HAL open science

Analyse de la mise en œuvre de règles de décision de systèmes en production intégrée en Lorraine

Nathael Leclech, André Legrand, Adrienne Baillet, Séverine Piutti, Alexandre Laflotte, P. Pierson, Mathias Sexe, Emilie Lagarde, M. Delaune, Francois-Xavier Schott

To cite this version:

Nathael Leclech, André Legrand, Adrienne Baillet, Séverine Piutti, Alexandre Laflotte, et al.. Analyse de la mise en œuvre de règles de décision de systèmes en production intégrée en Lorraine. Innovations Agronomiques, 2018, 70, pp.229-241. 10.15454/4rxlmt . hal-02119575

HAL Id: hal-02119575

https://hal.science/hal-02119575v1

Submitted on 3 May 2019

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

Innovations Agronomiques 70 (2018), 229-241

Analyse de la mise en œuvre de règles de décision de systèmes en production intégrée en Lorraine

Leclech N.[1], Legrand A.[2], Baillet A.[3], Piutti S.[4], Laflotte A.[5], Pierson P.[6], Sexe M.[7], Lagarde E.[2], Delaune M.[1], Schott F.X.[1]

[1] Chambre Régionale d'Agriculture Grand Est – 9 Rue de la Vologne, F-54520 Laxou

[2] ALPA - Les Noires Terres, F-54740 Haroué

[3] Terres Inovia - bureau de Laxou, 9 Rue de la Vologne, F-54520 Laxou

[4] Université de Lorraine/INRA, Laboratoire Agronomie et Environnement, UMR 1121, TSA 40602, F-54518 Vandoeuvre

[5] ENSAIA/Université de Lorraine, Domaine Expérimental de la Bouzule, F- 54280 Laneuvelotte

[6] Arvalis Institut du végétal, 16 Rue du Moulin de Moncelle, F-55160 Saint-Hilaire-en-Woëvre

[7] EMC2 - Espace Agricole Nid de Cygne D964, F-55100 Bras-sur-Meuse

Correspondance : nathael.leclech@grandest.chambagri.fr

Résumé

Dans le cadre du réseau DEPHY EXPE du programme Ecophyto, quatre plateformes expérimentales ont été implantées en 2011/2012 sur le territoire lorrain pour tester la production intégrée. Ce projet, visant une réduction de 50% des produits phytosanitaires, fut aussi une opportunité pour lever les verrous techniques liés aux contraintes pédologiques, climatiques et réglementaires qui mettent à mal les systèmes agricoles lorrains actuels. Deux niveaux de rupture (avec ou sans allongement de la rotation) ont été testés sur les plateformes. Les règles de décision sur les itinéraires techniques des systèmes, définies en amont pour répondre à des objectifs précis, ont parfois dû être adaptées au cours du temps selon leur réussite ou leur échec.

La conduite de ces essais systèmes a ainsi permis de tirer des enseignements sur l'intérêt de l'allongement de la rotation et sur les différents leviers alternatifs aux produits phytosanitaires utilisés. Par exemple, des traitements fongicides et insecticides ont pu être évités en adaptant les seuils d'intervention ou avec des associations d'espèces, mais il a été nécessaire de coupler le désherbage mécanique sur colza à un désherbage chimique en dose réduite. Ces plateformes ont pu être la source de références techniques mais aussi des supports pédagogiques très pertinents.

Mots-clés : Production intégrée, Règles de décision, Apprentissage, Leviers, Rotation, Bioagresseurs, Lorraine, Grandes cultures

Abstract: Implementation of integrated production in Lorraine cropping systems : technical report

As part of DEPHY EXPE network from Ecophyto programme, four test platforms were implanted in 2011/2012 on Lorrain territory to test integrated production. This project aims to cut in half pesticides use but it was also an opportunity to knock down the technical barriers related to constraints as regards soil, climate and regulation which impact farming systems of the region. Two levels of change (lengthening the rotation or not) were tested in the platforms. Sometimes, decision rules on systems management techniques, preliminary defined to meet specific objectives, needed to be adapted over

time depending on their success or their failure. Experimenting these cropping systems provided learnings on beneficial or adverse effects of lengthening the rotation, and on alternative means used against pests. For instance, adjust treatment threasholds and use species associations could prevent fungicide and insecticide treatments, but mechanical weeding wasn't sufficient on rape and had to be combined with herbicides used in reduced quantities. These platforms were not only a source of technical references but also appropriate teaching supports.

