



**HAL**  
open science

## Contribuer au diagnostic des obstacles à la réduction des herbicides dans les exploitations agricoles françaises.

### Enquêtes sur le plateau du Neubourg

Catherine Pasquier, Frédérique Angevin, Marianne Le Bail

#### ► To cite this version:

Catherine Pasquier, Frédérique Angevin, Marianne Le Bail. Contribuer au diagnostic des obstacles à la réduction des herbicides dans les exploitations agricoles françaises. Enquêtes sur le plateau du Neubourg. Innovations Agronomiques, 2020, 81, pp.151-171. 10.15454/6qrb-e703 . hal-03257006

**HAL Id: hal-03257006**

**<https://hal.inrae.fr/hal-03257006>**

Submitted on 10 Jun 2021

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Distributed under a Creative Commons Attribution - NonCommercial - NoDerivatives 4.0 International License

## Contribuer au diagnostic des obstacles à la réduction des herbicides dans les exploitations agricoles françaises. Enquêtes sur le plateau du Neubourg

Pasquier C.<sup>1</sup>, Angevin F.<sup>2</sup>, Le Bail M.<sup>3,1</sup>

<sup>1</sup> SADAPT, INRAE, F-78850 Thiverval-Grignon

<sup>2</sup> Eco-Innov, INRAE, F-78850 Thiverval-Grignon

<sup>3</sup> UMR SAD-APT, INRAE, AgroParisTech, Université Paris-Saclay, F-75000 Paris

**Correspondance** : frederique.angevin@inrae.fr

### Résumé

L'enjeu du projet CoSAC (Conception de Stratégies durables de gestion des adventices dans un contexte de changement) était de pouvoir concilier des réductions d'usage d'herbicides, la préservation de la biodiversité ainsi que le maintien de la production et du revenu agricoles. Un travail d'enquêtes a été réalisé auprès d'agriculteurs et de leurs conseillers sur le plateau du Neubourg (Eure), où l'apparition de résistances aux herbicides pourrait, *a priori*, être favorable au déploiement de solutions alternatives. Les objectifs de cette étude étaient de mieux appréhender les pratiques actuelles des agriculteurs, de connaître leur diagnostic sur l'origine des problèmes de désherbage et d'identifier les freins et les leviers, au sein des exploitations et du système sociotechnique, à l'émergence de solutions pour réduire significativement le recours aux herbicides.

**Mots-clés** : Herbicides, Ray-grass, Vulpin, Résistance, Frein, Levier, Conseil

### Abstract : Contribute to the diagnosis of the obstacles to herbicide reduction in French farms. Surveys on the Neubourg Plateau

The challenge of the CoSAC project was to be able to reconcile reductions in herbicide use, the preservation of biodiversity and the maintenance of agricultural production and income. Surveys were carried out among farmers and their advisors on the Neubourg plateau (Eure), where the emergence of herbicide resistance could, *a priori*, be favourable to the deployment of alternative solutions. The objectives of this study were to gain a better understanding of farmers' current practices, to find out their diagnosis of the origin of weed control problems and to identify the lock-ins and levers, within farms and the socio-technical system, for the emergence of solutions to significantly reduce the use of herbicides.

**Keywords**: Herbicides, Ray-grass, Black-grass, Resistance, Lock-in, Lever, Advice

### Introduction

La réduction de la dépendance aux pesticides est l'un des défis majeurs que va devoir relever l'agriculture européenne (Lamichhane et al., 2016). Les orientations de l'Union européenne vont dans ce sens (UE, 2009) et la France, à l'occasion du Grenelle de l'environnement en 2008, a élaboré le plan Ecophyto qui visait à réduire l'usage des produits phytosanitaires de moitié à l'échéance de 2018. Parmi ces produits phytosanitaires, les herbicides sont à ce jour la technique curative la plus utilisée. Ils sont en effet appliqués sur 96% des surfaces françaises cultivées en grande culture alors que seuls 7% de ces surfaces font l'objet d'un désherbage mécanique ; i.e. au moins un passage d'outil (Agreste, 2014).

Les enjeux de la réduction sont multiples et l'équation complexe à résoudre : comment réduire de manière significative l'usage des herbicides tout en gardant la maîtrise des adventices afin de maintenir la production agricole, avec un coût économique et des conséquences en terme d'organisation du travail acceptables pour les agriculteurs ? En effet, les adventices sont considérées aujourd'hui comme le bioagresseur le plus nuisible pour la production agricole (Oerke, 2006)

Au-delà de ces enjeux économiques et agronomiques, les changements induits auront des répercussions sur l'environnement par la réduction des pollutions, notamment celles des eaux de surface et de profondeur, mais aussi par le maintien de la biodiversité. Les adventices sont ainsi la composante majeure de la biodiversité végétale sauvage dans les paysages agricoles et elles hébergent et nourrissent de nombreux autres organismes bénéfiques ou neutres (Blais et al., 2018).

Le projet CoSAC (Colbach et al., 2016) avait pour ambition de proposer des systèmes de culture qui concilient ces différents enjeux de la durabilité. Il s'agissait, d'une part, de comprendre les mécanismes biophysiques qui régissent la dynamique des populations d'adventices avec pour finalité la mise au point et l'adaptation d'un modèle de prédictions FLORSYS (Gardarin et al., 2011 ; Colbach et al., 2014). D'autre part, l'objectif était de proposer des stratégies de gestion des adventices répondant aux enjeux précédemment énoncés et adaptées aux agriculteurs. Or, si des alternatives au désherbage chimique existent (Petit et al., 2015 ; Colbach et Cordeau, 2018 ; Petit et al., 2018), elles ne sont pas adoptées par une majorité d'agriculteurs (Gaborit, 2015). Étudier les obstacles à cette évolution des systèmes doit permettre d'évaluer comment les connaissances et les modèles élaborés au sein du projet de recherche pourraient contribuer à surmonter ces verrous et accompagner la transformation des stratégies de gestion des adventices par les agriculteurs mais aussi les outils utilisés par les acteurs de terrain, agriculteurs et conseillers techniques pour les concevoir et les évaluer.

Des travaux sur le changement technique dans la production agricole ont approfondi, ces dernières années, la diversité des trajectoires de réduction des pesticides des exploitations agricoles en étudiant leurs motivations, les moteurs de ces changements, les modalités d'apprentissage attachées à ces trajectoires (Lamine, 2011 ; Chantre et al., 2015), les conditions économiques de ces changements (Saint-Ges et Belis-Bergouignan, 2009 ; Jacquet et al., 2011). Pourtant, le programme ECOPHYTO ne parvient pas à réduire significativement ces usages (Guichard et al., 2017 ; Hossard et al., 2017). Si certains agriculteurs ont bien amorcé des changements, l'étude des systèmes sociotechniques qui encadrent l'évolution de la production agricole montre un certain nombre de verrouillages sur les solutions chimiques élaborées au lendemain de la seconde guerre mondiale dans différents contextes nationaux et régionaux (Cowan et Gunby, 1996 ; Wilson et Tisdell, 2001).

L'objectif de ce travail était d'identifier les obstacles à l'adoption de nouvelles stratégies de désherbage et d'illustrer leurs conséquences sur les exploitations agricoles. Nous avons choisi pour cet article une situation régionale où l'apparition de résistances aux herbicides pourrait, *a priori*, être favorable au déploiement de solutions favorisant la réduction de leur usage (Llewellyn et al., 2004 ; Colas et al., 2020). Une première partie détaillera la zone d'étude et le dispositif d'enquêtes. Ensuite, le diagnostic qu'agriculteurs et agents de développement font des problèmes de désherbage et les solutions esquissées dans la zone seront présentés. Les freins et les leviers identifiés au sein des exploitations et du système sociotechnique à l'émergence de solutions pour réduire significativement le recours aux herbicides dans les systèmes étudiés seront exposés puis discutés.

## 1. Matériel et méthodes

Afin d'identifier les verrous et les leviers à l'adoption de nouvelles stratégies de désherbage nous avons réalisé, en 2015 et 2016, un travail d'enquêtes qualitatives auprès d'agriculteurs et d'acteurs du développement installés ou travaillant sur le plateau du Neubourg (Eure).

### 1.1 Choix de la zone d'étude

Le plateau du Neubourg (Figure 1) réunit plusieurs critères justifiant *a priori* une réflexion sur la réorientation des stratégies de désherbage des exploitations : (i) les agriculteurs y rencontrent des difficultés de désherbage avec notamment l'apparition de résistances aux herbicides ; (ii) les caractéristiques pédoclimatiques de ce plateau sont favorables à un large éventail de cultures, ce qui constitue un atout agronomique en termes de gestion des adventices ; (iii) le climat humide au printemps rend compliqué l'usage d'outils de désherbage mécanique.

Le plateau du Neubourg compte 13 010 ha de surface agricole utile (SAU) dont 10 339 ha de grandes cultures (Agreste, 2010). Le climat haut normand est de type océanique avec des températures douces et une hauteur de précipitations de 650 mm de pluie par an. Les terres, limoneuses, y ont des potentiels de rendement élevés.

### 1.2 Collecte des données

Au total, 23 agriculteurs et cinq agents de développement ont été enquêtés par la même personne. Pour ces derniers, l'entretien a porté, d'une part, sur les pratiques d'accompagnement et le contenu du conseil aux agriculteurs et, d'autre part, sur le diagnostic de la situation en matière de résistance aux herbicides et sur l'évolution des stratégies de désherbage sur ce territoire.

L'échantillon d'agriculteurs a été, dans un premier temps, constitué à partir d'informations obtenues auprès des agents de développement. Les agriculteurs ont ensuite fourni des coordonnées d'autres confrères (effet « boule de neige ») en visant l'élargissement de la gamme des stratégies de désherbage. L'échantillon a été complété en utilisant l'annuaire et en effectuant des recherches sur internet.

Finalement, l'échantillon est composé de 17 exploitations orientées grande culture et 6 en polyculture - élevage, soit un pourcentage un peu plus élevé d'éleveurs que dans la population agricole du plateau (75 % de grandes cultures, 11 % polyculture-élevage et 11% maraichage, horticulture et élevage hors sol – source Agreste, 2010). Les principales caractéristiques sont détaillées dans le Tableau 1. La taille moyenne des exploitations est de 225 ha de SAU, elles sont plus grandes que la moyenne observée sur le canton (125 ha de SAU ; source Agreste, 2010). Le blé et le colza sont présents dans toutes les exploitations dont un tiers est peu diversifié (4 cultures et moins) et la moitié plutôt diversifiée (6 ou 7 cultures sans les prairies). La disponibilité de la main d'œuvre est très variable (de 0,5 à 1,5 UTH/100 ha en grande culture).

