

L'écotoxicologie dans les paysages agricoles... ou comment l'exposition de l'habitat aux pesticides renseigne des risques potentiels pour les organismes ?

Les pratiques liées à l'intensification agricole d'après-guerre se sont traduites par une diminution de la diversité et de la connectivité paysagère, une perte des surfaces semi-naturelles (bois, haies, prairies), des changements dans la gestion des cultures et un recours important aux intrants chimiques comme les pesticides. Malgré les précautions prises par les agriculteurs pour limiter les « fuites » de pesticides, les applications entraînent des transferts dans l'atmosphère par dérive de pulvérisation et par volatilisation post-application depuis la surface traitée, et des transferts dans les sols par entraînement avec l'eau d'infiltration et de ruissellement. Ces modifications du paysage et le recours important aux pesticides peuvent affecter négativement la biodiversité et conduire à un déclin des fonctions assurées par les organismes vivants (Benton et al., 2003 ; Firbank et al., 2008).

Pour concilier une production alimentaire en quantité et de qualité et la protection des écosystèmes agricoles et naturels, plusieurs études s'accordent à dire que les mesures de gestion doivent être mises en œuvre à l'échelle du paysage agricole. En effet, pour le cas des pesticides, l'organisation spatiale et temporelle des usages des sols et des activités agricoles influence les transferts de pesticides dans l'atmosphère, mais aussi dans les sols. De plus, le paysage joue sur la dynamique des organismes, conditionnant ainsi l'exposition aux pesticides et les impacts, et donc la résistance potentielle des systèmes cultivés aux bioagresseurs (Tscharrntke et al., 2007).

Le champ disciplinaire de l'écotoxicologie du paysage, introduit dans les années 90 (Cairns, 1993), s'appuie sur les cadres conceptuels de l'écologie du paysage et de l'écotoxicologie. Cette discipline, jusque-là peu explorée, est basée sur le fait que le paysage peut modifier le devenir, les patrons d'exposition et les effets des polluants à travers son influence sur la distribution spatiale des polluants, des habitats, des ressources et des organismes et sur de nombreux processus écologiques (ex. dynamiques de populations et de communautés, relations proies-prédateurs, trajectoires évolutives). L'écotoxicologie du paysage peut donc être utilisée pour améliorer notre connaissance fondamentale des processus de transferts et des effets des polluants à l'échelle des paysages agricoles. De plus, la manipulation des caractéristiques du paysage pourrait représenter un levier d'action pour maintenir ou améliorer la résistance des agrosystèmes à diverses perturbations naturelles et favoriser la durabilité des agrosystèmes.

Le projet RESCAPE (2015-2019) s'inscrit dans le cadre de l'écotoxicologie du paysage et avait pour objectif de déterminer les effets de l'usage des terres et de la gestion agricole (composition et configuration du paysage, pratiques culturales) sur la résistance des paysages aux transferts de pesticides dans les sols et dans les organismes vivants. Ce projet a permis d'améliorer les connaissances sur la manière dont les éléments du paysage affectent la répartition spatiale des pesticides, l'exposition des organismes non-cibles et les impacts sur ceux-ci.

Au niveau méthodologique, des prélèvements ont été réalisés en 2016 au sein de la Zone Atelier (ZA) « Plaine & Val de Sèvre » en France, dans des fenêtres paysagères (1km de côté) sélectionnées le long de gradients indépendants de caractéristiques du paysage, en étudiant 3 habitats par fenêtre : une parcelle en céréales (blé), une haie, et une prairie. La session de terrain a permis d'acquérir les données et échantillons de sols et faune non-cible pour analyser les résidus pesticides dans les différents éléments du paysage ainsi que dans les vers de terre, les carabes et les petits mammifères.

Des avancées méthodologiques en chimie analytique

L'exposition des sols et des organismes non-cibles aux pesticides a nécessité la mise au point de méthodes en chimie analytique permettant de mesurer les pesticides dans des matrices complexes. 31 molécules organiques (12 herbicides, 10 fongicides et 9 insecticides, Tableau 1) ont été retenues sur les critères suivants : fréquence et quantité d'utilisation sur la zone d'étude, potentiel d'émission vers l'atmosphère et persistance dans le sol, compatibilité dans une analyse multi-résidu. Des méthodes d'analyses multi-résidus ont été mises au point, avec des limites de quantification basses (<1,5 ng g⁻¹) et sur de faibles prises d'essai (2,5 g à 50 mg).

