

Recherche d'indicateurs biologiques adaptés pour le monitoring des effets des résidus de produits phytosanitaires dans les sols agricoles

Contexte et introduction

En agriculture, les produits phytosanitaires (PPh) sont fréquemment appliqués pour protéger les cultures contre les ravageurs et garantir une capacité de production élevée. Avant leur mise sur le marché, les PPh sont soumis à une procédure d'autorisation, basée sur des tests normalisés, pour prouver qu'ils n'ont pas d'effets négatifs sur les organismes non-cibles. Cependant, les écosystèmes naturels sont complexes et le comportement et l'impact d'un produit chimique dans l'environnement peuvent ne pas être correctement représentés dans les conditions standard de l'évaluation prospective. Alors que certains PPh se dégradent rapidement après application, d'autres PPh peuvent persister sous forme de résidus dans l'écosystème. De plus, dans les systèmes agricoles, on trouve souvent non pas un, mais des mélanges de plusieurs PPh. Ainsi, les organismes non-cibles et leurs communautés naturelles, qui fournissent d'importants services à l'écosystème, peuvent être exposés à de multiples résidus de PPh et peuvent subir des effets indésirables souvent difficiles à prévoir. Le monitoring de l'occurrence, de la persistance et des effets réels des résidus de PPh dans l'environnement peut être utile pour compléter les approches actuelles.

Le plan d'action et le projet ConSoil – un monitoring à long terme des résidus de PPh dans les sols agricoles

Afin de réduire les risques des PPh et de promouvoir leur utilisation durable, le Conseil fédéral a approuvé en 2017 un plan d'action pour les PPh (PA-PPh). Dans le cadre du PA-PPh, la mesure 6.3.3.7 vise à développer un monitoring des résidus de PPh pour évaluer leurs effets sur la fertilité des sols à long terme.

Dans le cadre de la mesure 6.3.3.7, le projet ConSoil a été créé pour proposer un concept d'évaluation du risque à long terme des résidus de

PPh sur la fertilité des sols. L'un des objectifs du projet ConSoil est de développer des indicateurs biologiques pour évaluer les effets des résidus de PPh. Les outils indicateurs peuvent être à la fois des tests de laboratoire, avec des échantillons de sol prélevés sur le terrain, ou des investigations écologiques directes sur le terrain. Dans les deux cas, les effets mesurés peuvent être structurels (taille de la population, composition de la communauté) ou fonctionnels, en mesurant les activités réalisées par les organismes (par exemple, la décomposition de la matière organique).

Afin de choisir des indicateurs biologiques appropriés, il faut répondre aux questions suivantes : 1) qu'est-ce que la fertilité du sol ? Et 2) quels organismes du sol contribuent (le plus) aux fonctions écologiques du sol importantes pour la fertilité du sol ?

1) Qu'est-ce que la fertilité du sol ?

La définition de la fertilité des sols est reprise de l'Ordonnance sur les atteintes portées aux sols du 1er juillet 1998 et est résumée dans l'encadré 1.

Encadré 1 : *Un sol fertile présente une communauté biologique active, ainsi qu'une structure, une succession et une épaisseur typiques de sa station, et une capacité de décomposition intacte. De plus, les plantes peuvent pousser et se développer sans entraves.*

En d'autres termes, les fonctions écologiques suivantes du sol doivent être préservées :

- **Fonction de production** : capacité du sol à produire des biens agricoles
- **Fonction de régulation** : capacité du sol à stocker, réguler et filtrer l'eau, les nutriments et les polluants
- **Fonction d'habitat** : capacité du sol à fournir les conditions et les ressources nécessaires aux organismes et à contribuer au maintien de la diversité des écosystèmes, des espèces et de leur diversité génétique.

2) Quels organismes du sol contribuent à la fertilité du sol ?

Les sols sont habités par différents organismes, tels que les micro-organismes (par exemple, les champignons, les bactéries), les organismes de la mésofaune (par exemple, les microarthropodes du sol), de la macrofaune (par exemple, les vers de terre, les isopodes) et les plantes, qui interagissent ensemble dans des réseaux fortement connectés. Les organismes du sol sont impliqués dans plusieurs processus écologiques qui, à leur tour, assurent les fonctions écologiques du sol. Pour protéger la fertilité du sol à long terme, les organismes assurant les trois fonctions écologiques du sol soutenant la fertilité du sol (voir point 1 ci-dessus) doivent être protégés.

Afin d'identifier des organismes spécifiques, qui sont des acteurs importants pour protéger la fertilité des sols, un rapport technique a été édité pour le projet ConSoil (Dell'Ambrogio et al. 2023), où les liens entre les différents acteurs et les fonctions et processus écologiques respectifs des sols sont compilés, sur la base des connaissances scientifiques actuelles, et résumés dans la table « Actors to Ecological Soil Functions » (AESF).