Le guide d'enquêtes comporte plusieurs parties : un descriptif succinct de l'exploitation permet de caractériser ses ressources (surface, sols, travail, machines, productions, successions de cultures, ...) et de la replacer dans le contexte agricole du plateau du Neubourg. Un relevé des itinéraires techniques de désherbage sur l'ensemble des cultures pour une année donnée est complété par le diagnostic de l'agriculteur sur sa situation actuelle en matière de lutte contre les adventices et par une discussion sur ses perspectives et les solutions qu'il envisage dans un contexte de réduction des intrants.

Tous les entretiens ont été réalisés *in situ* chez les agriculteurs. Ces entretiens ont été enregistrés puis retranscrits dans leur intégralité pour permettre leur analyse et leur interprétation.

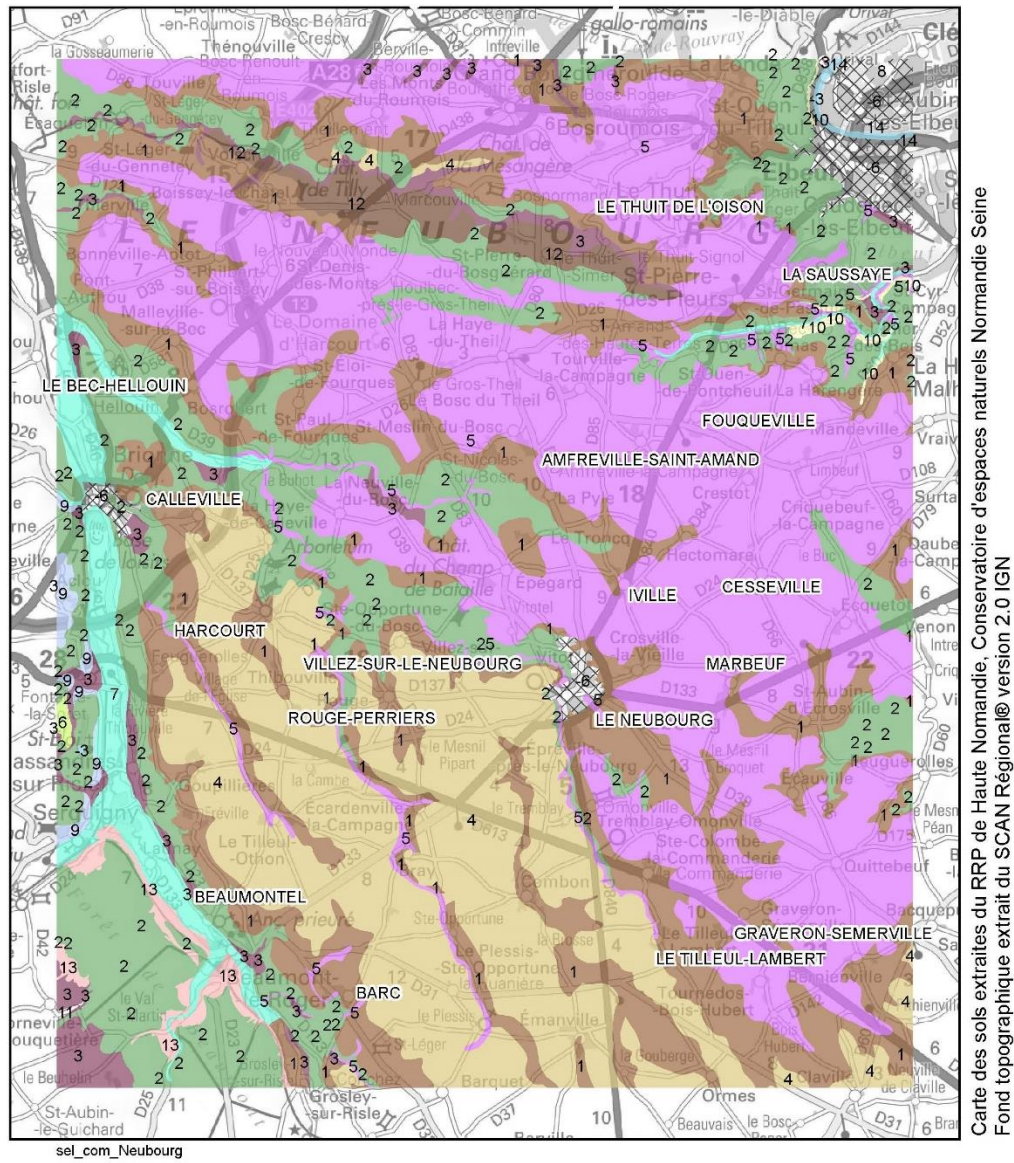


Figure 1 : Carte pédologique du plateau du Neubourg où ont été réalisées nos enquêtes en exploitation agricole

**Tableau 1** : Caractérisation de l'échantillon d'agriculteurs**Tableau 1a** : Caractérisation des exploitations de l'échantillon

Exploit.	OTEX	SAU	Productions végétales	Nature de la main d'œuvre (autre que l'agriculteur)
1	GC	340	Blé, Betterave sucre, Lin, Colza, Pois, féverole	1 ½ salariés
2	GC	350	Blé, Lin, Plant de Pommes de terre, Betterave sucre, Colza	5 salariés
3	Po E	88	Blé, Colza, Lin, Maïs, Prairie	1 familiale + entraide familiale
4	GC	202	Blé, Colza, Orge printemps, Pois, Lin, Betterave sucre, Pommes de terre, Verger (pommes)	2 salariés + saisonniers
5	GC	300	Blé, Betterave sucre, Lin, Pois, Colza, Orge	1 ½ salariés
6	Po E	118	Blé, Lin, Betterave sucre, Escourgeon, Colza, Prairie	
7	Po E	285	Blé, Colza, Lin, Betterave sucre, Maïs, Prairie	2 familiales
8	GC	82	Blé, Colza, Lin, Betterave sucre	
9	GC	168	Blé, Colza, Lin, Betterave sucre	½ salarié + entraide
10	GC	280	Blé, Colza, Lin, Féverole, Orge, Betterave sucre	1 salarié
11	GC	197	Blé, Colza, Lin	Entraide
12	GC	200	Blé, Colza, Lin, Betterave sucre, Féverole, Orge	1 salarié
13	GC	135	Blé, Colza, Lin, Féverole	
14	GC	200	Blé, Colza, Orge, Pois, Lin, Verger (pommes à cidre)	1 familiale + occasionnels
15	Po E	350	Blé, Féverole, triticales, orge hiver, pois, lin, avoine de printemps et d'hiver, luzerne, prairie, verger	2 salariés + 1 familiale
16	GC	179	Blé, Lin, Pois, Colza	
17	Po E	161	Blé, Orge, Colza, Lin, Betterave sucre	1 familiale
18	GC	145	Blé, Colza, Lin, Betterave sucre	½ salarié
19	Po E	160	Blé, Orge brassicole, Colza, Lin semences, Avoine, Prairie	1 associé
20	GC	213	Blé, Colza, Lin, Betterave sucre	½ salarié + entraide
21	GC	289	Blé, Colza, Lin, Orge, Betterave sucre, Pomme de terre	6 salariés
22	GC	420	Blé, Lin, Orge, Colza, Betterave sucre, Pomme de terre	3 salariés + 2 saisonniers
23	GC	300	Blé, Lin, Colza, Betterave sucre, Orge hiver, Féverole	1 familiale

OTEX : Orientation technico-économique des exploitations agricoles ; GC : grandes cultures ; Po E : polyculture – élevage

**Tableau 1b** : Age des chefs d'exploitation de l'échantillon au regard des données du recensement agricole 2010 (Agreste, 2010)

	Donnée Agreste (pourcentage dans chaque catégorie pour le canton du Neubourg pour les exploitations moyennes et grandes)	Échantillon
Effectif	111	23
Moins de 40 ans	22 %	22 %
De 40 à moins de 50 ans	31 %	43 %
De 50 à moins de 60 ans	29 %	26 %
60 ans ou plus	18 %	9 %

## 2. Résultats

### 2.1 Une généralisation des difficultés de désherbage sur le plateau

Les agriculteurs et les agents de développement constatent globalement une augmentation du salissement des parcelles par des adventices, qu'ils attribuent au moins pour partie à l'augmentation des résistances des adventices aux herbicides. Sur le plateau, ce sont le vulpin (*Alopecurus myosuroides*) et l'ivraie (ou ray-gras, *Lolium* spp.) qui sont les plus abondants.

#### 2.1.1 Analyse des agriculteurs

Les causes évoquées sont nombreuses mais concentrées autour de trois échelles (Figure 2) : les pratiques de désherbage elles-mêmes, les effets des « systèmes de culture » (i.e. des successions de cultures sur la parcelle et des combinaisons logiques et ordonnées de techniques sur ces cultures) et enfin des raisons attribuées au « territoire » (organisation spatiale et humaine ou caractéristiques climatiques).

Les effets « systèmes de culture » sont peu évoqués et associés surtout à l'évolution du travail du sol ; l'abandon du labour conduirait à une augmentation des populations adventices. Les successions de cultures restant assez diversifiées, à quelques exceptions près, les problèmes de rotation sont peu cités et les apports de compost ou les semis d'interculture apparaissent, dans de rares cas, comme des sources d'apports de graines adventices. Ce sont surtout les effets de dispersion spatiale des graines d'adventices et les pratiques de désherbage elles-mêmes qui sont mises en cause dans le « salissement croissant » et « l'apparition de résistances ». La contamination des bordures de parcelles par les moissonneuses batteuses est la raison la plus partagée. Lors des récoltes de bordures de champs, les éparpilleuses de paille projettent les graines d'adventices, notamment de ray-grass, dans la parcelle elle-même et les parcelles voisines. Cette contamination peut aussi intervenir lors du passage des moissonneuses d'une parcelle à une autre. Les impasses ou les loupés de désherbage sont ensuite les raisons les plus mentionnées : « *Un loupé une année et on met plusieurs années à s'en remettre. Il faut corriger le tir tout de suite. J'ai déjà vu des ronds où j'avais oublié un passage et sur 30 mètres de large et 400 m de long c'était bourré de ray-grass. J'ai mis trois ans à m'en débarrasser en sur-dosant les années suivantes* »<sup>1</sup>.