HERBICIDES	FONGICIDES	INSECTICIDES
Acetochlor	Boscalid	Bifenthrin
Aclonifen	Cyproconazole	Cyperméthrin
Clomazone	Epoxiconazole	Deltaméthrin
Cloquintocet-mexyl	Fenpropidin	Imidacloprid
Cycloxydim	Fluoxastrobin	Lambda-cyhalothrin
Diflufenican	Metconazole	Pirimicarb
Diméthachlor	Metrafenone	Tau-fluvalinate
Metazachlor	Prochloraz	Thiacloprid
Napropamide	Propiconazole	Thiaméthoxam
Pendiméthalin	Pyraclostrobin	
Pyroxsulam		
S-metolachlor		

Tableau 1 : Liste des 31 pesticides mesurés dans le projet RESCAPE, en fonction de leur usage.

Exposition aux pesticides des sols et des organismes non-cibles

Les analyses de résidus de pesticides nous ont permis de relever trois résultats majeurs :

- 1) Une ubiquité de l'exposition des sols et de la faune, puisque des échantillons positifs avec au moins une molécule détectée ont été trouvés dans tous les types d'habitats (céréales mais aussi prairies et haies) en agriculture conventionnelle et en agriculture biologique (Figure 1).
- 2) Une exposition à des cocktails de molécules impliquant au moins un insecticide, un fongicide et un herbicide. En effet, les analyses réalisées sur les sols et sur l'ensemble des organismes vivants étudiés dans ce projet s'accordent à montrer une contamination quasi-systématique par l'insecticide imidaclopride, l'herbicide diflufenican et le fongicide époxiconazole (Figure 1).

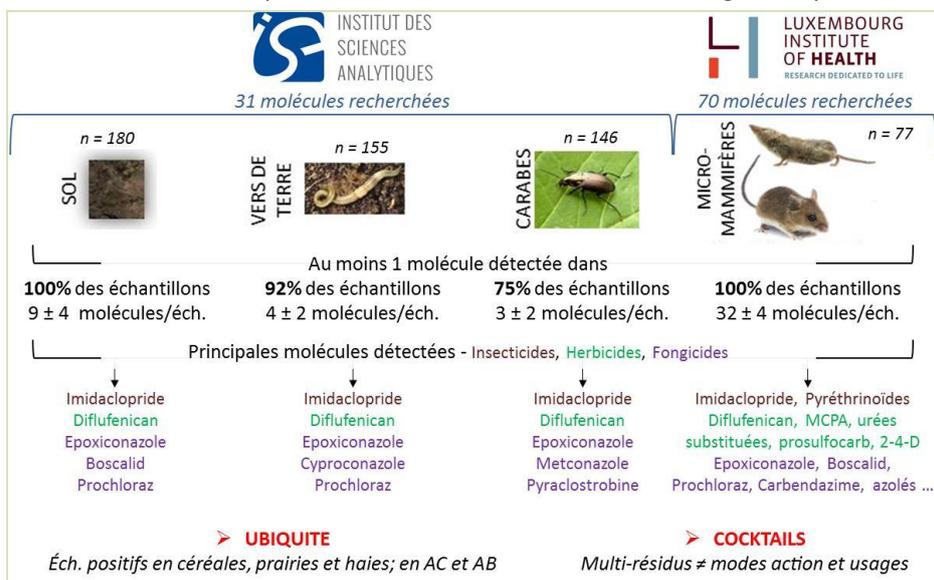


Figure 1 : Synthèse des résultats sur les résidus de pesticides dans les sols et la faune.

3) Les sols et les organismes dans zones traitées par les pesticides (ex. cultures céréalières et prairies temporaires conduites en agriculture conventionnelle) sont les plus contaminés (plus grand nombre de molécules et de plus fortes concentrations). Même si les zones non traitées ne sont pas exemptes de pesticides, les parcelles en AB et les habitats semi-naturels (ex. prairies et haies) sont dans la plupart des cas moins contaminés que les parcelles « cibles » des pesticides. Ainsi, ces zones pourraient servir de refuges aux organismes dans les paysages agricoles.