Keywords: Decision rules, Learning, Levers, Crop rotation, Pests

Introduction

Le contexte pédoclimatique lorrain est à l'origine d'une forte orientation de ce territoire vers des systèmes d'exploitation de type polyculture-élevage. Cependant les évolutions sociétales et la crise de l'élevage de ces dernières années ont conduit à une spécialisation de tout ou partie des exploitations vers des systèmes céréaliers, axés sur une rotation de cultures d'hiver colza-blé-orge. Cette évolution engendre une recrudescence des problèmes liés à ce type de système de cultures dans un contexte pédoclimatique très contraint (sols argileux, climat continental soumis aux aléas, absence d'irrigation) : pression élevée en adventices, forte émergence des graminées résistantes aux herbicides (essentiellement vulpins), maîtrise de plus en plus complexe des ravageurs du colza, entrainant une explosion des charges d'intrants. Ces problématiques ont fait l'objet de l'orientation du projet nommé « EXPE Ecophyto lorrain : évaluation de deux niveaux de rupture pour une réduction de 50% des produits phytosanitaires ». Dans ce projet, si l'objectif de réduction de la première version du plan Ecophyto est clairement indiqué, c'est le concept même de la production intégrée qui est testé, non pas comme une contrainte de production, mais plutôt comme une opportunité pour lever les verrous techniques cités précédemment.

Au travers d'un consortium d'acteurs de la recherche académique (Université de Lorraine/INRA), de la recherche appliquée (Arvalis, Terres Inovia), du développement (Chambre d'Agriculture), du monde économique (EMC2/Coop de France) et de la formation (ALPA, ENSAIA), ce projet a permis à la fois de structurer un partenariat solide, de partager des visions d'acteurs diversifiés, d'appréhender la conduite d'essais systèmes et de construire des références en production intégrée. Cette approche vise à réduire les risques liés aux bioagresseurs par la mise en œuvre de combinaisons de moyens de lutte alternatifs à l'utilisation des produits phytosanitaire (guide STEPHY, 2011), et plus globalement à remplacer les intrants extérieurs à l'exploitation par des processus naturels de régulation (Viaux P., 1999) afin d'assurer une production qui soit durable.

Pour cela, quatre plateformes expérimentales ont été implantées en 2011/12 sur le territoire lorrain. Elles permettent à la fois de couvrir une diversité de situations pédoclimatiques, mais aussi une diversité d'objectifs et de systèmes de production, tout en présentant une diversité de conduites expérimentales. Ces situations, ainsi que l'adoption et l'adaptation des leviers agronomiques de la production intégrée au contexte lorrain sont présentées dans cet article. Les résultats détaillés de performances économiques et environnementales sont disponibles dans des fiches accessibles auprès des auteurs et bientôt disponibles sur le site internet EcophytoPIC.

1. Dispositif expérimental

Les quatre sites du réseau sont conduits dans des contextes variés : la Figure 1 ci-après présente la localisation de chaque site. Chaque dispositif expérimental est détaillé à la suite.

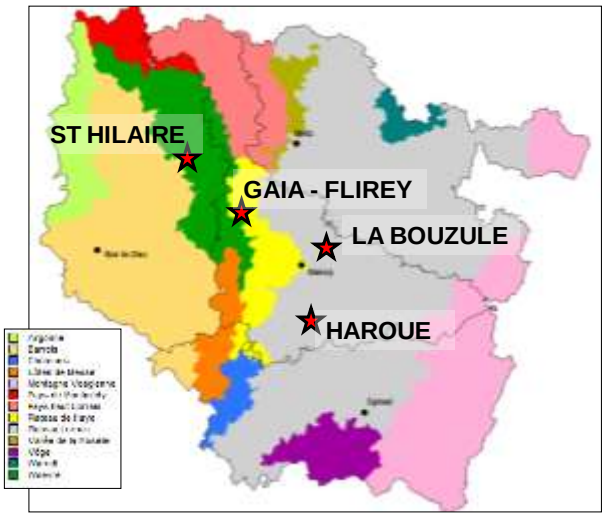

Figure 1 : Localisation des sites expérimentaux sur la carte des petites régions agricoles de Lorraine.