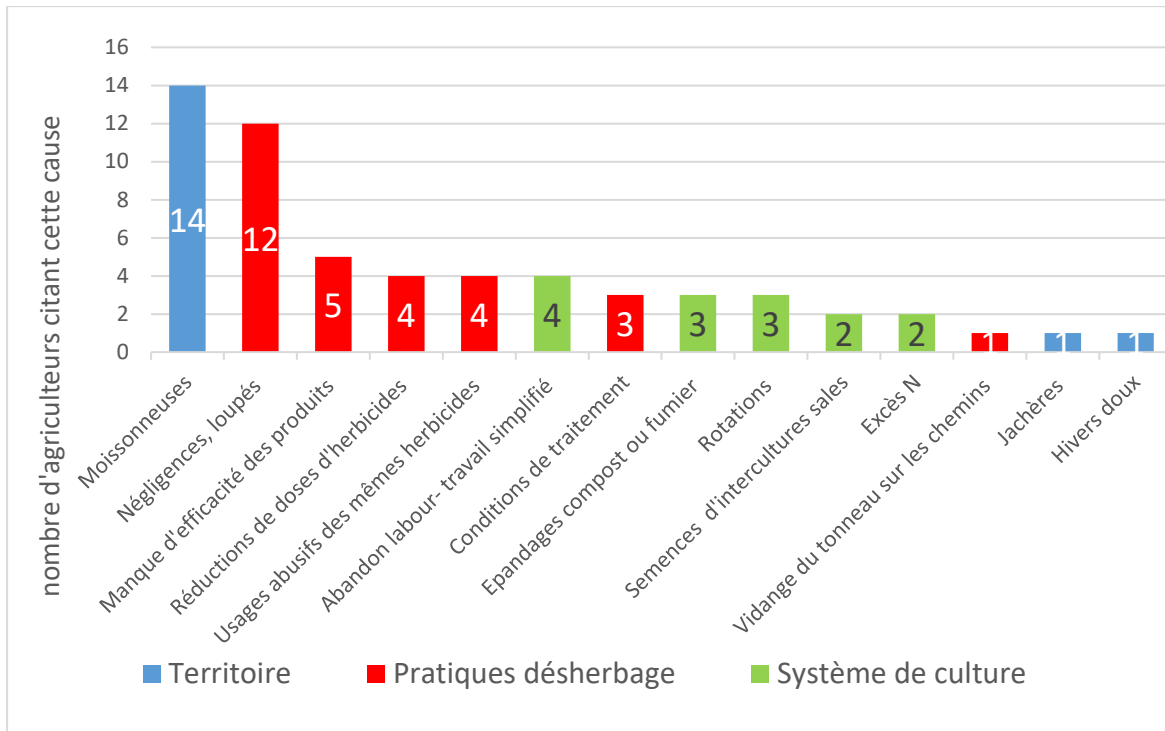
La sanction immédiate est la prolifération des adventices et la survenue de résistances. C'est l'échec des désherbants chimiques qui faisaient jusqu'ici leur preuve qui provoque le soupçon de « résistance » : « *J'ai eu des pertes de rendement parce que là il y avait une résistance affichée aux sulfonylurées.* » ; « *Moi j'ai fait de l'Axial Pratic<sup>2</sup> l'année dernière et ça n'a pas marché du tout, ça n'a rien fait* ».

Les agriculteurs ne font, en général, pas d'analyse pour confirmer ou infirmer la présence de plantes résistantes dans leurs parcelles : « *Je n'ai pas fait de test mais le test se fait en culture quand on voit qu'il n'y a pas d'efficacité* ». Les mécanismes cités à l'origine des résistances ne sont pas toujours clairs : l'usage excessif des herbicides ou la pratique des réductions de doses ne sont évoqués que par quatre agriculteurs. En revanche, le fait que le ray-grass « se repique » ou qu'il ne soit que partiellement affaibli après un herbicide est souvent cité pour confirmer ce mécanisme de résistance. « *La résistance elle est venue de ça (repiquage). Au début on mettait de l'Atlantis<sup>3</sup> et il crevait et puis on a vu des talles repartir et puis cette talle-là faisait des talles au niveau des nœuds. La force de développement qu'avaient ces ray-grass-là, c'était impressionnant* ».

<sup>1</sup> Les parties en italique correspondent au verbatim des enquêtes

<sup>2</sup> Herbicide anti-graminées foliaire (cloquintocet-mexyl et pinoxaden, familles des quinoléines et phénylpyrazolines)

<sup>3</sup> Herbicide anti-graminées et anti-dicotylédones de post-levée (mesosulfuron-méthyl, iodosulfuron-méthyl-sodium et méfenpyr-diéthyl, familles des sulfonylurées et pyrazoles)



**Figure 2 :** Causes, citées par les agriculteurs, à l'origine du salissement des parcelles et de l'apparition de résistances. Réponses libres lors d'enquêtes réalisées sur le plateau du Neubourg dans 23 exploitations agricoles en 2015 et 2016.

### 2.1.2 Point de vue des acteurs du développement

L'analyse des conseillers est sensiblement différente de celle des agriculteurs (Tableau 2) et, s'ils s'accordent pour dire que l'usage systématique de désherbant a abouti à des impasses, leur interprétation diverge sur les mécanismes les plus prégnants de l'amplification du phénomène.

Pour certains des conseillers interrogés, ce sont les préconisations et pratiques de réductions de doses qui sont à l'origine de l'apparition des résistances. L'un d'eux dénonce également « l'idée de prendre en compte une nuisance directe et indirecte amenant à minimiser les faibles salissements et à considérer que ceux-ci n'ont que peu d'impacts ». Un technicien regrette en outre l'abandon du travail du sol au profit d'un recours systématique à la solution chimique tandis qu'un autre met en cause, au contraire, les labours profonds nécessaires aux cultures de lin, de betteraves et de pommes de terre qui nécessitent de brasser tout l'horizon, ce qui aurait pour effet de faire ressortir les ray-grass. Un troisième enquêté pointe deux causes : l'usage systématique et trop fréquent des mêmes groupes de désherbants FOP et DEN<sup>4</sup> mais aussi l'effet des moissonneuses batteuses sur la dispersion des graines résistantes.

La mise en cause de certaines pratiques de réduction de doses renvoie à une tension récurrente entre conseillers de différents organismes. Cette pratique des traitements bas volume s'est largement répandue dans cette zone depuis quelques années et ce, malgré les résultats et préconisations des scientifiques (Neve et Powles, 2005 ; Busi et al., 2013). Le principe qui consiste à diminuer le volume d'eau des bouillies phytosanitaires aurait pour effet d'augmenter les débits de chantier et de diminuer les quantités de substances actives épandues (QSA). Cependant, la réussite de sa mise en œuvre est conditionnée par des règles draconiennes (buses adaptées, conditions d'hygrométrie de température et de vitesse de vent) peu flexibles (Dacquin et al, 2013).

<sup>4</sup> Deux classes de substances actives pour un même mode d'action : Inhibition de l'Acétyl-coenzyme A carboxylase (ACCase)



## 2.2 Des changements de stratégies de désherbage... dans la continuité des pratiques antérieures

Les difficultés de désherbage et l'apparition de résistances ont contraint les agriculteurs à changer leurs stratégies de lutte contre les adventices. Dans une région riche en opportunités de diversification, la moitié des assolements comportent six à sept cultures avec une volonté d'alterner les cultures d'hiver. L'utilisation de cultures de printemps pour rallonger des rotations est constatée. Cependant, c'est plus la possibilité d'alterner le mode d'action des herbicides qui est évoquée pour justifier cette pratique que les moyens de régulations biologiques ou mécanismes qui y sont associés : « On a reculé les dates de semis. Et puis on est en train d'évoluer sur des traitements tout à l'automne. En plus avec les problèmes d'Isoproturon<sup>5</sup> et de Chlortoluron, on s'oriente plus sur des Defi<sup>6</sup> et Fosburi<sup>7</sup>. Et là on arrive bien à « avoir » le ray-grass ».

« L'idée c'est que pour gérer les résistances il faut être multi-produits ». « Dans le blé, ça pose des problèmes donc on gère sur la rotation complète, en changeant au niveau agronomique et en multipliant les matières actives ».

Les autres pratiques mises en œuvre pour résoudre ces problèmes restent centrées sur l'usage d'herbicides de synthèse dont on cherche essentiellement à adapter les modalités d'usage :

- Recours à des herbicides considérés comme des « nettoyeurs de parcelles » : le Kerb Flo<sup>8</sup> utilisé pour désherber le colza, par exemple ;
- Mélanges de matières actives afin de « contourner les résistances » (pratique courante en culture de betteraves sucrières) ;
- Remplacement des désherbages de printemps par des désherbages d'automne ;
- Utilisation d'herbicides à actions racinaires plutôt que foliaires ;
- Augmentation des doses de matière active jusque-là utilisées en sous-dosage (parfois à 10 ou 20% de la dose autorisée).

Les moyens de lutte plus agronomiques, comme le recul des dates de semis des cultures d'hiver, un labour tous les quatre ans, le rallongement des rotations avec une alternance de cultures d'hiver et cultures de printemps et la pratique du faux semis sont venus compléter l'action des traitements phytosanitaires. Cependant, ces préconisations, délivrées par les agents du développement, sont diversement suivies par les agriculteurs et ne suffisent donc pas à régler les problèmes de salissement croissant.

---

<sup>5</sup> Isoproturon et le chlortoluron, de la famille des urées substituées, sont des herbicides anti-graminées absorbés par les racines et, dans une moindre mesure par les feuilles, qui agissent comme inhibiteurs de la photosynthèse.

<sup>6</sup> Herbicide multi-céréales (Prosulfocarbe, famille des thocarbamates), efficace sur graminées (ray-grass, vulpin, paturin) et utilisable de la pré-levée à la post-levée précoce.

<sup>7</sup> Herbicide (diflufénicanil et flufénacet) de post-levée précoce d'automne des blés tendres et orges d'hiver, actif sur de nombreuses graminées et dicotylédones. Le diflufénicanil (Famille des phénoxy nicotinanilides), agit principalement en pénétrant dans l'adventice par la tigelle et les racines superficielles. Le flufénacet (famille chimique des oxyacétamides) agit par inhibition de l'allongement cellulaire des méristèmes racinaires et aériens, bloquant ainsi la croissance et le développement des tissus.