La table AESF

Dans la littérature scientifique, le rôle des organismes du sol dans le fonctionnement des écosystèmes est décrit en utilisant différentes classifications pour différents contextes et objectifs. Par conséquent, la pertinence des informations disponibles a dû être examinée et intégrée dans une classification commune, basée sur le concept de services écosystémiques (voir encadré 2). Pour établir la table AESF, les étapes suivantes (résumées dans la figure 1) ont été appliquées:

- **Étape 1:** Intégration de la fertilité des sols dans le concept CICES : mise en relation des fonctions écologiques des sols et des services écosystémiques (au niveau de la Section)

¹ Le CICES a un contexte large, par conséquent seules les Classes jugées pertinentes pour le projet ConSoil ont été sélectionnées.

² Les étapes 3 à 5 sont basées sur la littérature scientifique : Les Processus reflètent le rôle direct joué par les Acteurs qui contribuent aux Classes de services écosystémiques. Bien

- **Étape 2¹:** Sélection des services écosystémiques (au niveau de la Classe) en fonction de leur pertinence pour la fertilité des sols
- **Étape 3²:** Intégration des informations de la littérature scientifique dans le concept CICES (au niveau de la Classe)
- **Étape 4²:** Ajout du concept de Processus aux Classes de services écosystémiques
- **Étape 5²:** Attribution des Acteurs aux Processus

Encadré 2: Les services écosystémiques sont définis comme les avantages que les humains reçoivent du fonctionnement de l'écosystème et sont utilisés comme un outil de communication important pour les parties prenantes. La classification la plus récente est la Classification internationale commune des services écosystémiques (CICES - <https://cices.eu/>), où les services écosystémiques peuvent être classés en plusieurs niveaux de détail dans une structure hiérarchique. Le niveau Section fournit le moins de détails, tandis que le niveau Classe est le plus détaillé.

Conclusion et Perspectives

Alors que l'attribution des Acteurs aux Processus et aux services écosystémiques est basée sur des connaissances scientifiques, le choix des services écosystémiques à protéger doit être fait en collaboration avec les décideurs. À cette fin, les Classes de services écosystémiques seront classées en fonction de leur importance pour la fertilité des sols, en utilisant les résultats d'un questionnaire soumis aux parties prenantes et experts du domaine de l'agriculture (politique/autorités, recherche/académie, utilisateurs du sol/ agriculteurs). Les Acteurs seront priorisés, en fonction du nombre de connexions qu'ils partagent avec les services écosystémiques classés et la sélection des indicateurs biologiques les plus adaptés couvrira au mieux les Acteurs prioritaires pour la fertilité des sols.

que la contribution relative de chaque Acteur soit difficile à quantifier, les informations compilées donnent un aperçu des liens qualitatifs entre les Acteurs et les Processus

