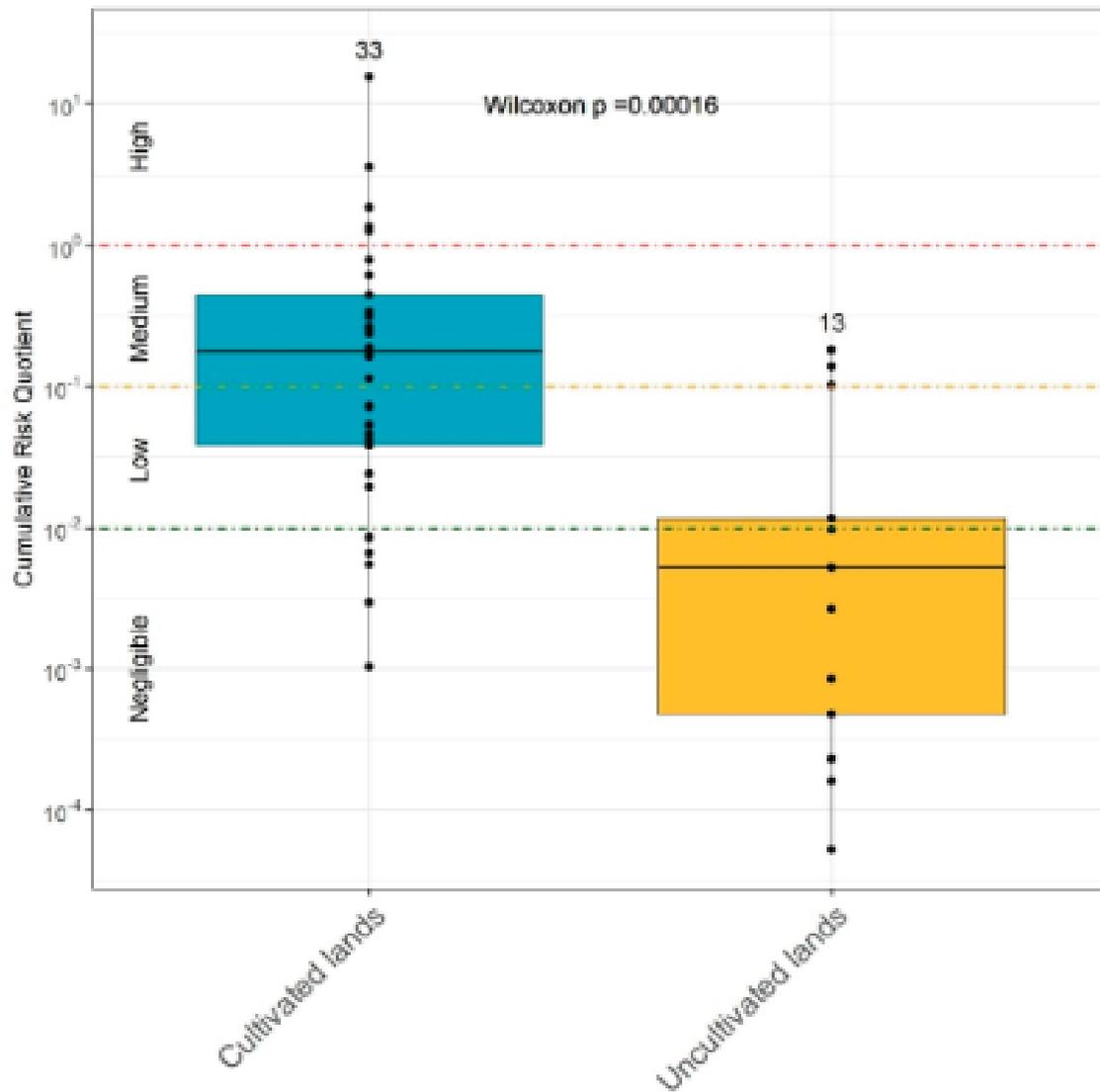
Pour les contaminations, nécessité d'études intégratives synchrones qui peuvent traiter toutes les zones de contamination

# Travaux récents INRAE

Pesticides were found in **98% of the sites** (46 of the 47 sampled), including untreated areas such as organic fields, forests, grasslands, and brownfields, with up to **33 different substances detected in one sample**, mostly fungicides and herbicides.

The concentrations of herbicides were the highest in soils with glyphosate, and its transformation product, AMPA, contributed 70% of the cumulative herbicides.





**Figure 3.** Cumulative risk quotient calculated by site displayed by land use group along with the number of values considered and the risk category for earthworms (i.e., negligible, low, medium, or high risk).

Risk assessment underlined a moderate to high risk for earthworms in arable soils mostly attributed to insecticides and/or acaricides.

Finally, the comparison with pesticide application by farmers underlines the presence of some residues long after their supposed 90% degradation and at concentrations higher than predicted environmental concentrations, leading to questions their real persistence in soils.