<sup>8</sup> Herbicide anti-graminées (Propyzamide, famille des benzamides) à mode d'action racinaire utilisable sur de nombreuses cultures. Il permet de gérer dans la culture ou dans la rotation les populations de graminées devenues résistantes aux matières actives foliaires (mode action HRAC A : Fop's, Dimes, Den's et HRAC B : sulfonylurées...).

**Tableau 2 :** Causes, identifiées par les conseillers interrogés, à l'origine du salissement des parcelles et de l'apparition de résistances ; préconisations pour la gestion de la flore adventice.

	<b>C1</b>	<b>C2</b>	<b>C3 et C4</b>	<b>C5</b>
<b>Causes évoquées pour expliquer l'apparition de résistances</b>	Moissonneuses-batteuses Usage systématique et trop fréquent de mêmes groupes de désherbants FOP et DEN	Rotations longues, avec du lin, de la pomme de terre, de la betterave sucrière qui brassent tout l'horizon et font ressortir les ray-grass	Réductions de doses sous les seuils homologués Utilisation des seuils de nuisibilité pour déclencher les traitements Usage systématique de la chimie Les jachères	Moindre efficacité des désherbants chimiques Réduction de doses sous les seuils homologués Abandon du travail du sol Recours systématique à la chimie
<b>Préconisations agronomiques pour maîtriser les adventices</b>	Labour tous les 4 ans 2 faux semis Semis après le 15 octobre	Labour tous les 4 ans Faux semis Semis après le 15 octobre	Labour tous les 3 ans Faux semis Recul des dates de semis Diversification avec des cultures de printemps (ex : lin)	Diversifier les assolements Labour tous les 3 ans Faux semis Retarder les dates de semis Plus d'agronomie, moins de chimie
<b>Préconisations de désherbage chimique</b>	Bas volumes Dissocier fortes infestations et faibles infestations Coûts de 170 € à l'automne sur des secteurs compliqués avec deux passages : un pré-semis et un à une feuille du blé avec des programmes assez coûteux. Dans des secteurs moins compliqués des programmes à 50 € avec ou sans rattrapage	Désherbage d'automne pleine dose	Au cas par cas, dépend de la problématique, du stade, du climat Objectif : 100 % propre	Adaptation au cas par cas Alternance des modes d'actions. Désherbage d'automne et rattrapage en fonction des observations
<b>Commentaires lors de l'entretien</b>	Perplexité vis-à-vis des solutions alternatives aux herbicides Désherbage mécanique compliqué dans le contexte pédoclimatique local Réduction du désherbage considérée comme impossible Préconisations pas toujours appliquées par les agriculteurs	Recherche de l'optimum économique  Base ses préconisations sur des essais locaux	Si labour tous les 3 ans il faut un glyphosate devant. Suppression du glyphosate difficile à envisager Repiquage de certaines adventices lié au contexte climatique humide	Préconisations pas toujours appliquées par les agriculteurs La lutte chimique ne répond plus à la problématique du secteur. Il faut revenir à l'agronomie.

### 2.3 Identification des freins au changement à l'échelle des exploitations

Il y a une certaine contradiction entre, d'une part, le diagnostic porté par les agriculteurs sur les causes de leurs difficultés croissantes à gérer les adventices (mise en cause de certaines pratiques de désherbage, d'effets à l'échelle des systèmes de culture et du territoire) et, d'autre part, les solutions qu'ils adoptent pour les résoudre. Elles se concentrent en effet sur une recherche de solutions de désherbage chimique, alors même que l'encadrement technique propose un certain nombre de solutions alternatives. Ainsi un agriculteur conclut : « *On a de plus en plus de mal à maîtriser, on est quand même dans une zone où il y a une grosse problématique ray-grass résistant et je pense que l'on n'a pas tout avec le chimique. Aujourd'hui on voit les limites du chimique malgré que l'on en a besoin, c'est incontournable* ». Ce contraste révèle l'existence de freins à la réduction d'usage des herbicides dans la région. Pour les comprendre il ne faut pas isoler le désherbage d'autres aspects, qui structurent le fonctionnement de l'exploitation elle-même, ou le système sociotechnique dans lequel s'inscrit son évolution. Il en est de même pour la compréhension de la dynamique de la flore adventice. Il faut dépasser les seules techniques de désherbage et l'échelle annuelle et considérer le système de culture dans son ensemble. En effet, ce n'est généralement pas les quelques plantes qui ont échappé au contrôle une année donnée qui affectent le rendement (Colbach et Cordeau, 2018) mais les centaines voire milliers de semences qu'elles produisent et qui survivent pendant des années dans le sol (Lewis, 1973). Une décision à un instant donné va ainsi avoir des répercussions pour les cultures à venir.

#### **2.3.1 Les caractéristiques parcellaires, les durées de chantier et les équipements**

Les caractéristiques d'un parcellaire (dispersion, éloignement, morcellement, petite taille des champs) peuvent représenter des contraintes majeures qui impactent l'organisation du travail, notamment à cause de la vitesse d'exécution des chantiers et des déplacements qu'ils nécessitent. Pour gagner du temps et rationaliser l'organisation des chantiers, certains agriculteurs ont tendance à systématiser les traitements phytosanitaires et à les grouper par blocs de parcelles, au détriment d'une adaptation fine aux conditions d'intervention (diagnostic parcellaire, observations, stades) : « *En traitement je fais du systématique parce que je n'ai pas le temps d'aller voir mes champs. Je sème le blé, et je reviens désherber* ». « *Donc ça c'est systématique sur toutes les parcelles, c'est deux litres d'Isoproturon d'office, en post-semis prélevée et Fosburi 2<sup>ème</sup> feuille qui pointe. Ensuite un Chlortoluron à partir de deux feuilles ou un Isoproturon à partir de 3 feuilles. Donc ça oblige à trois passages à l'automne mais on a de bons résultats* ».

Cette tendance est renforcée par le dimensionnement et les capacités des appareils de pulvérisation, portés ou automoteurs (largeur d'intervention, capacité des cuves). Ces équipements très performants et d'une grande autonomie permettent d'augmenter les vitesses de chantier. Le remplissage des cuves de grande capacité est plus long mais les rechargements sont moins fréquents, il y a donc moins de préparations de bouillies et moins de déplacements pour recharger, c'est un gain de temps qui génère une réduction des coûts d'intervention. « *Je fais tout d'un coup. Tout ce qui est sulfonilurée il faut mettre au moins 120 litres par hectare il ne faut pas trop descendre. Je me lève tôt parce qu'en bas volume, il faut travailler avec de l'hygrométrie donc à 9h ou 9h30 max j'ai tout fait alors qu'avant il me fallait deux ou trois matins. Le matériel a évolué ; maintenant tout se fait très vite* ».

Mais cet agrandissement du matériel peut aussi rendre difficile les alternatives : « *Aujourd'hui on a des tracteurs qui sont assez costauds, assez lourds alors quand vous passez dans du blé... mais bon j'ai un voisin qui est en bio et qui fait ça (i.e. du désherbage mécanique), c'est bien !* ».

En résumé, la recherche d'une accélération des chantiers et l'augmentation de la taille des matériels d'épandage et de traction renforcent la pérennisation de solutions chimiques raisonnées à la parcelle.

### **2.3.2 Les arbitrages entre chantiers, les fenêtres climatiques et l'organisation du travail**

Les arbitrages entre productions dans l'organisation du travail peuvent également être source de difficultés pour réaliser les interventions de désherbage dans de bonnes conditions. Selon les agriculteurs et leurs conseillers, c'est le cas pour les alternatives mécaniques au désherbage chimique au printemps et à l'automne dans cette région.

De façon plus générale, la réduction des herbicides n'est pas envisageable par le seul recours au désherbage mécanique mais demande souvent un changement profond du système de culture requérant souvent des passages supplémentaires et/ou à une période différente.

Les agriculteurs confrontent et hiérarchisent les chantiers en fonction d'une évaluation des risques d'échec de leurs choix techniques et des mesures de rattrapage possibles. Ainsi le ramassage du lin (qui concerne tous les agriculteurs de l'échantillon avec des surfaces variables), dont le rouissage à terre exige une attention soutenue pour éviter la dégradation rédhibitoire de la fibre, semble prioritaire sur les pratiques de déchaumage d'automne. *« Quand on rentre du lin on a du mal à faire les déchaumages comme on voudrait. Quand on est parti dix jours à rentrer du lin, c'est aussi les bonnes saisons pour déchaumer. Les déchaumages, on les fait avant ou après »*. Se faisant, les conditions climatiques pour une pleine efficacité des pratiques de déchaumage ne sont pas toujours réunies : *« Les techniques de faux semis il faut s'y atteler de bonne heure, il y a un timing à respecter si vous voulez faire lever. Il faut que la météo s'y prête un peu ! Si vous voulez détruire votre mauvaise herbe avec un déchaumage et que vous vous prenez 10 mm derrière, on fait du repiquage, c'est foiré. Si après vous n'avez plus la météo jusqu'au 20 octobre, vous n'y arrivez pas »*.

Il apparaît donc qu'il est préférable de traiter en priorité le lin car il n'y a pas de solution de rattrapage lorsque la qualité est altérée, alors qu'un déchaumage raté peut être compensé par un désherbage chimique. *« Si vous avez un glyphosate en réserve ça va être bien ! »*<sup>9</sup>. Le même agriculteur rappelle bien qu'une autre solution existe : *« Les gars ont racheté des charrues, c'est un très bon outil de désherbage, c'est un outil formidable, c'est 80 % de résultat, vous mettez vos ray-grass au fond »*. Mais il rajoute : *« Elle va servir une année et puis après pendant 4 ans avec ce que vous avez remis propre au-dessus, il faut réfléchir au truc et ne pas se re-contaminer »*. Là encore, l'existence d'une solution de rattrapage chimique autorisée et efficace renforce une organisation qui multiplie les contraintes à l'automne, face à des solutions plus complexes et surtout moins bien référencées. Changer de stratégie supposerait sans doute de réorganiser le système pour favoriser par exemple le développement de références plus pointues sur l'articulation de différents programmes de travail du sol ou sur le ramassage du lin. De telles solutions ont été trouvées pour l'arrachage du lin, première étape de la récolte fin juillet, qui nécessite du matériel et des compétences particulières. Il est maintenant réalisé généralement par une entreprise ou une CUMA<sup>10</sup> intégrée à la coopérative de teillage elle-même, libérant du temps de travail pour les agriculteurs.