De l'exposition aux effets : risques potentiels pour la faune non-cible

Puisque les liens entre concentrations internes et effets sont mal connus en raison du manque de données, nous avons cherché ici à évaluer les risques potentiels pour les organismes sur la base des concentrations dans les sols. Les concentrations environnementales prédites dans les sols (Predicted Environmental Concentrations; PEC) sont dépassées pour 5 à 11 molécules (ce qui concerne entre 8% et 94% échantillons) en fonction du type de PEC considérées (par exemple initiale après traitement, long terme ou plateau). Les principales molécules atteignant des valeurs supérieures aux PEC sont le boscalid, le cyproconazole, l'époxiconazole, le prochloraz (fongicides), le diflufenican, et le pyroxsulam (herbicides). Les valeurs mesurées dans les sols sont au-dessus des seuils toxiques pour la reproduction des vers de terre (espèce *Eisenia fetida*) pour le boscalid ou l'époxiconazole pour 11% des échantillons de sol. Il est à noter que les valeurs de PEC ou de seuils toxiques ne sont pas disponibles pour l'ensemble des molécules étudiées, ce qui peut minimiser l'évaluation du risque pour un certain nombre de composés. De plus, les seuils toxiques concernent des tests pour une molécule seule, alors que les organismes sont exposés à des molécules en mélange qui pourraient avoir des effets additifs ou synergétiques. Cela implique une sous-estimation de l'évaluation du risque basée sur les seuils fournis dans les documents d'homologation. Ainsi, sur la base des concentrations mesurées dans les sols et des données disponibles dans la littérature ou les documents d'homologation, les résultats mettent en lumière un risque potentiel lié aux pesticides pour l'environnement.

Contact

Céline Pelosi^{1,2}, Clémentine Fritsch³, Colette Bertrand¹

¹ UMR 1402 ECOSYS, INRAE, AgroParisTech, Université Paris-Saclay, 78026, Versailles, France – colette.bertrand@inrae.fr

² UMR 1114 EMMAH, INRAE, Avignon Université, 84914, Avignon, France - celine.pelosi@inrae.fr

³ UMR 6249 Chrono-environnement CNRS - Université Bourgogne Franche-Comté USC INRAE, 16 route de Gray 25030 Besançon cedex, France – clementine.fritsch@univ-fcomte.fr



Projet financé par le Ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation et le Ministère de la Transition Ecologique et Solidaire, avec le soutien financier de l'appel à projets de l'Agence Française pour la Biodiversité « Résistance et Pesticides », avec les redevances de pollution diffuse issues du Plan Ecophyto à travers l'agence nationale ONEMA. Le projet a également bénéficié du soutien de l'initiative RECOTOX (<https://www.recotox.eu/>).

Pour en savoir plus

Daniele, G., Lafay, F., Pelosi, C., Fritsch, C. & Vulliet, E. Development of a method for the simultaneous determination of multi-class pesticides in earthworms by liquid chromatography coupled to tandem electrospray mass spectrometry. *Analytical and Bioanalytical Chemistry* 410, 5009–5018 (2018).

<https://rescape.univ-fcomte.fr/>



Bibliographie citée

- Benton, T.G., Vickery, J.A., Wilson, J.D., 2003. Farmland biodiversity: is habitat heterogeneity the key? *Trends in Ecology & Evolution* 18, 182–188.
- Firbank, L.G., Petit, S., Smart, S., Blain, A., Fuller, R.J., 2008. Assessing the impacts of agricultural intensification on biodiversity: a British perspective. *Philos. Trans. R. Soc. B-Biol. Sci.* 363, 777–787.
- Tscharntke, T., Bommarco, R., Clough, Y., Crist, T.O., Kleijn, D., Rand, T.A., Tylianakis, J.M., Nuhuys, S.v., Vidal, S., 2007. Conservation biological control and enemy diversity on a landscape scale. *Biological Control* 43, 294-309.
- Cairns Jr, J., 1993. Will there ever be a field of landscape toxicology? *Environmental Toxicology and Chemistry* 12, 609–610.