1.1 Présentation de chaque dispositif

1.1.1 Dispositif d'Haroué

La plateforme d'expérimentation EXPE de la Chambre Régionale d'Agriculture est située sur la ferme de l'ALPA (Association Lorraine pour la Promotion de l'Agriculture), centre de formation et d'enseignement agricole au service de la profession agricole lorraine et conduite en partenariat avec Terres Inovia. L'exploitation agricole est une ferme de polyculture-élevage laitier caractéristique du plateau lorrain (650 000 L de références laitières, 95 ha de cultures, 45 ha de prairies permanentes, 3ha de verger de mirabelles). Deux systèmes de cultures céréaliers sont testés sur la plateforme EXPE. Cette orientation sur des systèmes céréaliers tient au choix de travailler dans un système plus contraint quant à la réduction du recours aux produits phytosanitaires que dans un système bénéficiant des atouts de l'élevage.

L'expérimentation est menée sur 11 bandes de 0.65 ha d'une parcelle en sol argilo-calcaire moyennement profond : 2 systèmes de cultures en réduction de produits phytosanitaires sont évalués comparativement à un système de référence Colza-Blé-Orge Hiver en TCS conduit de manière raisonné (Figure 2). Le choix d'une rotation courte (**PIC-1 rotation courte**) de trois cultures d'automne vise à évaluer les performances de LA rotation classique lorraine dans une logique de réduction maximale des produits phytosanitaires d'au moins 50% par rapport à la référence régionale.

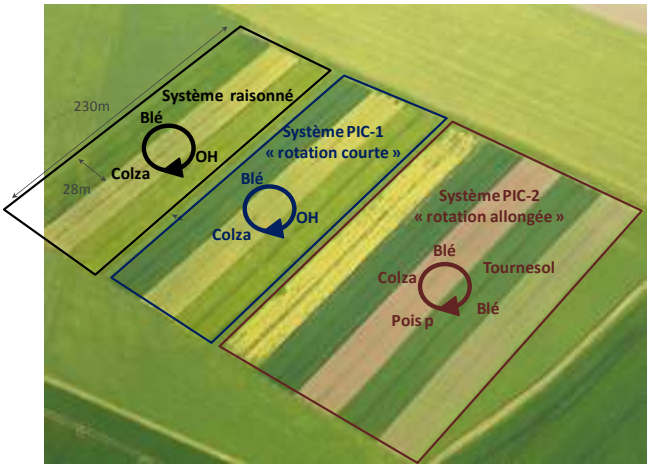

Figure 2 : Schéma de la plateforme EXPE d'Haroué

La rotation allongée (**PIC-2 rotation allongée**) contribue quant à elle à l'évaluation d'un système en production intégrée mettant en œuvre tous les leviers agronomiques disponibles avant l'emploi de produits phytosanitaires. Le choix des cultures dans cette rotation est à la fois corrélé à l'historique de cultures sur l'exploitation, à la recherche de cultures économes en intrants, tant phytosanitaires qu'azotés, et à une volonté d'alterner cultures d'automne, d'hiver, de printemps et d'été, tout en gardant une proportion importante de cultures oléo-protéagineuses.

Toutes les cultures de chaque système sont présentes chaque année ce qui permet une certaine robustesse de l'expérimentation.

1.1.2 Dispositif de la Bouzule

Le dispositif de la Bouzule (Figure 3) est similaire à celui d'Haroué : sur des bandes de 0.60 ha, toutes les cultures du système de référence et du système en production intégrée sont présentes chaque année. Sur cette parcelle en sols argileux hydromorphes de la ferme expérimentale de l'ENSAIA (590 000L de quota, 30 vaches allaitantes, 110 chèvres, 145 ha de prairies permanentes et 110 ha de cultures), le système intégré 6 ans (**PIC-3 élevage**) est orienté vers l'élevage avec l'introduction de cultures fourragères, notamment le pois protéagineux de printemps (source de protéines), le maïs ensilage (source d'énergie) et le triticale (source de paille). Il est conduit en parallèle à un système de référence colza-blé-orge hiver conduit de manière raisonnée.

Figure 3 : Photographie du dispositif de la Bouzule en 2014/15 (rotation longue colza - blé - pois - blé -maïs - triticale.)