### **2.3.3 La crainte de perte de revenus, la force de l'habitude et la confiance dans l'innovation en agrochimie**

Le maintien du revenu est une source majeure d'inquiétude. Si les agriculteurs interrogés peuvent estimer le coût du désherbage, par intervention ou pour une culture, aucun d'entre eux n'a su nous préciser le coût global annuel du poste désherbage, à part pour dire que *« c'est énorme »*. En définitive, et plus ou moins implicitement, l'espérance de revenus est attachée au souci de maintenir de hauts rendements, le coût des intrants étant le prix de cette stabilité. Les pratiques *« intégrées » « raisonnées »* ou *« bio »* sont perçues comme risquées à ce titre : *« Depuis 10 ans, je fais une partie de mes blés en conduite intégrée »*.

<sup>9</sup> Les enquêtes ont été réalisées avant la décision du retrait de cette matière active prévu à partir de 2021

<sup>10</sup> Coopérative d'utilisation de matériel agricole

*Je ne fais pas tout en intégré parce qu'il y a une prise de risque. J'ai besoin de ma ferme pour vivre ». « Mon système est assis sur un taux d'endettement qui n'est pas près de s'arrêter, donc je ne peux pas passer au bio même si techniquement ça me tenterait. (...) je me vois mal modifier ma façon de travailler tout en sachant que ma fille va rentrer dans un système d'études où il va falloir que j'assure financièrement derrière ».*

Les techniciens ont en tête des alternatives mais ne veulent pas non plus « faire prendre des risques aux agriculteurs » et tiennent à leur disposition une panoplie de solutions herbicides : « *La population agricole vieillit et c'est une génération qui a connu le tout chimique et des homologations régulières de produits qui marchaient et ils ont toujours en tête l'espoir que le chimique va marcher ».*

Les agriculteurs développent des raisonnements pointus, résultats d'une longue expérience, pour adapter leurs solutions herbicides à leur assolement et aux problèmes de salissement croissants sur certaines parcelles : « *Dans les parcelles où je vois qu'il y a un peu de ray-grass, je fais d'autres produits type Avadex<sup>11</sup>. (...) J'avais une parcelle où j'avais un peu de difficultés et cette année j'ai juste fait un prélevé dans le blé et j'ai repassé 8 ou 15 jours après avec Fosburi, mais pas à pleine dose, et j'ai eu mes ray-grass et c'est nickel ».*

Certains herbicides sont réputés pour leur efficacité et les mécanismes d'action sont souvent bien connus des agriculteurs : « *L'anti-graminées phare pour le colza c'est le Kerb. C'est ce qui permet de détruire tout ce qui traîne. C'est un produit racinaire donc c'est long à agir. Le traitement se fait début décembre et l'effet terminal, c'est début mars. Au mois de février je voyais encore des ray-grass un peu verts mais là, tout est mort ».* Le glyphosate est, quant à lui toujours considéré comme indispensable, il est le recours ultime et radical – « *la force de l'habitude »* en cas de salissement non contrôlé.

Finalement, dans le cadre des solutions chimiques certains agriculteurs ont acquis une dextérité de raisonnement importante mais très spécifique à cette modalité de désherbage. Si l'efficacité des produits diminue, d'autres sont testés mais les conditions d'application qui pourraient expliquer ce manque d'efficacité ne sont pas ou peu interrogées. « *En désherbage tout se rejoint quand même, il n'y a personne qui fait de miracle, quand les produits ne marchent plus on le sait. (...) Quand on a un échec avec un produit je n'ose pas le réutiliser, j'en reprends un autre équivalent ».*

### **2.3.4 Les contraintes réglementaires, les normes et les valeurs**

Le territoire régional est soumis à des réglementations plus ou moins contraignantes pour la mise en œuvre de nouveaux systèmes de culture. La Directive Nitrates impose ainsi un couvert végétal en interculture longue pour limiter les lessivages mais leur implantation à l'automne est réglementée et vient en concurrence d'autres activités : « *Parfois quand on a terminé de faire des lins, on peut se retrouver au 1<sup>er</sup> octobre à avoir de bonnes conditions pour déchaumer mais là réglementairement il faut que mon CIPAN<sup>12</sup> soit déjà fait donc je ne peux plus y toucher ; ça c'est un problème ! ».* Cette remarque souligne encore que le ramassage du lin roui est prioritaire et que la réglementation s'additionne à cette contrainte pour réduire encore les marges de manœuvre en octobre pour déchaumer. Du coup, plusieurs agriculteurs réclament des dérogations : « *Avant on ne faisait pas de CIPAN et on ne mettait jamais de glyphosate ».* Mais cette remarque révèle aussi que pour l'agriculteur, les CIPAN ne peuvent participer d'une solution de contrôle des adventices.

Au-delà des réglementations touchant aux ressources des territoires ou aux filières, les agriculteurs ont des normes de fonctionnement propres, des valeurs, qui renforcent ou dévaluent certaines pratiques. Toujours indigné par les effets des réglementations l'agriculteur précédent explique : « *Mais nous quand*

<sup>11</sup> Herbicide (Triallate) recommandé au semis en cas de résistance avérée des ray-grass aux herbicides inhibiteurs de l'ACCase (FOPs)

<sup>12</sup> Culture intermédiaire piège à nitrates

on est dans le lin, on ne va quand même pas payer un entrepreneur à déchaumer ! ». Pour un des agriculteurs, les services rendus par les CIPAN n'apparaissent pas : « Je fais un minimum de CIPAN parce que je n'aime pas semer quelque chose pour le détruire. Quand je sème j'aime bien récolter !!! » mais plus loin, il n'hésite pas, pour rentrer dans les normes exigées par le teillage à faire un « Round up sur le lin au rouissage pour que le lin soit propre juste avant de le retourner<sup>13</sup> ». Cette pratique est pourtant évitée par d'autres pour des raisons de persistance de l'herbicide dans le produit récolté : « Là, c'est sur la plante couchée au sol que l'on met le produit mais je pense qu'après au teillage, on sent l'odeur du glyphosate ».

En matière de valeurs, la propreté des champs est l'une des plus clairement exprimée dans les entretiens : « Quand tu as une parcelle qui est propre c'est l'avenir qui est propre aussi ». Cette propreté a valeur de norme commune : « X c'est chimie-chimie, lui s'il n'y avait pas la chimie, le bio c'est même pas la peine de lui en parler ; par contre il travaille très bien, c'est propre chez lui ». Il n'y a même pas besoin de mesures au champ, cela se voit : « En agriculture je ne connais pas beaucoup de comptages, les seuls comptages que l'on fait c'est pour un peuplement de culture. En terme de salissement, on voit si c'est propre ou pas ».

Cette valeur est partagée par la plupart des conseillers : « Moi aujourd'hui, je veux que ce soit propre ; je ne suis même plus dans une notion de prix, en fait je vois le désherbage comme un investissement ». « Nous il faut que ce soit propre on ne laisse rien passer au travers, il faut que ce soit propre, ce n'est même plus une question économique c'est une obligation de résultat, alors je parle en ray-grass, vulpin. ». « L'objectif, c'est de rendre les terres les plus propres possibles, limiter les adventices, mais ce n'est pas facile même en diversifiant parce qu'on est tellement envahis par ici ! Même quand on a des résultats chimiques à hauteur de 93 % d'efficacité, c'est encore insuffisant parce que les 7 % qui restent sont encore de trop. ».

Ces valeurs construites dans le temps, évaluées par une longue expérience, sont très interrogées par l'inefficacité progressive de certaines solutions chimiques mais aussi par l'émergence de propositions alternatives (couverture du sol et plantes associées) dont les effets sont appréciés diversement : « Honnêtement les CIPAN, c'est dégueulasse toutes les mauvaises herbes poussent dedans. ». Un autre agriculteur constate « Les gens rigolent mais à la moisson je moissonne du colza propre qui n'a pas été désherbé, avec une allure très moche en hiver parce que j'ai des féveroles qui font un mètre de haut l'hiver par-dessus le colza. ». Un autre enfin s'interroge sur ce qui fait « résistance » : « Je suis très prudent sur le terme de résistance. J'ai des problèmes de désherbage mais je ne suis pas persuadé que ce soit des résistances dans la mesure où les parcelles qui étaient très sales il y a 10 ans ne sont pas forcément sales aujourd'hui et, vice versa, certaines qui étaient propres sont devenues sales. (...) Mais c'est tellement facile de dire qu'on a des problèmes de résistance ». Cet avis est appuyé par certains techniciens : « La résistance, c'est la résistance au changement des agriculteurs et nous, on se demande s'il ne faudrait pas qu'on travaille plus là-dessus que sur l'agronomie ».

## 2.4 Identification des freins au changement dans l'interaction avec les conseillers

### 2.4.1 Infrastructures de conseil, tensions entre vente et conseil, concurrence

Certains techniciens sont parfaitement conscients de l'impasse actuelle. Les cultures possibles dans des zones hydromorphes autrefois en prairies sont essentiellement le blé et le colza dans lesquels il y a maintenant « 1000 vulpins au m<sup>2</sup> qui commencent à être résistants à tout ce qui existe ». Dans les organismes de collecte, l'accompagnement des agriculteurs est pris entre deux fonctions « on vit grâce aux ventes de phyto c'est vrai mais on vit aussi grâce à la collecte ». Si l'inflation des résistances leur

<sup>13</sup> Quand le lin est en andains

coûte des quintaux, la diversification des cultures leur livre des productions auxquelles ils ne savent pas toujours trouver des débouchés. « *Parce que nous, la différence qu'on a par rapport aux conseillers, c'est que nous, on sait ce qui se vend. Parce que des fois les autres ils ont des supers idées techniques sauf que derrière on se retrouve avec de la marchandise qu'on n'arrive pas à vendre* ».

Les agents de développement, qui appartiennent à différentes structures portent ainsi des objectifs divers vis-à-vis de la production (faire du volume de collecte, réduire les coûts, ...) ce qui génère des contenus et des modalités d'accompagnement variés voire concurrents. La question des phytosanitaires, et particulièrement du désherbage, peut exacerber ces tensions : « *Ils peuvent justifier le fait d'exister dans la mesure où ils peuvent avoir des préconisations complètement différentes des nôtres sinon ils n'ont aucun intérêt* » indique un des enquêtés.