## ➤ Etat des lieux des effets des PPP sur la biodiversité



*Dérive de traitement herbicide*

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

# ➤ 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)

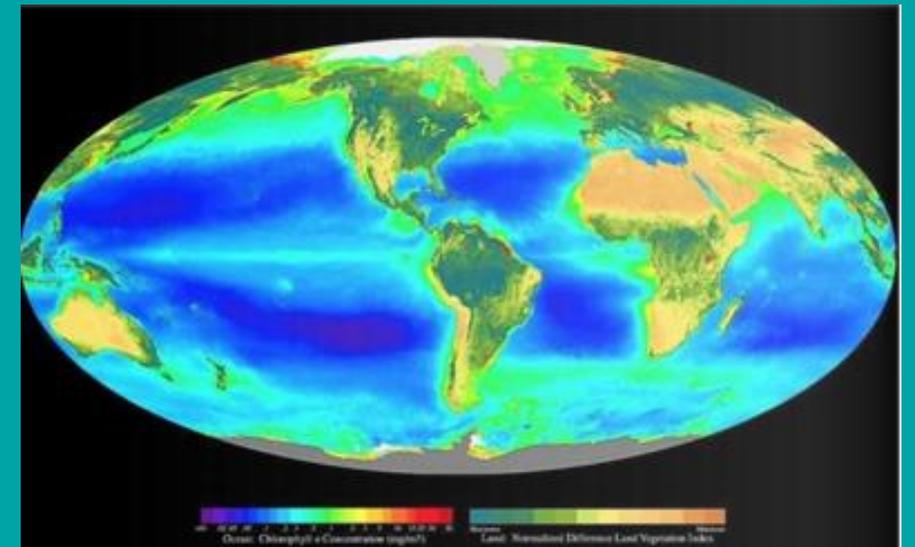


## Focus

Les PPP impactent ces différents organismes de  
manières directes et indirectes



## ➤ Producteurs primaires

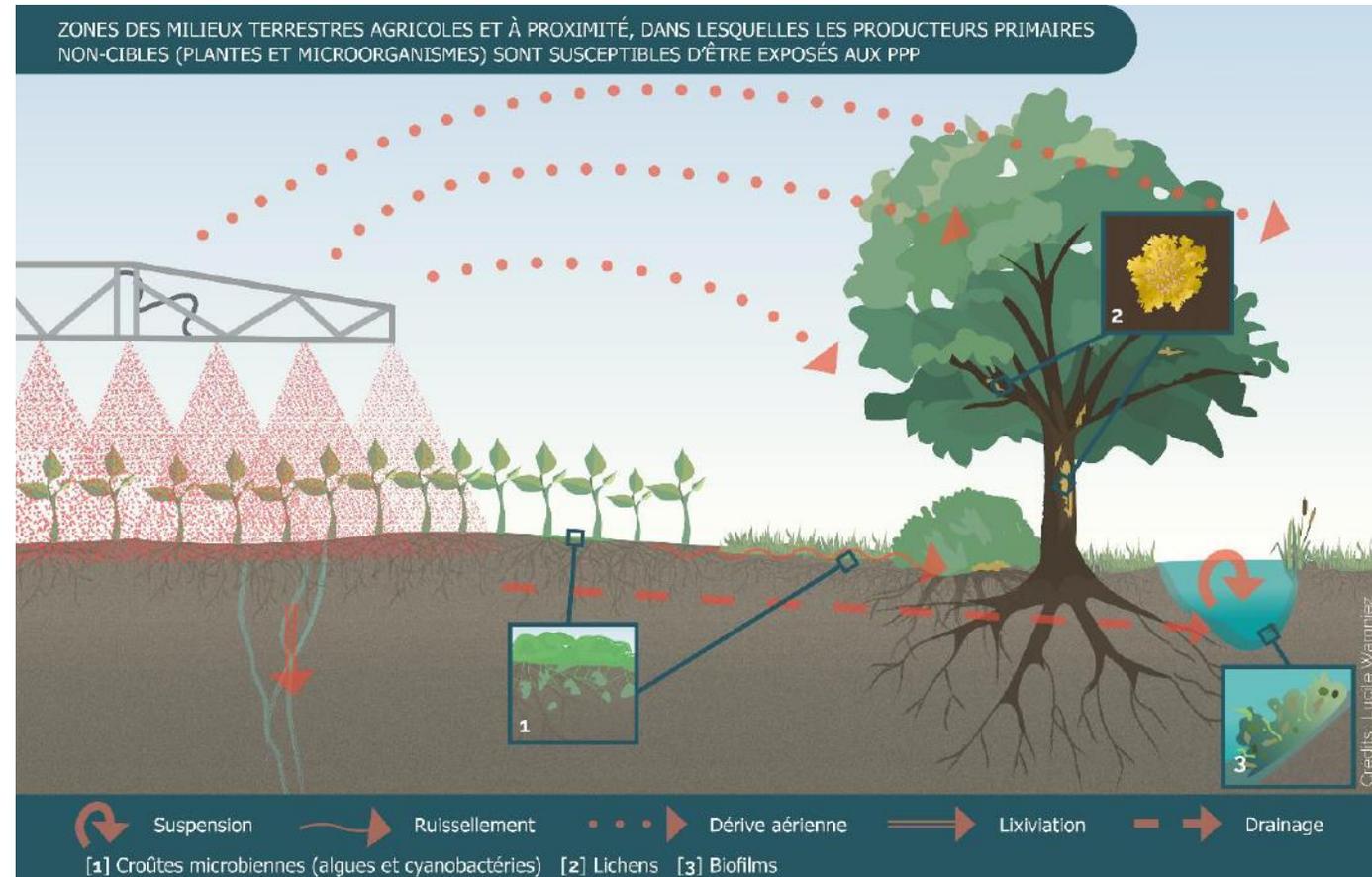


Planisphère avec visualisation de la chlorophylle a

## ➤ Les effets (non cibles) des PPP sur la biodiversité végétale

- Zones des milieux terrestres agricoles et à proximité, dans lesquelles les producteurs primaires non cibles (plantes et microorganismes photosynthétiques) sont susceptibles d'être exposés aux PPP.
- Communautés de plantes non cibles situées en bordures immédiates des parcelles, dans les fossés adjacents (macrophytes), ainsi que dans les haies (arbustes et arbres).

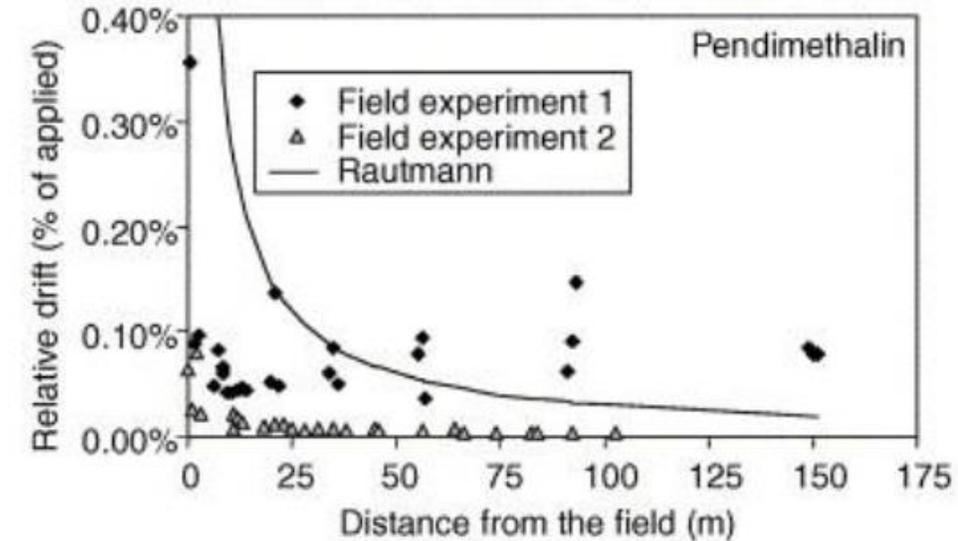
*Zones d'habitat naturel considérés comme un outil de protection contre la dérive des substances actives herbicides, ainsi qu'un moyen de piéger les ruissellements de surface et donc de réceptionner des PPP par cette voie*