1.1.3 Dispositif GAIA à Flirey

Cette expérimentation est conduite par la coopérative EMC2 sur une exploitation céréalière de 300 ha typique des argilo-calcaires du plateau de Haye. Les agriculteurs de cette exploitation réalisent l'expérimentation sur trois parcelles d'un hectare chacune en sol argilo-calcaire plus ou moins superficiel (Figure 4). Chacune de ces parcelles est coupée en trois bandes et reçoit les trois systèmes de cultures testés : un système de référence Colza-Blé-Orge Hiver, un système dit premier niveau de rupture Colza-Blé-Orge Hiver en réduction d'intrant visant -50% d'IFT sur la rotation, un système dit deuxième niveau de rupture Colza-Blé-Triticale-Tournesol-Orge Printemps visant -50% d'IFT pour chaque culture.

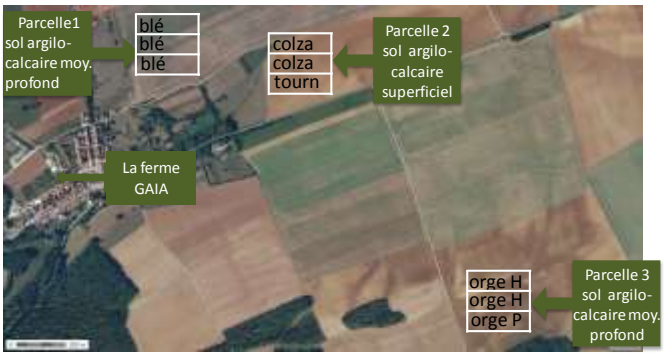

Figure 4 : Plan du dispositif de Flirey en 2012/13

1.1.4 Dispositif Arvalis à St Hilaire

A St Hilaire en Wöevre, sur la ferme expérimentale d'Arvalis – Institut du végétal (140 ha dont 90 ha en herbe et un troupeau allaitant), sur 3,3 ha, trois parcelles en sols argilo-limoneux hydromorphes testent chacune un système de cultures : système de référence Colza-Blé-Orge Hiver, système intégré PIC-4 IFT-50% en rotation 4 ans Colza-Blé-Orge P-Pois P et la même rotation de quatre ans avec essai de maintien d'un couvert permanent (Figure 5). Une seule culture de la rotation est présente chaque année.

Figure 5 : Photographie de lotier maintenu sous colza à St Hilaire.

1.2 Définition des règles de décision

Sur l'ensemble des dispositifs, les leviers agronomiques disponibles et activables sont prévus pour limiter les risques liés aux bioagresseurs et de ce fait limiter le recours aux produits phytosanitaires. Cependant à Haroué et Flirey, deux systèmes (PIC-1 rotation courte et 1er niveau de rupture) ne font pas appel au premier levier d'action qu'est l'allongement de la rotation. L'objectif de ces deux systèmes est de disposer de références sur l'impact de la réduction de produits phytosanitaires en rotation très courte : l'introduction de cultures de printemps ou d'été reste en effet un frein pour de nombreux agriculteurs en Lorraine. Sur ces systèmes, pour lutter contre les adventices, dont notamment le vulpin, le travail du sol (alternance de labour/non labour, faux-semis), les décalages de dates de semis et le désherbage mécanique et mixte sont les principaux leviers mobilisés.

Sur les autres systèmes, l'introduction des cultures de printemps (orge de printemps, pois de printemps) et d'été (maïs, tournesol, soja) permet non seulement d'acquérir des références à l'échelle du système, mais aussi de compléter les références sur certaines de ces cultures encore nouvelles dans la région (tournesol, soja).

Pour lutter contre les maladies, outre la rotation, la génétique est le principal levier mobilisé (sur blé, choix de variétés peu sensibles à la septoriose, sur colza ciblé sur la tolérance au phoma, et sur tournesol sur le complexe global maladies).

Pour lutter contre les ravageurs, ce sont des stratégies d'évitement qui sont utilisées en premier lieu (décalage date de semis sur céréales, association de variétés précoces et de plantes compagnes sur colza). Pour limiter le recours aux insecticides, ces stratégies sont complétées par un réajustement de certains seuils (jugés trop sécuritaires au regard des dégâts constatés dans la région) ; le Tableau 1 présente les règles de décision adaptées.