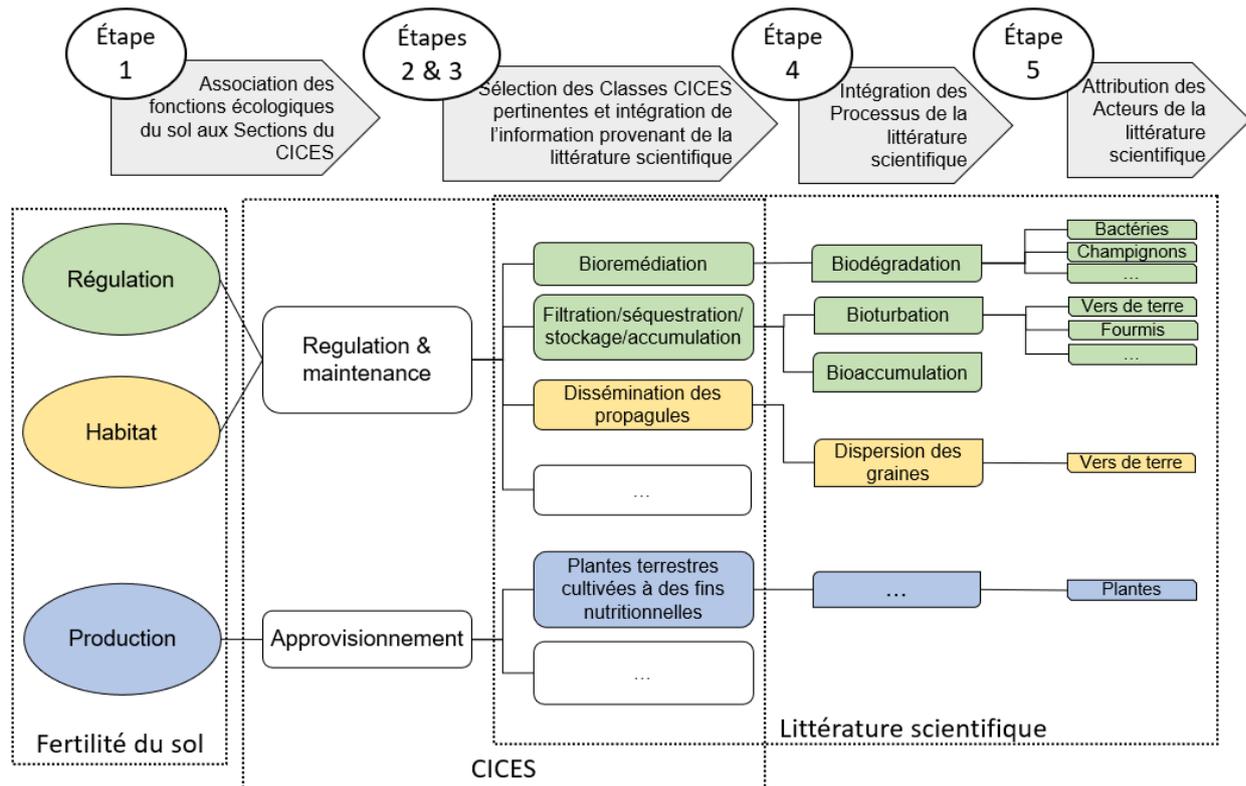


Fig. 1: Procédure par étapes appliquée pour la production de la table AESF, illustrant les liens entre les fonctions écologiques du sol, les services écosystémiques (SE), les processus et les acteurs (c'est-à-dire les organismes du sol), avec quelques exemples. Les fonctions écologiques du sol sont codées par couleur : bleu = fonction de production, jaune = fonction d'habitat, vert = fonction de régulation. Les SE sont définis sur la base de la Classification internationale commune des services écosystémiques (CICES - <https://cices.eu/>). Les processus et leur lien avec les acteurs sont basés sur la littérature scientifique. Pour la description détaillée de la procédure, voir Dell'Ambrogio et al. 2023.

Glossaire

- Acteurs :** Terme générique pour définir différents groupes écologiques et taxonomiques d'organismes du sol, par exemple, les plantes, les vers de terre, les bactéries.
- Fonctions écologiques du sol :** Résultat du fonctionnement normal de l'écosystème du sol qui, dans le cadre de la fertilité des sols de la Stratégie Sol Suisse, correspond aux fonctions de production, de régulation et d'habitat.
- Processus écologiques :** Actions et interactions des organismes du sol avec leur environnement contribuant aux fonctions écologiques du sol.

- Pour plus d'informations sur la sélection des bioindicateurs, voir : Dell'Ambrogio G., Renaud M., Campiche, S., Marti-Roura, M. Ferrari, B. (2023). *Selection of a bioindicator toolbox for monitoring effects of plant protection products residues Part 1 – Linking ecological soil functions and soil organisms*. Centre Suisse d'écotoxicologie appliquée, Dübendorf et Lausanne, Suisse.
- Contact : Mathieu Renaud, Centre Ecotox

À propos du projet ConSoil : <https://www.centrecotox.ch/projets/ecotoxicologie-des-sols/strategie-de-surveillance-des-produits-phytosanitaires-dans-le-sol>

Table 1: Résumé de la table AESF montrant les liens résultants entre les Acteurs (colonnes) et les Classes de services écosystémiques (lignes). Les chiffres indiquent le nombre de Processus exécutés par les Acteurs, c'est-à-dire le nombre d'occurrences de l'Acteur, pour chaque Classe de services écosystémiques. Les fonctions écologiques du sol sont codées par couleur : bleu = fonction de production, jaune = fonction d'habitat, vert = fonction de régulation.

	Vers de terre	Bactéries	Plantes	Champignons	Enchytréides	Collemboles	Mycorhizes	Fourmis	Nématodes	Acaréens	Protozoaires	Coléoptères	Isopodes	Diplopodes	Microalgues	Gastéropodes	Insectes	Archées	Araignées	Virus
Plantes terrestres cultivées, fibres ou autres matériaux provenant de plantes cultivées, produits à des fins nutritionnelles, pour une utilisation ou une transformation directe, ou utilisés comme source d'énergie			1																	
Graines, spores et autre matériel végétal collectés pour le maintien ou l'établissement d'une population			1																	
Dissémination des propagules	2				1	1			1	1		1	1	1						
Pollinisation		1					1													
Maintien des populations reproductrices (nursery populations) et des habitats, y compris protection du patrimoine génétique	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Bioremédiation	1	1	1	1		1	1		1											
Filtration/ séquestration/stockage/accumulation de substances toxiques	2	1	1	1	2	1	1	2	2			1				1				
Control du taux d'érosion	2	1	3	1	2	1	1	2	2						1					
Cycle hydrologique et régulation des flux hydriques	4	1	3	1	4	2	1	3	3	1			1	1	1					
Lutte contre les ravageurs et les maladies	3	6	3	6	1	3	2	1	1	2	4						2	1	1	1
Processus d'altération (weathering)		1	1	1			1													
Processus de décomposition et de fixation	5	4	4	4	5	4	2	2	2	3	2		1	1	1			1		
Régulation de la composition chimique de l'eau douce	1	2	2	2	1	1	2	1	1	1		1				1				