- [1] croûtes microbiennes photosynthétiques (algues et cyanobactéries) en surface des sols de la culture et des zones de bordures
- [2] lichens sur arbres et clôtures,
- [3] biofilms (et plancton) dans fossés, ruisseaux

## ➤ Effets non cibles des herbicides sur la flore rudérale des milieux avoisinants (flore des bordures)

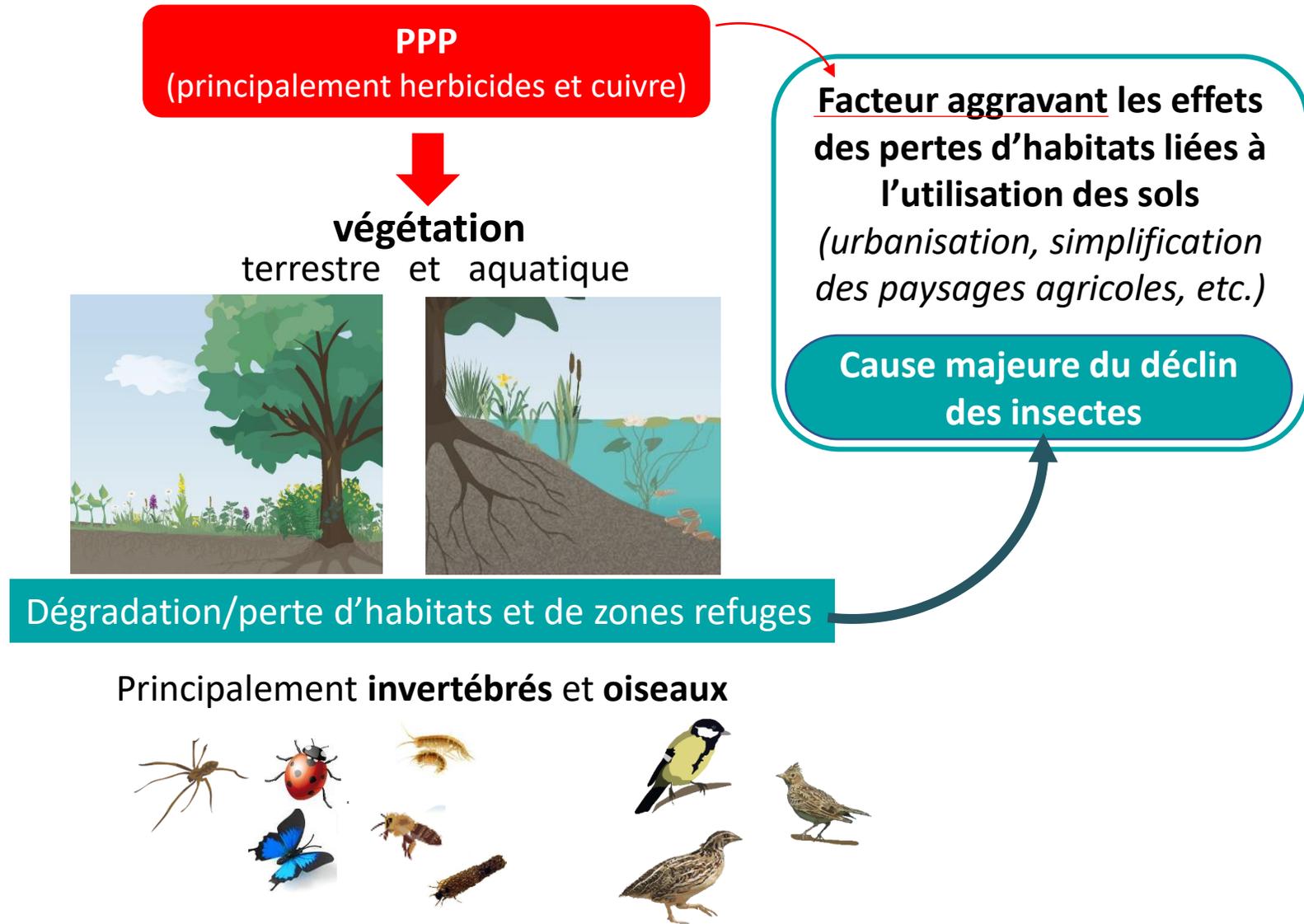
- \* pas ou peu de mortalité (sauf accident de traitement)
- \* effets ↘ sur la diversité des communautés de plantes en modifiant dans le temps leur composition (effet cumulatif)
- \* modification ↘ de la fécondité des espèces (pourcentage de fleurs fécondées ; nombre de fleurs, durée de floraison) et donc la composition des communautés végétales
  - > diminution de l'exploitation de ces ressources par différents papillons pollinisateurs
- modification des relations de concurrence entre les plantes de la communauté, favorisant certaines espèces plus tolérantes aux herbicides.
  - (par ex. : avantage compétitif aux graminées qui, en plus de mieux exploiter la fertilisation des champs par l'usage d'engrais, ne sont pas contraintes par l'herbicide).