#### **2.4.2 Back office, expérimentation systémique et connaissances**

Le conseil est un enjeu majeur pour s'assurer de l'adhésion et de la fidélité des agriculteurs aux services d'une structure de développement. Chacune d'entre elles met en place des dispositifs expérimentaux selon des modalités qui lui sont spécifiques. Ces essais ont dû être adaptés pour répondre aux difficultés de désherbage actuelles. Certaines structures continuent les essais sur les produits en plateforme mais les évaluent différemment en zones de faible ou forte infestation. D'autres ont arrêté les essais-produits : « *Pour nous ça ne sert plus à rien de faire des essais produits parce qu'on n'a pas d'innovation depuis 15 ans (...). Donc, on a mis en place des plateformes d'essais agronomiques, à savoir dans la même parcelle je décale ma date de semis, je fais un faux semis, je fais un labour...* ». D'autres encore réalisent des expérimentations chez les agriculteurs, mais les innovations systémiques sont alors difficiles à évaluer car la crainte de voir surgir de nouveaux problèmes existe : « *On a quelques essais de semis sous couvert chez des agriculteurs. Il faut qu'on le fasse en expé d'une façon beaucoup plus carrée parce que grosso modo eux (les agriculteurs) disent qu'ils ne perdent rien mais quand on voit l'état des cultures ça fait peur (limaces, mulots, inversions de flore, croissance de la plante de couverture ...). Il faut qu'on le fasse avec une expé rigoureuse.* ».

Ces dispositifs ne permettent cependant pas de traiter deux « trous de connaissance » identifiés par les acteurs. Le premier, concernant une problématique à court terme, est la difficulté de formaliser des seuils d'intervention : « *La moitié des seuils, ils sortent d'on ne sait pas où, c'est des « on-dit... (...) Il y a plein de seuils qui sont farfelus !* ». Le second angle mort a trait à la difficile prise en compte des effets à moyen et long terme des modalités innovantes en matière de :

- Gestion des stocks de graines adventices : « *c'est vrai il vaut mieux avoir un sol couvert l'hiver pour pouvoir capter l'azote mais le problème c'est : comment on déstocke notre stock de mauvaises herbes ?*
- Développement des résistances : « *Si on leur dit que dans 5, 7, ou 10 ans cette pratique-là va faire que peut être ou peut-être pas vous allez développer de la résistance ! Tant que ça (les phytos) marche !!!!* ».

Deux autres questions ne sont jamais abordées : le changement d'échelle dans la recherche de solutions concertées au niveau du territoire et la question de la maîtrise des risques encourus par les applicateurs vis-à-vis de leur santé.

#### **2.4.3 Front office, conseil systémique, programme de base**

Un certain nombre de conseillers distinguent les situations « sans problèmes » où le désherbage chimique fonctionne encore, des autres, où il faut mettre en œuvre des alternatives : « *On a un programme adapté et, pour l'instant, c'est un truc de base qui fonctionne très bien. (...) et puis c'est bon, c'est propre. Un petit rattrapage sortie d'hiver et puis c'est propre et pour 25 euros là on considère qu'il*

*n'y a pas de souci. Après, les parcelles à problèmes c'est celles où il y a 1000, 2000 ou 3000 ray-grass par m<sup>2</sup> et résistants. Donc là c'est clair que si on ne décale pas les dates de semis... ».*

L'agronomie est mobilisée dans les situations à problèmes comme si, avant que ceux-ci ne surgissent, il était difficile de réfléchir à des alternatives. Certains techniciens affirment : « *On sait ce qu'il faut faire : labour, faux semis- à quelle profondeur, quelle durée-, dates de semis (...), on sait tout ce qu'il faut mettre en œuvre pour pallier le problème. »* mais « *C'est beau à dire en paroles mais en pratique !* ». Certains messages ne passent pas : « *Retarder les semis c'est ce qui passe le moins bien chez les agriculteurs parce qu'ils ont toujours peur de ne pas pouvoir semer, ce qui pour moi est faux* ». Mais si les conseillers revendiquent l'accumulation d'une expertise précieuse qui leur permet un certain recul, beaucoup d'interventions sont réalisées dans l'urgence, en correctif, sur des situations où les agriculteurs espèrent que « *cela va encore passer* ».

Les possibilités qu'offrirait l'agriculture de précision avec des pulvérisateurs munis de capteurs qui permettraient de traiter à l'endroit précis de la présence de plantules d'adventices ont été évoquées. Cependant, le coût de ce type de matériel ne le rend pas accessible à tous les agriculteurs.

Finalement, une partie des conseillers reste sceptique quant à la possibilité de réduire un jour les herbicides ou de se passer du glyphosate. Même si les pratiques des agriculteurs en agriculture biologique leur fournissent des pistes, ils restent dubitatifs quant à l'efficacité et de la possibilité de mise en œuvre du désherbage mécanique et d'autres alternatives (couverture du sol) dans le contexte climatique local.

### 3. Discussion

Si le choix d'une enquête compréhensive approfondie dans un nombre nécessairement limité d'exploitations ne permet pas d'avoir une vision exhaustive des pratiques culturales en grande culture conventionnelle sur le plateau du Neubourg, le mode d'échantillonnage et les entretiens avec les conseillers de différentes structures d'accompagnement ont permis de donner à voir une image représentative des problèmes de désherbage et des freins à l'extension de pratiques alternatives à la lutte chimique dans cette petite région. Les stratégies de désherbage reposent toujours majoritairement sur les herbicides dont les agriculteurs ont adapté l'usage. Les conditions pédoclimatiques de cette zone permettent la diversification des cultures mais ce ne sont pas les régulations biologiques qui y sont associées qui sont mobilisées mais la possibilité d'alterner les matières actives.

Le verrouillage sur les solutions chimiques de désherbage reste donc encore fort et ce, malgré la prise de conscience des agriculteurs des limites de ces pratiques (apparition de résistances). Ce constat rejoint celui de plusieurs auteurs (Wilson et Tisdell, 2001 ; Guichard et al., 2017 ; Della Rossa et al., 2020) et résulte, selon nous, de deux mécanismes sur lesquels pourraient se concentrer les efforts de R&D.

Le premier réside dans la faible mise en commun des analyses des agriculteurs et de celles des conseillers. Par ailleurs, il est peu fait référence aux travaux scientifiques sur ces questions alors que ceux-ci existent et sont diffusés (Gaborit, 2015). L'enquête montre que ces acteurs ont des hypothèses explicatives variées, pas toujours convergentes. Le salissement des parcelles et les difficultés rencontrées pour maîtriser des adventices sont attribués à l'apparition de résistances, bien que peu de tests soient réalisés pour le confirmer. Le diagnostic agronomique de ces situations, qui pourrait permettre d'identifier d'autres causes potentielles des échecs de désherbage (conditions d'application, par exemple) n'est pas ou peu évoqué. Pourtant, le respect de règles agronomiques élémentaires reste un préalable pour réussir son désherbage (Bonin et al., 2015). L'observation et le diagnostic parcellaire sont ainsi déterminants pour décider ou pas d'une intervention herbicide. Nous avons aussi constaté que les avis sont très divergents voire conflictuels sur les effets des sous-dosages et des impasses de désherbage en cas de faible présence d'adventices.



De tels diagnostics sur les faibles échanges, voire les conflits, entre connaissances empiriques, expertes et scientifiques (Eshuis et Stuver, 2005) ont conduit différents auteurs à proposer de renouveler les systèmes de connaissance agricole (Hubert et al., 2000) et à explorer en quoi la synergie entre ces différentes sources peut produire de nouvelles connaissances pour l'action (Girard et Navarrete, 2005). Cette difficulté à établir « comment cela fonctionne » localement est un obstacle au changement pour les agriculteurs qui cherchent des solutions adaptées à leur système de production (Toffolini et al., 2016). Ce problème est renforcé par la faible transparence d'une partie des outils d'aide à la décision dont le paramétrage local et l'utilité pour l'action peuvent être remis en cause (McCown, 2002 ; Cerf et Meynard, 2006 ; Cerf et al., 2012a ; Ravier et al., 2016). L'émergence de solutions nouvelles se heurte ainsi à un problème d'organisation collective des diagnostics à différents niveaux d'échelle, de la parcelle au territoire. Ceux-ci, appuyés sur des dispositifs de suivi de parcelles (Doré et al., 2008), d'enquêtes sur les pratiques dans les exploitations (Compagnone et al., 2008) et de relevés dans le paysage (Fried et al., 2009) permettraient de mieux hiérarchiser les facteurs en cause dans les échecs de gestion de l'enherbement et, en particulier, de mieux évaluer la réalité du phénomène de résistance des adventices.

Le second mécanisme sous-tendant le verrouillage dans la région enquêtée, tient précisément à cette explication par les résistances aux herbicides qui fait ressortir deux composantes clés du désarroi des acteurs. Les agriculteurs prennent en effet conscience des effets à long terme de certaines de leurs pratiques sur les populations d'adventices et ceux-ci sont bien documentés (Darmency et Gasquez, 1990 ; Vacher et al., 2019). L'apparition des résistances et des situations difficiles à contrôler pourrait être une opportunité pour réfléchir à des alternatives, notamment la combinaison de leviers agronomiques à effets partiels. Or, ceux-ci ne sont mobilisés que dans le cas d'impasses avérées comme cela a déjà été constaté par d'autres auteurs (Llewellyn et al., 2004 ; Colas et al., 2020). Cette résistance à l'idée de transformer leurs systèmes de culture (voire de production) résulte du manque de visibilité sur les risques d'échec de ces pratiques en rupture (Rodriguez et al., 2009 ; Derrouch et al., 2020) tant du point de vue technique qu'économique. Les enquêtes ont en effet permis de montrer que le maintien du revenu, face à l'incertitude d'un changement de pratiques, est un frein à l'adoption de nouvelles stratégies pour les agriculteurs mais aussi pour leurs conseillers.

Les ressources à mobiliser pour la mise en œuvre d'alternatives sont en outre souvent anticipées comme limitantes quand elles supposent de réviser certains choix en matière de main d'œuvre, de mécanisation et de cultures qui se sont auto-renforcés au cours du temps autour de l'usage très dominant des solutions chimiques (Guichard et al., 2017). Ce verrou est conforté par le déficit de références locales sur ces alternatives dans les réseaux de l'agriculteur (Meynard et al., 2013 ; Mawois et al., 2019).

Pour « défixer » les acteurs des voies d'innovation classiques qui butent sur les limites du recours à la chimie de synthèse, la mobilisation de collectifs mixtes entre agriculteurs, acteurs des territoires et des filières, conseillers et scientifiques, pourrait être utile sur quatre axes.

