

**CARACTÉRISATION DES PROCESSUS DE RÉTENTION ET D'INFILTRATION DE
L'EAU
ET DE PESTICIDES PAR EXPÉRIMENTATIONS ET MODÉLISATION
EN AGRICULTURE CONVENTIONNELLE ET AGRICULTURE DE
CONSERVATION**

Thèse de Sixtine **CUEFF**¹

Analysée par Chantal **GASCUEL**²

Directeur de thèse : Jean-Noël AUBERTOT, Directeur de recherche, INRAE UMR AGIR
Co-directeur de thèse : Lionel ALLETTO, Directeur de recherche, INRAE UMR AGIR
Co-directrice de thèse : Valérie POT, Chargé de recherche INRAE, UMR ECOSYS

L'agriculture de conservation, définie comme la combinaison de trois leviers : une diversification des rotations, un travail du sol réduit, voire absent et une couverture permanente du sol, permet de protéger les sols et de limiter les phénomènes d'érosion. Ces systèmes agricoles, par ces trois principes, modifient de manière importante les propriétés physiques, chimiques et biologiques des sols et, par conséquent, le transfert et les transformations des pesticides dans le sol. Cependant, ces systèmes agricoles sont très souvent associés à une utilisation plus importante des pesticides, source de transferts par lixiviation. Par ailleurs, le développement de l'agriculture de conservation s'est accentué dans le monde, et plus timidement en France. Dans ce contexte d'effets potentiellement antagonistes de l'agriculture de conservation sur le transfert des pesticides, de questionnement des atouts et des risques liés à l'agriculture de conservation en France, l'objectif de la thèse de Sixtine Cueff est de caractériser l'impact de ce type d'agriculture sur le transfert des pesticides, par une approche de comparaison de systèmes de culture contrastés, agriculture de conservation *versus* agriculture conventionnelle, en combinant des méthodes de terrain, de laboratoire et de modélisation.

Un état des connaissances de l'extension de l'agriculture de conservation en France, de ses effets sur les propriétés des sols et sur les transferts de pesticide est fait, ce qui permet de mieux connaître ces systèmes et l'état des connaissances que nous en avons.

La première difficulté est de caractériser les propriétés physiques des sols conduits en agriculture de conservation, étape indispensable pour représenter les transferts d'eau et de

¹ Thèse de doctorat de l'Université de Toulouse, préparée à l'Institut National Polytechnique de Toulouse, Ecole doctorale : SEVAB - Sciences Ecologiques, Vétérinaires, Agronomiques et Bioingénieries, Spécialité : Agrosystèmes, écosystèmes et environnement, Unité de recherche : AGIR - Laboratoire Agroécologie, Innovations, terRitoires, présentée et soutenue le 24 septembre 2020

² Membre de l'Académie d'agriculture de France, section 7 « Environnement et territoires »

pesticides dans les sols. En effet, la caractérisation de ces propriétés souffre de lacunes de connaissances. Une base de données de sols conduits en agriculture de conservation a été constituée, les sols étant caractérisés par leurs constituants (granulométrie, CE...) et leurs pratiques (durée des rotations, gestion du sol...). Des fonctions de pédotransfert, partant des propriétés constitutives des sols et des pratiques de gestion des sols ont été établies pour estimer les propriétés physiques des sols. Elles permettent de meilleures prédictions, de la teneur en eau à la capacité au champ et au point de flétrissement permanent, et donc du réservoir utilisable du sol et de la courbe de rétention en eau. Ces fonctions ont été calibrées sur des données expérimentales, observées sur des parcelles en agriculture de conservation.

Une approche expérimentale a été développée sur colonnes de sol, afin de comparer le transfert de trois pesticides (métaldéhyde, nicosulfuron et mésotrione) sur des sols en agriculture de conservation et en agriculture conventionnelle. Ces expérimentations ont mis en évidence un comportement des pesticides majoritairement déterminé par leurs propriétés et les types de sol, avec en revanche un effet peu marqué des pratiques agricoles (dans les conditions testées en laboratoire). Ce résultat montre indirectement que le type de sol et ses propriétés ne dépendent que partiellement de la gestion des sols, qui restent marqués par leur pédogénèse naturelle. Une étude du devenir du nicosulfuron marqué au carbone 14 montre que la plus grande partie des pesticides appliqués forme des résidus non extractibles, quelles que soient les pratiques agricoles et les horizons de sol étudiés. Ces deux résultats posent la question de la temporalité : à quel horizon temporel un sol en agriculture de conservation acquiert-il des propriétés stables ? que deviennent, au cours de cycles d'humectation / dessiccation du sol et de la dynamique de l'activité biologique, les résidus dits « non extractibles ».

Une approche de modélisation du transfert du nicosulfuron et de ses métabolites est ensuite développée sur deux types de sol vers deux types de gestion du sol, et ceci à partir de la plateforme de modélisations VSoil, développée à l'INRAE. Un premier travail a été d'adapter le modèle aux transferts de pesticides, plus particulièrement en prenant en compte les processus liés à la matière organique, à la porosité du sol (modèle à trois porosités et double perméabilité), pour simuler plusieurs fronts d'infiltration. La modélisation s'avère un exercice particulièrement complexe, dû aux nombreux processus représentés, aux interactions qui s'exercent en eux et, finalement, au grand nombre de paramètres et à leurs dépendances. Malgré ces difficultés, cette approche indique un taux de minéralisation et un taux d'adsorption plus élevé dans les parcelles en agriculture de conservation que dans les autres. Les données précédemment étudiées avaient suggéré que la formation de résidus non extractibles était la voie de dissipation majeure du nicosulfuron, quelles que soient les pratiques agricoles, ce qui est corroboré par la modélisation.

Sur les sites étudiés du bassin Adour-Garonne, les effets de l'agriculture de conservation sur le transfert des pesticides sont assez complexes à appréhender. Ils apparaissent principalement modulés par le type de sol et les propriétés des pesticides et, dans une moindre mesure, par les pratiques de gestion du sol. Dans un type de sol, un veracrisol, l'agriculture de conservation n'a que peu d'effets sur les transferts verticaux de pesticides, par comparaison à un système en agriculture conventionnelle. Les contaminations, à dose appliquée égale, sont similaires. Cependant, le risque de contamination des eaux de surface sera sans doute plus faible en système d'agriculture de conservation, par comparaison à un système en agriculture conventionnelle plus sensible aux phénomènes d'érosion. Sur l'autre type de sol (Luvisol), les transferts de pesticides sont bien plus importants que sur le site précédent, en lien avec des transferts préférentiels. La parcelle en agriculture de conservation présente des risques de transfert très importants vers les nappes souterraines. En revanche, dans le

système en labour, compte tenu de la très faible perméabilité de la semelle de labour, l'engorgement du sol provoquera sans doute des transferts latéraux de pesticides. Le risque de transfert de pesticides ne peut donc se concevoir sans une prise en compte des types de sol, ni une étude systémique de l'ensemble des processus.

Ce travail montre finalement que l'on ne peut évaluer un système de culture sans y associer étroitement le sol sur lequel il est déployé : c'est l'ensemble qui fait système et qui peut seul être évalué.

Cette thèse traite avec pertinence d'une question d'actualité concernant les pratiques agricoles et leurs conséquences sur la préservation des sols et la contamination des eaux par les pesticides. Elle présente un intérêt incontestable pour l'Académie d'agriculture, et apparaît pleinement éligible à figurer sur le site de l'Académie d'agriculture à titre de valorisation de ces travaux.