-> **Difficulté à quantifier les doses reçues**

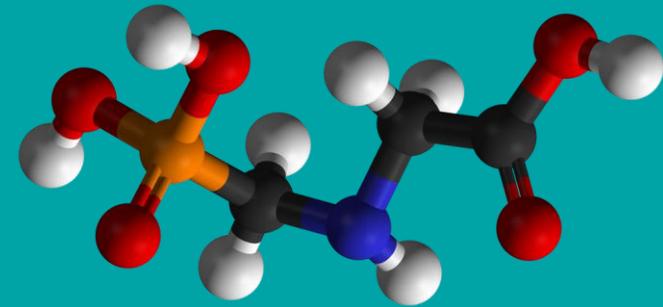
# ➤ Effets non cibles des herbicides sur la flore rudérale des milieux avoisinants (flore des bordures)

Dégradation des habitats –  
facteurs aggravants



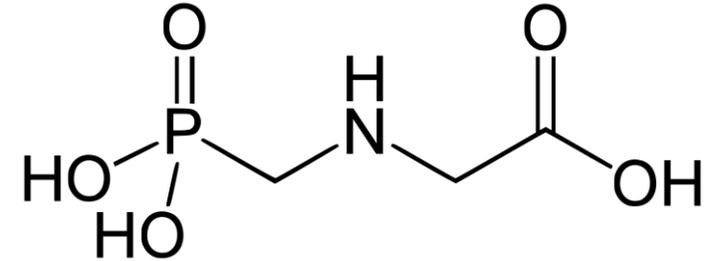


## ➤ Cas particulier : le glyphosate



## > Glyphosate

En France et plus généralement en Europe, le glyphosate et son principal produit de transformation l'AMPA font partie des PPP les plus fréquemment détectés dans les sols et dans les milieux aquatiques continentaux.



- ❖ **Dans les milieux aquatiques** (eaux de surface )
  - ✓ taux de détection du glyphosate et de l'AMPA > respectivement à 40% et 60%,
  - ✓ concentrations > 1 µg/L en petits bassins versants agricoles ou en milieu urbain.
  
- ❖ **En milieu marin**, substance peu recherchée mais les connaissances disponibles montrent des **niveaux de concentrations en glyphosate relativement élevés à proximité du littoral, autour de 1 µg/L**, comparativement aux autres herbicides.
  
- ❖ **Dans l'air ambiant**,
  - ✓ glyphosate détectées avec des **fréquences moyennes de détection proches de 64%**
  - ✓ **Fréquence autour de 75%** dans des zones de grandes cultures, viticulture et arboriculture
  - ✓ Pics de concentration pouvant dépasser ponctuellement 1 ng/m<sup>3</sup>.

## ➤ Glyphosate

### Effets sur les habitats

- Effet indirect néfaste sur différents invertébrés en modifiant leur habitat lié à un effet direct sur la végétation (milieu aquatique et terrestre).
- Effet indirect sur les invertébrés suite à une modification du biotope et de l'habitat découlant d'un effet direct sur les macrophytes

➤ **A l'exception des producteurs primaires, la littérature fait état d'effets directs relativement limités du glyphosate et de l'AMPA sur les différents organismes terrestres et aquatiques.**

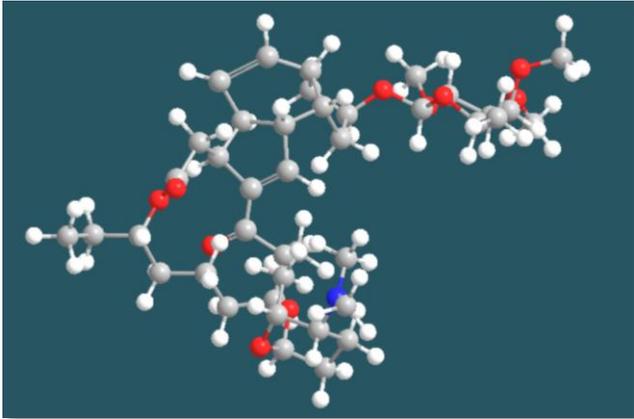
\* Cas des amphibiens, au cours leur phase terrestre particulièrement exposés au glyphosate -> risques accrus.

\* Effets possibles sur le microbiote de différentes espèces incluant des larves d'abeilles, des oiseaux, des mammifères ou des amphibiens.



## ➤ Conclusions : leviers d'action

## ➤ Substances

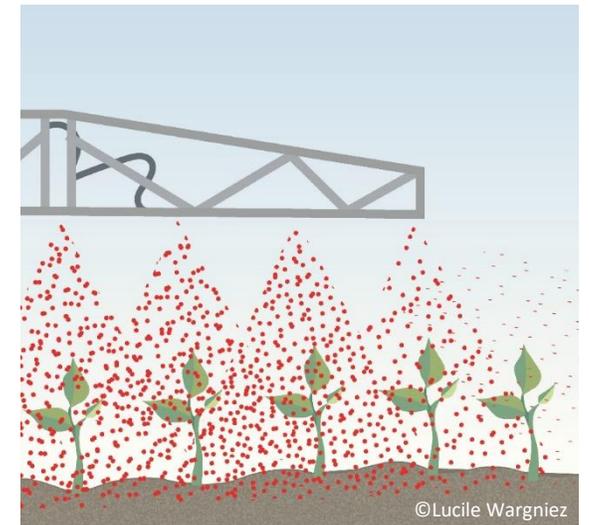


- Réduire les quantités de PPP appliquées
- Interdiction des substances persistantes et bioaccumulables
- Modes d'action sélectif (ⓘ Effets directs non anticipés et effets indirects)
- Amélioration de l'efficacité des PPP (ⓘ Toxicité à faible dose)
- Biocontrôle

### ➤ Substitution de substances

➔ Déplacement des transferts et des effets

➤ **Alternative doit être pensée comme l'ensemble des méthodes à déployer pour aboutir à une maîtrise du risque PPP**