Sur chaque dispositif, le recours à ces différents leviers a été traduit par l'écriture de règles de décision (Aubry et al., 1998) répondant à des objectifs bien précis. Ces règles de décision concernent la protection des cultures, mais également, la fertilisation, le travail du sol ou encore le semis.

On peut prendre l'exemple du Tableau 2 de quelques règles de décision décrites pour la conduite du blé de tournesol et du blé de colza dans le système PIC-2 rotation allongée de la plateforme d'Haroué.

Tableau 1 : Adaptation des seuils d'intervention contre les ravageurs

Ravageur Visé	Seuil de traitement adapté
Charançon du bourgeon terminal sur colza	Intervention si début de vol constaté en cuvette ET **colza peu développé**
Thrips sur pois	Intervention si levée lente ET si, du stade levée à 2 feuilles, on observe au moins un thrips par plante
Sitones sur pois	Intervention si, du stade levée à 6 feuilles, **très forte attaque** mettant en péril la survie de la plante par destruction foliaire

Tableau 2 : Exemple de quelques objectifs et règles de décision décrites pour la conduite du colza en production intégrée à Haroué et adaptations après 2 années d'expérimentation (surlignées en vert).

Interventions		**Colza « PIC-2 rotation allongée »**	
		Objectifs	**Règles de décision**
Travail du sol et faux semis		Mélanger résidus du précédent et sol, détruire les repousses de colza et préparer un lit de semences. Limiter la pression sclérotinia sur colza, tournesol et pois de printemps Faire lever un maximum d'adventices tout en semant sur un sol sans adventices	Pailles du précédent enlevées **Déchaumage :** Deux passages de Lemken un profond (15-20cm) puis un plus superficiel (~10cm) associé à 1 traitement au Contans WG **Intervention (de désherbage)** juste avant semis (si possible) au vibro, ou à la herse étrille ou à la herse rotative en fonction du stade des adventices présentes et des conditions pédo-climatiques au moment de l'intervention
Variété		Réduire l'impact potentiel des ravageurs et maladies sur le rendement de la culture et limiter le développement des adventices pour limiter le recours aux protections phytosanitaires	Choix d'une variété productive, à fort pouvoir couvrant et résistante phoma (TPS groupe II) : semences certifiées en mélange avec : 5% de variété précoce (ex : Catalina) et 5% de colza de printemps (ex : Seven).
Semis		Semer pour pouvoir biner la culture tout en ayant une levée rapide et homogène du colza	Semis vers le 15 aout au semoir monograine
Désherbage	avant semis	Semer sur un sol sans adventices	Pas d'intervention chimique sauf si : reverdissement pas gérable mécaniquement : glyphosate 1,5L
	en végétation	Avoir une parcelle sans adventices préjudiciables à la culture en place et/ou difficilement maitrisable dans la rotation	Programme de désherbage basé sur un programme chimique réduit adapté à la flore en présence et associé si nécessaire à des passages de herse étrille (à 3-4F et 5-6F si nécessaire) et à du binage->*initialement, pas d'intervention chimique prévue, gestion du désherbage uniquement basée sur le désherbage mécanique* A l'automne : Kerb flo si forte pression vulpins. Si nécessité et si possible : rattrapage au printemps avec un binage et/ou si présence de gaillet, un passage de herse étrille avant montaison sinon désherbage chimique en fonction de la flore présente.

1.3 L'apprentissage de l'expérimentation systèmes

Si les grands principes de chaque système de cultures décrits initialement ont été maintenus sur l'ensemble du programme expérimental, des règles de décision ont pu être adaptées en fonction de la réussite ou de l'échec de celles-ci et des conséquences pour le reste de la rotation.