Le premier consiste en l'identification et l'évaluation des innovations techniques testées par les agriculteurs eux-mêmes et le relevé des manques de connaissances à combler pour alimenter ces alternatives (Girard et Navarrete, 2005 ; Lamé et al., 2015 ; Salembier et Meynard, 2016). Au-delà des innovations elles-mêmes, les agriculteurs ou les collectifs dans lesquels ils s'inscrivent, développent des organisations pour surmonter certains verrous matériels et cognitifs à la transformation de leurs systèmes, qui sont aussi des voies d'inspiration (Compagnone et al., 2008 ; Lucas et al., 2019 ; Colbach et al., 2020, ce numéro).

Le second axe concerne la conception, dans des dispositifs participatifs, de systèmes innovants intégrant différents niveaux d'échelle jusqu'aux organisations territoriales (Berthet et al., 2014 ; Della Rossa, 2020). Pour pallier le déficit de références locales pour évaluer la pertinence des scénarios issus de ces ateliers, une réorientation d'une partie des expérimentations (essais factoriels sur les produits phytosanitaires, par exemple) vers le test d'alternatives est évoquée par plusieurs acteurs dans les entretiens. Cela s'avère complexe. En effet, les alternatives à la lutte chimique combinent les pratiques, mobilisent des effets

systémiques et supposent aussi des changements d'échelles spatiale et temporelle pour éclairer les effets cumulés et de voisinage. Leur référencement local exige donc d'innover aussi dans les méthodes d'expérimentation (Deytieux et al., 2012).

Le troisième axe amène à réfléchir à la coévolution nécessaire entre les transformations agricoles, dont la gestion de l'enherbement donne ici un exemple saillant, et les métiers des conseillers dont les formes d'intervention se multiplient. Les approches systémiques plurifactorielles, nécessaires pour aborder des problèmes comme la gestion durable des adventices, l'évolution des modalités expérimentales et la diversification des formes d'accompagnement des agriculteurs questionnent les intermédiaires chargés du référencement et du conseil sur l'évolution de leurs compétences (Cerf et al., 2012b ; 2017 ; Delbos et al., 2014).

Enfin un quatrième axe de réflexion s'impose. Il s'agit d'évaluer dans quelle mesure les travaux menés dans des projets de recherche sont à même de soutenir les trois axes précédents.

En effet, les acquis du projet CoSAC, axé sur la compréhension fine et la modélisation des processus biologiques, ainsi que la production d'outils d'aide à la décision, peuvent aussi contribuer à ces dynamiques de changement (Colbach et al., 2020, ce numéro).

Le modèle mécaniste FLORSYS (Gardarin et al., 2011 ; Colbach et al., 2014) peut en effet aider :

- Au diagnostic des situations d'échec de désherbage en fournissant une hiérarchisation des causes du salissement ;
- A la mise en place d'essais systèmes en déterminant, en fonction du contexte, les modalités à tester (variétés par exemple) et les indicateurs à évaluer ;
- A l'interprétation de ces essais pour retenir les modalités les plus prometteuses (Colbach et al., 2019) ;
- A discuter des effets à long terme des systèmes innovants (Cavan et al., 2019) ;
- A discuter des interprétations d'observations ou de témoignages afin de lutter contre les idées fausses et les discours contradictoires, notamment vis-à-vis des effets réels ou supposés des réductions d'usages d'herbicides (Colbach et Cordeau, 2018).

Par ailleurs, dans des groupes, l'utilisation d'outils, comme DECIFLORSYS (Colas et al., 2020), qui simulent rapidement les effets de systèmes conçus par des agriculteurs sur leurs indicateurs d'intérêt, rend possible l'exploration d'hypothèses de réductions de l'usage d'herbicides plus élevées ou la fixation d'objectifs de préservation de la biodiversité plus ambitieux (Queyrel, pers. com). L'utilisation conjointe d'outils d'évaluation de la durabilité de systèmes de culture innovants (Messéan et al., 2010 ; Craheix et al., 2012 ; Pelzer et al., 2012) permet, en outre, d'avoir une vision globale des répercussions des changements tant du point de vue environnemental, qu'économique mais aussi social (temps de travail, impacts sur la santé des applicateurs...). Ce type d'analyse peut aider à la décision en contribuant à objectiver les risques encourus (Cavan et al., 2019 ; Cavan et al., ce numéro).

Néanmoins, réfléchir la gestion des adventices à l'échelle système et plus seulement à la parcelle et à l'année, même si cela est facilité par l'usage de modèles et d'outils, nécessitera d'être intégré à la formation, initiale ou continue, des agriculteurs et de leurs conseillers.

## Conclusion

Au terme de ce travail d'enquêtes, nous avons pu identifier différents freins à la réduction d'usage des herbicides tant internes aux exploitations qu'associés aux contraintes de référencement régional des alternatives et à certaines injonctions réglementaires. Leur analyse, parfois partagée par les agriculteurs et les conseillers eux-mêmes, explique, au moins pour partie, la faible réorientation des systèmes malgré les problèmes récurrents de salissement des parcelles rencontrés par les agriculteurs. L'expérience

d'autres travaux sur les questions de transition agroécologique permet d'identifier des leviers mobilisables pour sortir de cette « dépendance au chemin » formulée en ces termes par l'un des acteurs rencontrés : « *Nous sommes une génération qui a toujours connu la chimie, et ça fonctionnait, nous ne savons pas faire sans elle* ». Les acteurs du développement ont sans doute un rôle important à jouer dans des dispositifs incluant les agriculteurs eux-mêmes pour mieux évaluer les risques en termes techniques et économiques de différents scénarios de changement. Les innovations locales déjà testées par les agriculteurs et les connaissances et méthodes scientifiques synthétisées dans des modèles opérationnels pour les acteurs devraient pouvoir « dialoguer » dans ces dispositifs pour assurer l'adaptation locale des alternatives.

## Remerciements

Ces travaux ont été réalisés avec le soutien financier de l'ANR (Agence Nationale de la Recherche) dans le cadre du Programme national 2014 « Sécurité alimentaire et défi démographique », axe « productions durables », projet " ANR-15-CE18-0007, COSAC ".

Les auteurs remercient les agriculteurs et les techniciens qui ont collaboré à cette étude. Nous remercions également Aurélie Cardona, Nathalie Colbach, Anaïs Gaborit et Sébastien Lehmann pour leur aide.

La carte pédologique du plateau du Neubourg a été fournie par le Conservatoire d'espaces naturels Normandie-Seine.

## Références bibliographiques

Agreste, 2010. Recensement Agricole 2010 Agreste données en ligne. Ministère de l'agriculture et de l'alimentation. <http://recensement-agricole.agriculture.gouv.fr/>

Agreste, 2014. Enquête Pratiques Culturelles 2011 - Principaux résultats. Les dossiers. Agreste, pp. 52-54.

Berthet E.T., Bretagnolle V., Segrestin B., 2014. Surmonter un blocage de l'innovation par la conception collective. Cas de la réintroduction de luzerne dans une plaine céréalière. *Fourrages*, 217, 13-21.

Blaix C., Moonen A.C., Dostatny D.F., Izquierdo J., Le Corff J., Morrison J., Von Redwitz C., Schumacher M., Westerman P.R., 2018. Quantification of regulating ecosystem services provided by weeds in annual cropping systems using a systematic map approach. *Weed Res.* 58, 151-164.

Bonin L., Gautellier Vizioz L., 2015. Nouveau catalogue des usages : une utilisation plus flexible des herbicides. *Perspectives Agricoles* 427, 22.

Busi R., Neve, P., Powles, S., 2013. Evolved polygenic herbicide resistance in *Lolium rigidum* by low-dose herbicide selection within standing genetic variation. *Evolutionary Applications* 6, 231-242.

Cavan N., Omon B., Tailleur A., Dubois S., Queyrel W., Van Ingheland B., Colbach N., Angevin F., 2020. Comparaison de méthodes de conception de systèmes de culture innovants pour la gestion durable des adventices. *Innovations Agronomiques* 81, 189-200

Cavan N., Omon B., Colbach N., Angevin F., 2019. Utilisation du modèle FLORSYS comme outil d'aide à la conception de systèmes de culture innovants performants pour la gestion durable des adventices : exemple d'un groupe DEPHY Ferme de l'Eure. *Agronomie, environnement et sociétés.* 9, 131-143.

Cerf M., Meynard J.M., 2006. Les outils de pilotage des cultures : diversité de leurs usages et enseignements pour leur conception. *Natures Sciences Sociétés* 14(1), 19-29.

Cerf M., Jeuffroy M.H., Prost L., Meynard J.M., 2012a. Participatory design of agricultural decision support tools: taking account of the use situations. *Agronomy for sustainable development* 32(4), 899-910.