# LE CAS DES HERBICIDES QUEL RÔLE ?



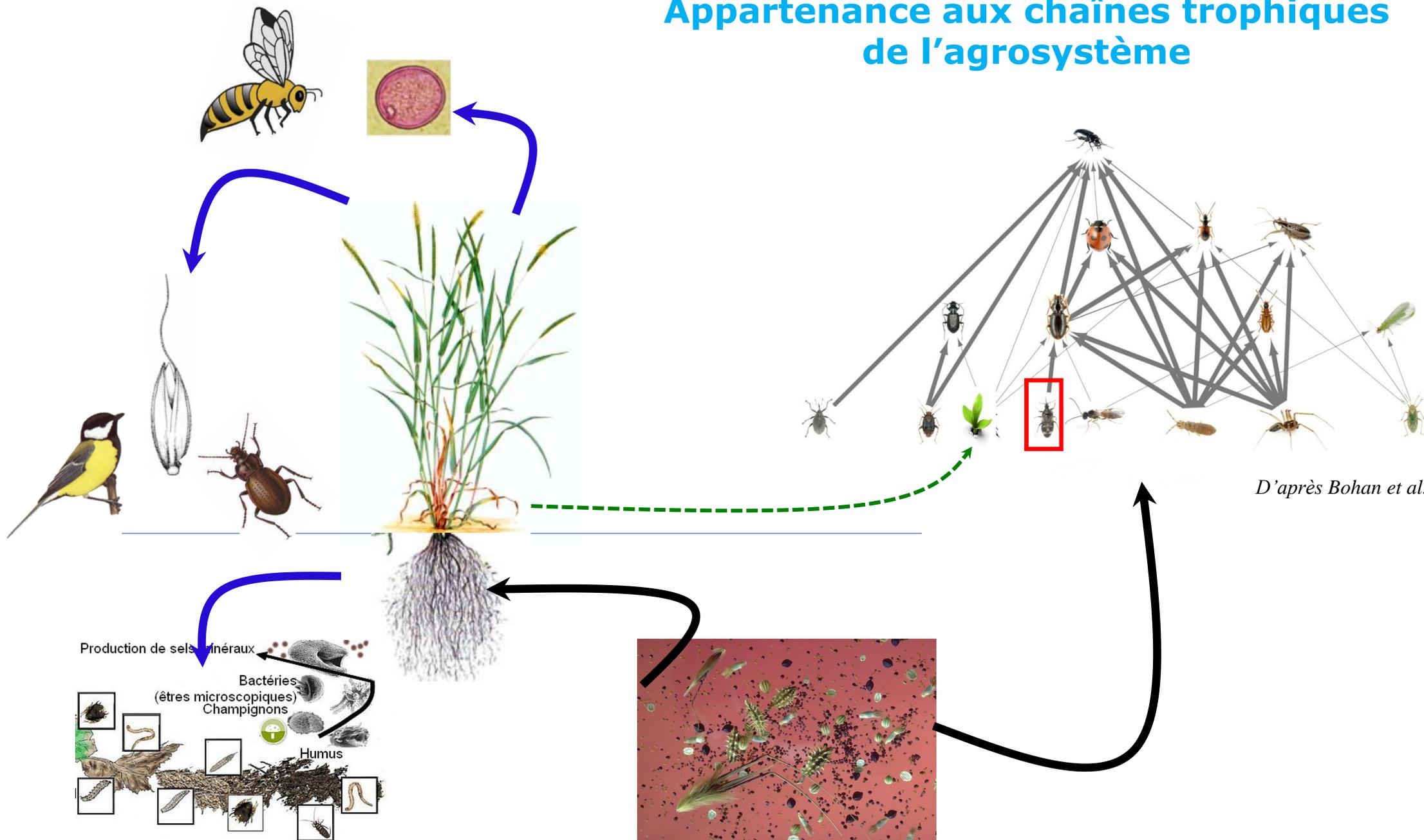
# Communautés de mauvaises herbes des agrosystèmes



## Dysservices potentiels :

pertes de rendement,  
réduction de la qualité de la récolte,  
augmentation du temps de travail  
etc.

# Appartenance aux chaînes trophiques de l'agrosystème



*D'après Bohan et al. (2011)*

Stress sur la culture  
Pertes de rendement  
Qualité de la récolte  
Source parasites  
Allergie / toxicité  
Gêne au travail  
Utilisation de produits de synthèse  
*Etc.*



Limitation érosion  
Pollinisation  
Diversité – ressources trophiques  
Source auxiliaires  
Complément ressources  
Structuration des sols  
Richesse paysagère  
*Etc.*

« Mauvaise herbe »

« Flore spontanée »

Mais y-a-t 'il un problème de mauvaises herbes ?  $\leftrightarrow$  Certainement un problème de désherbage (impact du désherbage)  
*(diversité végétale)* *(environnement)*

# Désherbage manuel au désherbage tracté



Phytoma ©

20 personnes /ha/jour (18e siècle)

... Des femmes en nombre courbées vers la terre arrachent avec les mains, une par une, toutes les plantes nuisibles. C'est un travail minutieux, mais auquel le cultivateur ne saurait se soustraire sans quoi la malheureuse ivraie et l'avoine stérile dominant dans son champ et la rendent infertiles...

De Gasparin, 1849

*Pour moi, il me semble qu'un mauvais agriculteur peut seul laisser croître l'herbe parmi les plantes qu'il a semées ; car le défaut de sarclage diminue beaucoup les produits*

(Traduction – Columelle, 1<sup>er</sup> siècle ; <http://remacle.org/>)

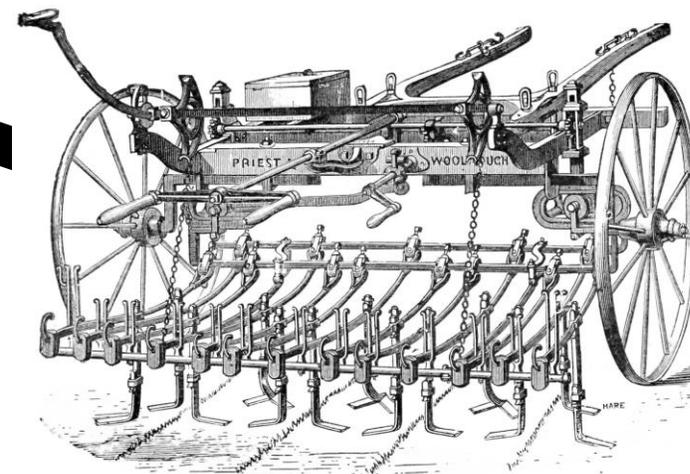


Fig. 54. — Houe à céréales de Woolnough

# Désherbage chimique herbicides minéraux et naturels

Première tentative de désherbage chimique (1895 – 1930) :

Zinc, ammoniac, nitrate de soude (200 kg/ha), arsénite de soude (5 kg/ha), cyanamide (120 kg/ha), sels de mercure, gazage sulfureux, **sulfate de cuivre, à 5% (30 à 50 kg/ha), nitrate de cuivre à 3 %, Sulfate de fer à 20 % (200 kg/ha), sel de mer**, etc.



