
CARACTÉRISATION DE L'EFFET DE L'INTRODUCTION DE CULTURES INTERMÉDIAIRES SUR LE DEVENIR DES PESTICIDES DANS LE SOL – CAS DU GLYPHOSATE ET DU S-MÉTOLACHLORE DANS LE CADRE D'UNE MONOCULTURE DE MAÏS CONDUITE EN NON LABOUR

Thèse de Ana **CASSIGNEUL**¹

Analysée par Christian **MOUGIN**²

Directeur de thèse : Eric JUSTES, Chercheur, CIRAD Montpellier

Co-directeur de thèse : Lionel ALLETTO, Directeur de recherche INRAE

Dans le contexte de la transition agroécologique, les pratiques agricoles qui visent à protéger les sols, comme par exemple la mise en place d'un couvert végétal permanent par l'introduction de cultures intermédiaires (couverts végétaux implantés en interculture), sont en plein essor. Ces pratiques s'inscrivent dans une agriculture dite « de conservation des sols » et ont pour objectifs d'en préserver la structure et d'en limiter l'érosion. Elles visent également à optimiser l'activité biologique des organismes du sol et, par exemple, à limiter les fuites d'azote... Toutefois, l'agriculture « de conservation » favorise la levée des graines adventices et implique très souvent l'usage d'herbicides pour leur gestion, ainsi que pour la destruction des cultures intermédiaires.

La recherche de doctorat d'Ana Cassigneul s'inscrit à l'intersection des sciences agronomiques et de l'environnement. Elle a pour objectif principal de préciser comment le devenir des produits de protection des plantes est influencé dans les sols par la présence des résidus de couverts végétaux. Cette approche se décline sur le terrain dans le cadre de monoculture de maïs, particulièrement développées en région Midi-Pyrénées.

Les approches expérimentales conduites au laboratoire ont eu pour objectifs de quantifier les processus majeurs qui déterminent le devenir des pesticides dans les sols : l'adsorption et la dégradation. Elles ont pris en compte deux herbicides (glyphosate et S-métolachlore) et un fongicide (époxyconazole), dans des microcosmes de sol recevant des résidus de cultures intermédiaires à divers degrés de décomposition. Dans le chapitre introductif de son mémoire, Ana Cassigneul présente sa problématique de recherche, un état de l'art sur les processus impliqués dans le devenir des pesticides dans l'environnement et le positionnement de son

¹ Thèse de doctorat en Agrosystèmes, écosystèmes et environnement, réalisée de 2016 à 2019 au sein de l'École d'Ingénieur de Purpan, ainsi que dans les Unités Mixtes de Recherche INRAE-INPT AGIR (Agroécologies, Innovations, teRritoires) et INRAE6AgroParisTech ECOSYS (Écologie Fonctionnelle et Écotoxicologie des Agroécosystèmes), sous la co-direction de Messieurs Lionel Alletto et Éric Justes, dans le cadre de la formation doctorale SEVAB (Sciences Écologiques, Vétérinaires, Agronomiques et Bioingenieries) de l'Institut National Polytechnique de Toulouse. La thèse a été soutenue le 15 mars 2019.

² Membre correspondant de l'Académie d'agriculture de France, Section 5 « Interactions milieux-êtres vivants ».

travail de doctorat au regard des hypothèses de travail sur l'effet des cultures intermédiaires et des mulchs.

Les résultats obtenus sont présentés sous la forme de trois articles scientifiques publiés dans des revues scientifiques internationales d'excellente notoriété.

- L'adsorption des trois pesticides retenus (glyphosate, S-métolachlore et époxiconazole) a été étudiée sur différents types de résidus végétaux (avoine, phacélie, trèfle rouge et navette) à divers degrés de décomposition. Les résultats montrent que l'adsorption des pesticides varie significativement en fonction (i) de l'espèce de culture intermédiaire, (ii) du degré de décomposition des résidus végétaux et (iii) de l'interaction entre l'espèce de culture intermédiaire et son degré de décomposition. Les résultats ont permis de mettre en évidence une belle et originale relation linéaire exprimant l'adsorption des pesticides en fonction de la minéralisation nette des résidus végétaux.
- L'utilisation croissante de cultures intermédiaires en couverts végétaux d'interculture pourrait entraîner une augmentation de l'utilisation du glyphosate pour leur destruction. L'adsorption et la dégradation du glyphosate et de son métabolite principal, l'acide aminométhylphosphonique, dans quatre sols recouverts par des résidus de couverts végétaux a été comparée à son devenir dans un sol nu. Les résidus sont formés de vesce, moutarde blanche, ray-grass ou un mélange vesce et avoine. La comparaison du devenir du glyphosate entre le sol et les résidus végétaux montre que la voie de dissipation privilégiée du glyphosate dans le sol nu est la minéralisation, alors qu'en présence de résidus végétaux la dissipation a lieu majoritairement *via* deux processus : minéralisation et formation de résidus non-extractibles. Cette dernière voie de dissipation augmente avec le temps d'incubation. Les différences de niveau d'adsorption et de dégradation entre le sol et les résidus végétaux ont été attribuées à des différences de composition des résidus ainsi qu'à un différentiel d'accessibilité pour les microorganismes.
- Au moment de l'application printanière d'herbicides de pré-levée, la surface du sol de parcelles en agriculture de conservation est, la plupart du temps, recouverte de résidus de cultures intermédiaires ou mulchs. L'état de décomposition de ces mulchs lors des applications de pesticides dépend de la date de leur destruction, ainsi que de l'espèce de culture intermédiaire. Dans ce contexte, la sorption et la dégradation du S-métolachlore ont été suivies dans des microcosmes de sol nu et dans des microcosmes de sol recouvert par des mulchs de cultures intermédiaires (2 espèces ou mélange [vesce + avoine et ray-grass]). Les résultats montrent que l'état de décomposition des mulchs qui interceptent le S-métolachlore lors de son application a une influence sur son devenir. La croissance et l'activité microbienne résultant de la minéralisation des résidus végétaux expliquent probablement la transformation co-métabolique de l'herbicide.

L'analyse critique des résultats principaux permet de valider les hypothèses qui ont guidé les expérimentations : la présence d'un mulch à la surface du sol modifie le devenir des pesticides qui sont interceptés, suivant une intensité qui dépend de la nature des mulchs et de leur degré de décomposition au moment de l'application du pesticide.

Toutefois, la dimension opérationnelle de ces travaux pour les agriculteurs, techniciens et conseillers agricoles, qui sont en demande de connaissances et outils scientifiques permettant de guider leurs choix techniques, restent limitées. Elle souffre de la difficulté de généraliser les résultats obtenus dans des conditions contrôlées de laboratoire pour préconiser un choix pour

la mise en place et la conduite de cultures intermédiaires au champ dans le but de limiter le transfert de pesticides vers les masses d'eau. Pour développer cette dimension opérationnelle, Ana Cassigneul propose de 1) considérer au champ l'effet du climat sur le devenir des pesticides dans un sol recouvert de mulch et de 2) développer des approches de modélisation qui permettront d'intégrer la décomposition des cultures intermédiaires, de la dégradation des pesticides, de l'influence de la croissance d'une culture sur le bilan hydrique dynamique du sol, et de la température du sol qui détermine la vitesse des processus microbiens.

Les éléments novateurs apportés par ce travail de thèse, ainsi que les perspectives proposées, conduisent à faire figurer cette analyse sur le site de l'Académie d'agriculture de France, à titre de valorisation.