- Cerf M., Omon B., Barbier C., David O., Delbos C., Gagneur C.A., Guillot M.N., Lusson J.M., et al., 2012b. Les métiers d'agent de développement agricole en débat : comment accompagner des agriculteurs qui changent leur façon de cultiver en grandes cultures ? *Innovations Agronomiques* 20, 101-121.
- Chantre E., Cerf M., Le Bail M., 2015. Transitional pathways towards input reduction on French field crop farms. *International Journal of Agricultural Sustainability* 13, 69-86.
- Colas F., Cordeau S., Granger S., Jeuffroy M.-H., Pointurier O., Queyrel W., Rodriguez A., Villerd J., Colbach N., 2020. Co-development of a decision support system for integrated weed management: contribution from future users. *Eur. J. Agron.* 114, 126010.
- Colbach N., Angevin F., Moreau D., Rodriguez A., 2016. CoSAC, un projet pour la Conception de Stratégies durables de gestion des Adventices dans un contexte de Changement (climat, pratiques agricoles, biodiversité). 23ème Conférence Internationale du COLUMA, Dijon, France.
- Colbach N., Biju-Duval L., Gardarin A., Granger S., Guyot S.H.M., Mézière D., Munier-Jolain N.M., Petit S., 2014. The role of models for multicriteria evaluation and multiobjective design of cropping systems for managing weeds. *Weed Research* 54, 541-555.
- Colbach N., Cordeau S., 2018. Reduced herbicide use does not increase crop yield loss if it is compensated by alternative preventive and curative measures. *Eur. J. Agron.* 94, 67-78.
- Colbach N., Cordeau S., Queyrel W., Maillot T., Villerd J., Moreau D., 2019. Du champ virtuel au champ réel - ou comment utiliser un modèle de simulation pour diagnostiquer des stratégies de gestion durables des adventices ? *Agronomie, Environnement et Sociétés* 9, 111-128.
- Colbach N., Omon B., Duedal D., 2020. Retour de la pratique. Témoignage d'un agriculteur ayant participé à un groupe de conception de systèmes de culture à l'aide de modèles. *Innovations Agronomiques* 81, 201-208
- Compagnone C., Hellec F., Macé K., Morlon P., Munier-Jolain N., Quéré L., 2008. Raisonement des pratiques et des changements de pratiques en matière de désherbage : regards agronomique et sociologique à partir d'enquêtes chez des agriculteurs. *Innovations Agronomiques*, 3, 89-105.
- Cowan R., Gunby P., 1996. Sprayed to death: Path dependence, lock-in and pest control strategies. *Economic Journal* 106, 521-542.
- Craheix D., Angevin F., Bergez J.E., Bockstaller C., Colomb B., Guichard L., Reau R., Doré T., 2012. MASC 2.0, un outil d'évaluation multicritère pour estimer la contribution des systèmes de culture au développement durable. *Innovations Agronomiques* 20, 35-48.
- Dacquyn, J., Chatain, C., Hémercyck, H., Schmitt, B., 2013. Le bas volume, une "matière" active de la pulvérisation. *Chambre d'Agriculture de l'Oise*, 16p.
- <https://hautsdefrance.chambres-agriculture.fr/publications/la-publication-en-detail/actualites/le-bas-volume-une-matiere-active-de-la-pulverisation/>
- Darmency H., Gasquez J., 1990. Résistance aux herbicides chez les mauvaises herbes. *Agronomie* 6 (10), 457-472.
- Delbos C., David O., Minas A., Cerf M., Falgas C., Gagneur C.A., Gilet J.D., Laudinot V., Sigwalt A., Waldmeier E., 2014. Conseil agronomique et réduction des pesticides : quelles ressources pour affronter ce nouveau challenge professionnel ? *Innovations Agronomiques* 34, 367-378.
- Della Rossa P., 2020. Conception collective d'organisations territoriales innovantes pour une évolution coordonnée de systèmes de production agricoles : Cas d'une réduction de la pollution herbicide d'une rivière en Martinique. Thèse de doctorat. Université Paris Saclay.
- Derrouch D., Dessaint F., Felten É., Chauvel B., 2020. L'adoption du semis direct sous couvert végétal : transition douce ou rupture ? *Cahiers Agricultures* 29, 5.
- Deytieux V., Vivier C., Minette S., Nolot J.M., Piaud S., Schaub A., Landé N., Petit M.S., Reau R., Fourrié L., Fontaine L., 2012. Expérimentation de systèmes de culture innovants : avancées méthodologiques et mise en réseau opérationnelle. *Innovations Agronomiques* 20, 49-78.
- Doré T., Clermont-Dauphin C., Crozat Y., David C., Jeuffroy M.H., Loyce C., Makowski D., Malézieux E., Meynard J.M., Valantin-Morison M., 2008. Methodological progress in on-farm regional agronomic diagnosis. A review. *Agronomy for Sustainable Development* 28, 151-161.

- Eshuis J., Stuiver M., 2005. Learning in context through conflict and alignment: Farmers and scientists in search of sustainable agriculture. *Agriculture and Human Values* 22, 137-148.
- Fried G., Petit S., Dessaint F., Reboud X., 2009. Arable weed decline in Northern France: Crop edges as refugia for weed conservation? *Biological Conservation* 142, 238–243.
- Gaborit A., 2015. Comprendre les écarts entre les préconisations des instituts techniques, des conseillers agricoles et les pratiques des agriculteurs pour la gestion des adventices résistantes aux herbicides en grande culture. Ecole supérieure d'Agriculture, Angers, 94 p.
- Gardarin A., Daurr C., Colbach N., 2011. Prediction of germination rates of weed species: Relationships between germination speed parameters and species traits. *Ecological Modelling* 222, 626-636.
- Girard N., Navarrete M., 2005. Quelles synergies entre connaissances scientifiques et empiriques ? L'exemple des cultures du safran et de la truffe. *Natures Sciences Sociétés* 13, 33-44.
- Guichard L., Dedieu F., Jeuffroy M.-H., Meynard J.M., Reau R., Savini I., 2017. Ecophyto, the French action plan to reduce pesticide use: a failure analyses and reasons for hoping. *Cahiers Agricultures* 26 (1), 14002.
- Hossard L., Guichard L., Pelosi C., Makowski D., 2017. Lack of evidence for a decrease in synthetic pesticide use on the main arable crops in France. *Science of the Total Environment* 575, 152-161.
- Hubert B., Ison R.L., Röling N., 2000. The “problematique” with respect to industrialised-country agriculture. In: LEARN Group (eds), *Cow up a Tree. Knowing and Learning for Change in Agriculture. Case Studies from Industrialised Countries*, 13-29. INRA Éditions, Paris.
- Jacquet F., Butault J.P., Guichard L., 2011. An economic analysis of the possibility of reducing pesticides in French field crops. *Ecological Economics* 70, 1638-1648.
- Lamé A., Jeuffroy M.-H., Pelzer E., Meynard J.M., 2015. Les agriculteurs sources d'innovations : exemple des associations pluri-spécifiques dans le grand Ouest de la France. *Agronomie Environnement et Société* 5, 47-54.
- Lamichhane J.R., Dachbrodt-Saaydeh S., Kudsk P., Messéan A., 2016. Toward a Reduced Reliance on Conventional Pesticides in European Agriculture. *Plant Disease* 100, 10-24.
- Lamine C., 2011. Transition pathways towards a robust ecologization of agriculture and the need for system redesign. Cases from organic farming and IPM. *Journal of Rural Studies* 27, 209-219.
- Lewis J., 1973. Longevity of crop and weed seeds: survival after 20 years in soil. *Weed Res.* 13, 179-191.
- Llewellyn R.S., Lindner R.K., Pannell D.J., Powles S.B., 2004. Grain grower perceptions and use of integrated weed management. *Australian Journal of Experimental Agriculture* 44, 993-1001.
- Lucas V., Gasselin P., Van Der Ploeg J.D., 2019. Local inter-farm cooperation: A hidden potential for the agroecological transition in northern agricultures. *Agroecology and sustainable food systems* 43(2), 145-179/
- Mawois M., Vidal A., Revoyron E., Casagrande M., Jeuffroy M.H., Le Bail M., 2019. Transition to legume-based farming systems requires stable outlets, learning, and peer-networking. *Agronomy for Sustainable Development* 39 (1).
- McCown R.L., 2002. Changing systems for supporting farmers' decisions: problems, paradigms, and prospects. *Agricultural systems* 74(1), 179-220.
- Meynard J.M., Messéan A., Charlier A., Charrier F., Fares M., Le Bail M., Magrini M.B., 2013. Freins et leviers à la diversification des cultures. Étude au niveau des exploitations agricoles et des filières Rapport d'étude INRA, p 256. <https://www6.paris.inrae.fr/depe/Projets/Diversification-des-cultures>
- Messéan A., Là-Pelzer E., Bockstaller C., Lamine C., Angevin F., 2010. Outils d'évaluation et d'aide à la conception de stratégies innovantes de protection des grandes cultures. *Innovations Agronomiques* 8, 69-81.
- Neve P., Powles S., 2005. Recurrent selection with reduced herbicide rates results in the rapid evolution of herbicide resistance in *Lolium rigidum*. *Theoretical and Applied Genetics* 110, 1154-1166.
- Oerke E.-C., 2006. Crop losses to pests. *Journal of Agricultural Science* 144, 31-43.

- Pelzer E., Fortino G., Bockstaller C., Angevin F., Lamine C., Moonen C., Vasileiadis V., Guérin D., Guichard L., Reau R., Messéan A., 2012. Assessing innovative cropping systems with DEXiPM, a qualitative multi-criteria assessment tool derived from DEXi. *Ecological indicators* 18, 171-182.
- Petit S., Cordeau S., Chauvel B., Bohan D., Guillemain J.P., Steinberg C., 2018. Biodiversity-based options for arable weed management. A review. *Agronomy for Sustainable Development* 38.
- Petit S., Munier-Jolain N., Bretagnolle V., Bockstaller C., Gaba S., Cordeau S., Lechenet M., Meziere D., Colbach N., 2015. Ecological Intensification Through Pesticide Reduction: Weed Control, Weed Biodiversity and Sustainability in Arable Farming. *Environmental Management* 56, 1078-1090.
- Ravier C., Jeuffroy M.-H., Meynard J.M., 2016. Mismatch between a science-based decision tool and its use: The case of the balance-sheet method for nitrogen fertilization in France. *Njas-Wageningen Journal of Life Sciences* 79, 31-40.
- Rodriguez J.M., Molnar J.J., Fazio R.A., Sydnor E., Lowe M.J., 2009. Barriers to adoption of sustainable agriculture practices: Change agent perspectives. *Renewable agriculture and food systems*, 24(1), 60-71.
- Saint-Ges V., Belis-Bergouignan M.C., 2009. Ways of reducing pesticides use in Bordeaux vineyards. *Journal of Cleaner Production* 17, 1644-1653.
- Salembier C., Elverdin J.H., Meynard J.M., 2016. Tracking on-farm innovations to unearth alternatives to the dominant soybean-based system in the Argentinean Pampa. *Agronomy for Sustainable Development* 36, 10.
- Toffolini Q., Jeuffroy M.-H., Prost L., 2016. Indicators used by farmers to design agricultural systems: a survey. *Agronomy for Sustainable Development* 36, 5
- UE, 2009. Directive 2009/128/CE du 21 octobre 2009 instaurant un cadre d'action communautaire pour parvenir à une utilisation des pesticides compatible avec le développement durable. In: Conseil, P.e.e. (Ed.). *Journal officiel de l'Union européenne*, pp. 71-86.
- Vacher C., Vuillemin F., Buridant C., Denieul C., Délye C., Duroueix F., Perriot B., Rodriguez A., Royer C., Bonin L., 2019. Pour la gestion des résistances des adventices aux herbicides en grandes cultures, Note commune inter-instituts. GIS GC-HP2E Ed., 71p.
- Wilson C., Tisdell C., 2001. Why farmers continue to use pesticides despite environmental, health and sustainability costs. *Ecological Economics* 39, 449-462.

Cet article est publié sous la licence Creative Commons (CC BY-NC-ND 3.0).



<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/fr/>

Pour la citation et la reproduction de cet article, mentionner obligatoirement le titre de l'article, le nom de tous les auteurs, la mention de sa publication dans la revue « Innovations Agronomiques », la date de sa publication, et son URL ou DOI).