Avant sulfate de fer

Après sulfate de fer

Viloq, 1899

## Désherbage à l'acide sulfurique

De 1905 à environ 1950 - Méthode Rabaté :

De 600 à 1500 litres par hectare

Concentration qui varie suivant les espèces de 5 à 12%  
(environ 15 kg d'acide sulfurique pur à l'hectare)

Effet de déshydratation qui détruit les eudicotylédones



Rustica, Janvier 1934

# Désherbage chimique de synthèse

\* **1er herbicide de synthèse** 1932

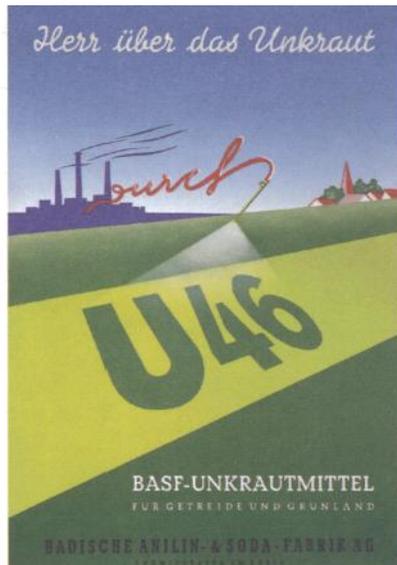
DNOC – Dinitro ortho crésol

\* **Puis nombreux herbicides de synthèse à partir de 1945**

Hormones anti-dicotylédones

Anti-graminées milieu fin années 60

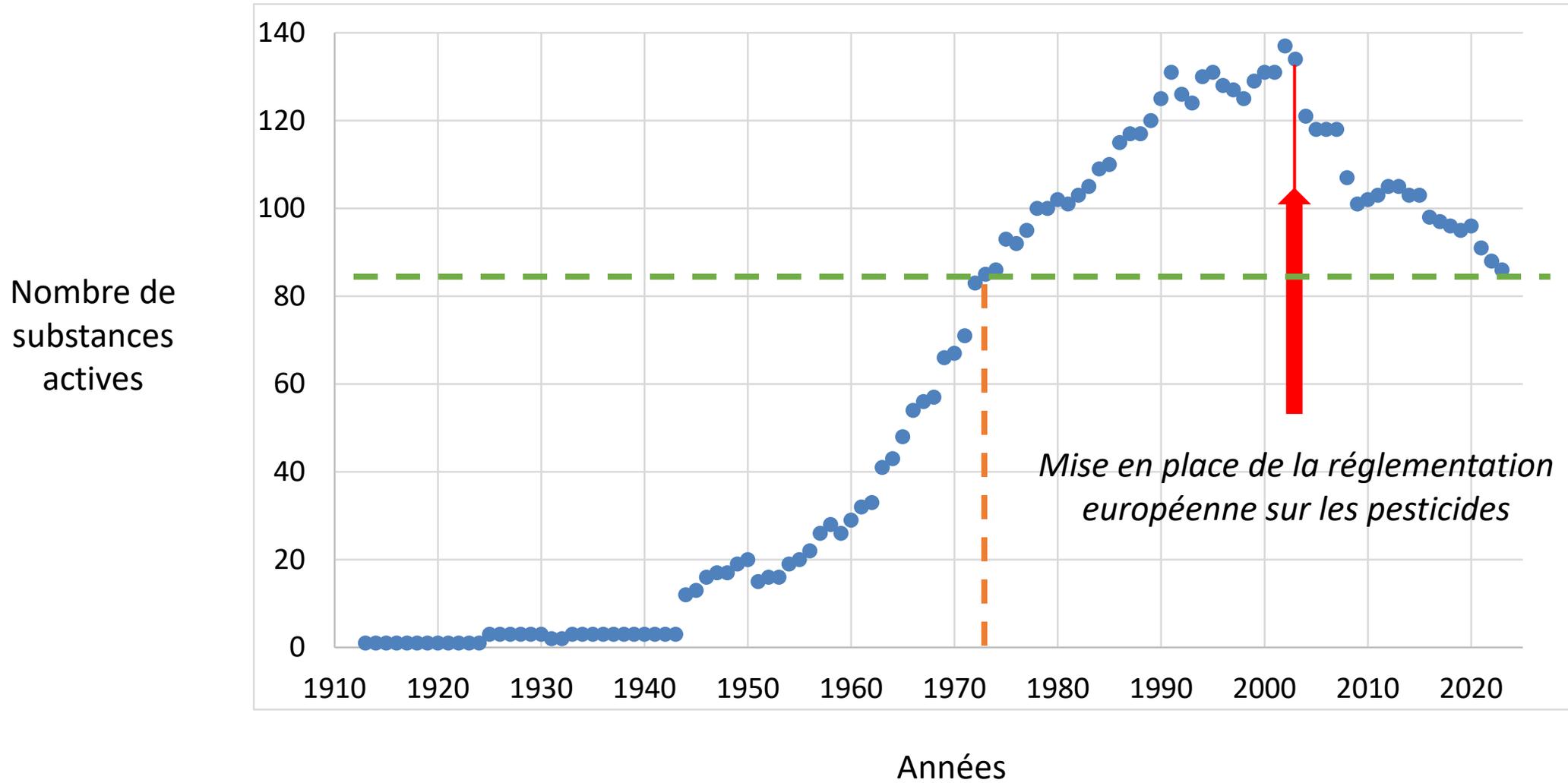
**Herbicides = alternatives au travail du sol**



NOUS VOULONS  
DES COQUELICOTS

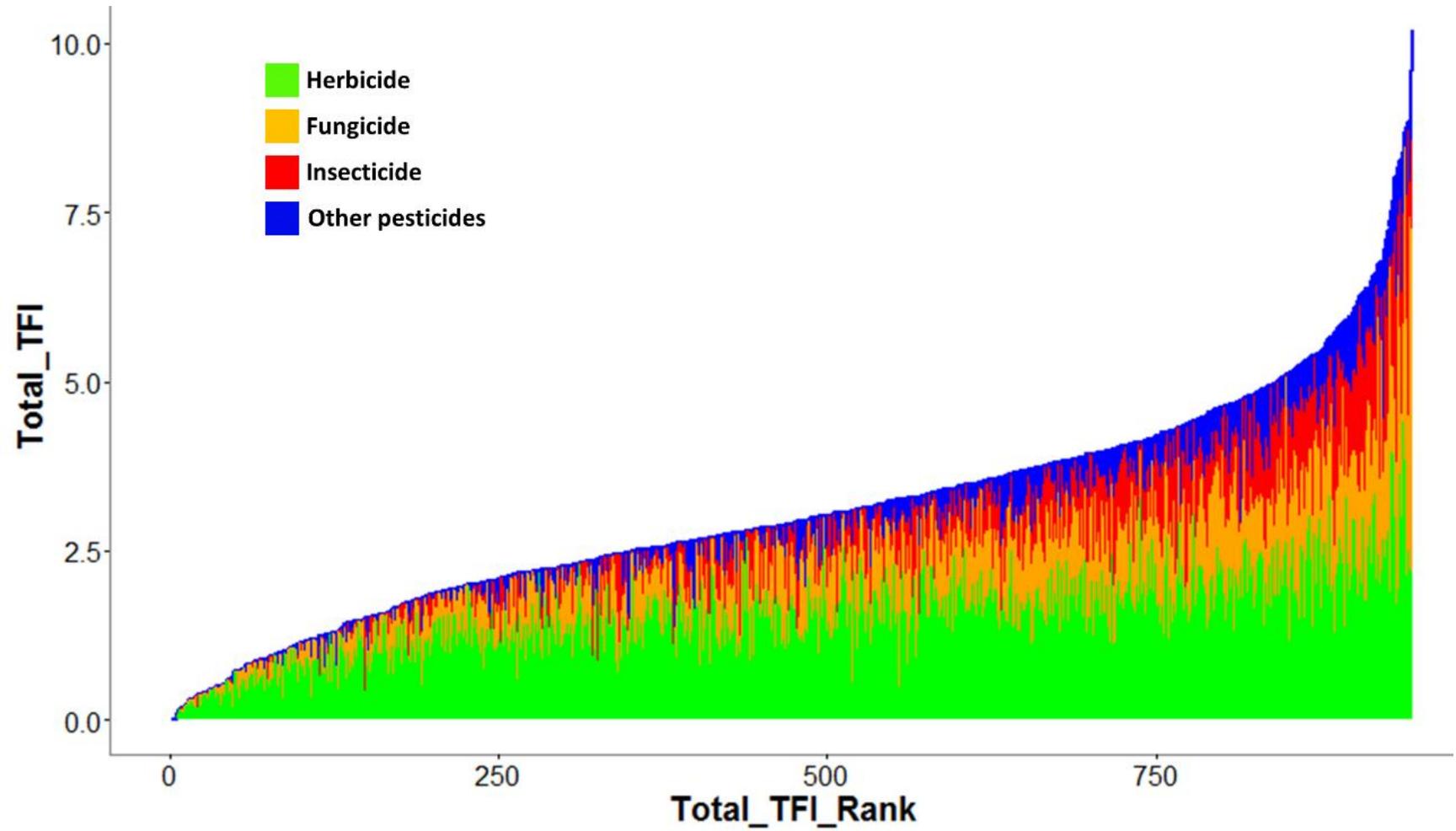
APPEL À LA RÉSISTANCE POUR  
L'INTERDICTION DE TOUS LES PESTICIDES

# Evolution du nombre de substances actives herbicides



# Problématique tenace

Résultat sur  
réseau Dephy



**Quelle agriculture pour demain ?**

# Evolution de l'agriculture

Intensité du travail du sol



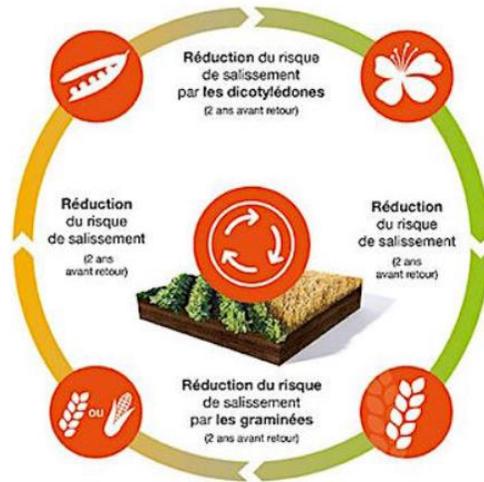
## Agriculture biologique



Gestion préventive et curative par la travail du sol

Différentes pratiques de perturbation à effet cumulatif

## Diversification de la rotation



Systèmes agroécologiques

## Agriculture de conservation

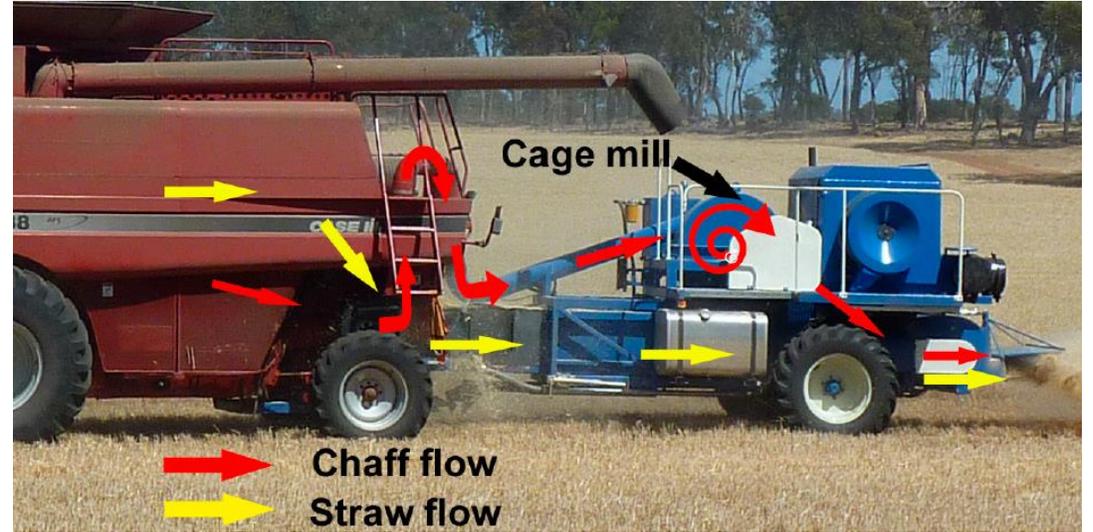


Couverts vivants et mort

Rôle central du désherbage chimique (herbicide de post-levé)

# Plus de technologies ?

→ Moissonneuse batteuse destructrice des semences de mauvaises herbes

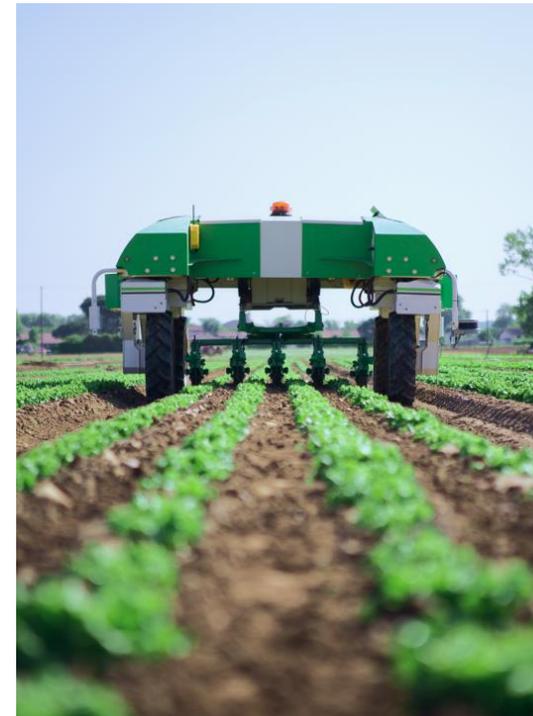


Walsh, 2012

→ Désherbage électrique



<https://zasso.com/fr/accueil/>



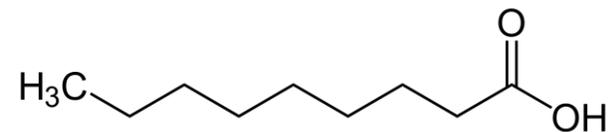
→ Robot désherbeur

<https://www.naio-technologies.com/dino/>

# Un avenir pour le désherbage « naturel » ?

## \* Contrôler par des molécules naturelles ?

Acide pélargonique, acide acétique, etc.



## \* Optimiser et/ou favoriser les régulations biologiques

- Troupeaux 'desherbeurs'
- Communautés de carabidés
- Mycotoxines ?



La France Agricole ©

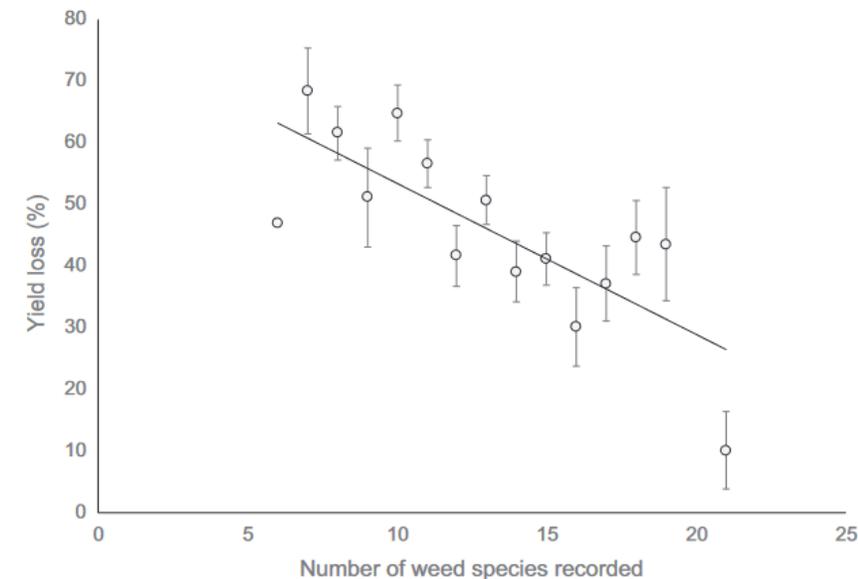


## \* Diversifier

- Cultures, rotations
- Paysages



Tschumi ©



## Pour conclure ...

-> obligation d'aller vers des systèmes agroécologiques

### Vers plus de travail du sol ?

- Conséquences sur les sols (érosion, taux de matière organique, diversité fonctionnelle)

### Vers plus de technologie ?

- Agriculture hors sols, herbicide ARN, variété modifiée

### Vers des agricultures douces ?

- Permaculture, agriculture régénératrice, etc.

### Vers un autre type d'alimentation



# Pour conclure ... des systèmes agroécologiques mais ...

## Vers plus de travail du sol ?

- Conséquences sur les sols (érosion, taux de matière organique, diversité fonctionnelle)

## Vers plus de technologie ?

- Agriculture hors sols, herbicide ARN, variété modifiée

## Sur quelles surfaces de sol ?

## Vers ds agricultures douces ?

- Permaculture, agriculture régénératrice, etc.

## Vers un autre type d'alimentation

# Dans quels types de climat ?





Agroécologie  
Dijon  
Unité de Recherche

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