Dans l'essai système d'Haroué, nous avons connu des échecs qui ont tous été des occasions d'apprentissage. C'est ce qui nous a permis de faire évoluer les règles de décision. La gestion du désherbage du colza dans les systèmes intégrés est un bon exemple (Tableau 2). Fort d'une situation initiale sans problème majeur de salissement et de l'ambition de diminuer drastiquement l'usage des produits phytosanitaires, nous avions choisi de supprimer le désherbage chimique et de le remplacer par l'implantation d'un couvert associé au colza (couverture du sol) et des passages de bineuse et de herse étrille (désherbage mécanique). La sentence fut sans appel : nous avons « sali » les parcelles dès la première année (5 gaillets/m² et 10 vulpins/m² montés à graine à la récolte). L'adaptation de la règle de décision, avec une baisse plus modeste de l'IFT herbicide, était indispensable. L'introduction d'un désherbage à dose réduite, permettant de gérer les premières levées d'adventices, en complément de la couverture du sol et du désherbage mécanique nous a permis d'atteindre un niveau

de satisfaction correct dans les modalités en production intégrée (note moyenne de 7/10 avant récolte mesurée sur blé en 2017). Plus généralement, le désherbage à dose réduite couplé au désherbage mécanique est la solution qui a été retenue pour les cultures oléoprotéagineuses (colza, tournesol, pois) de la plateforme d'Haroué et qui a donné globalement satisfaction.

La conduite d'un essai système de culture est un véritable processus d'apprentissage. Les règles de décisions définies a priori peuvent conduire à des échecs sur le terrain. Les raisons peuvent être multiples : la technique ne peut pas être mise en œuvre, la technique est mal maitrisée ou bien encore l'effet de cette pratique a été surestimé. Mais l'important n'est-il pas d'apprendre de ses erreurs ?

2. Une adoption et une adaptation des leviers : les résultats après 5 ans

2.1 Allongement de la rotation

Le format des dispositifs d'Haroué et de la Bouzule, avec tous les termes de la rotation présents chaque année, a figé les rotations pour la durée de l'expérimentation : c'est un des inconvénients de ce type de dispositif qui peut difficilement évoluer. Les seules modifications constatées sont liées aux ressemis faisant suite à des aléas (soja en remplacement du tournesol impacté par les dégâts de corbeaux à Haroué en 2014 et 2016, orge et blé de printemps respectivement en remplacement d'un blé gelé en 2012 et d'un triticale semé très tardivement et mal levé en 2014 à la Bouzule).

Au contraire, sur les dispositifs où une seule culture est présente chaque année (St Hilaire, Flirey, sur lesquels l'analyse annuelle ne peut porter que sur une culture de la succession et ne permet pas d'observer les résultats de l'assolement de l'année correspondant), la rotation calée au départ aurait pu évoluer en fonction des résultats techniques ou des fluctuations de prix. Cela n'a cependant pas été nécessaire.

Sur Haroué, après 3 ans de travaux, les résultats qui n'étaient pas entièrement satisfaisants sur la gestion des vulpins dans la rotation pois-colza-blé-tournesol-blé ont suscité de nombreux débats sur une modification de la rotation au cours de l'expérimentation. Au final le choix a été fait de conserver la même rotation pour ne pas bouleverser le dispositif et l'analyse pluriannuelle. Mais, sur une parcelle à pression vulpins moyenne, le salissement reste modéré et les résultats sont meilleurs que dans les rotations courtes de la plateforme (Figure 6).

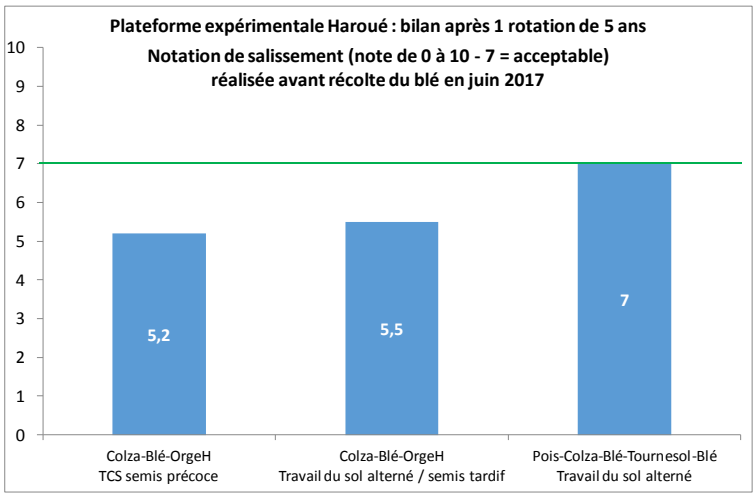

Figure 6 : Bilan de salissement en dernière année d'expérimentation à Haroué.

Il n'en reste pas moins que cette rotation de 5 ans n'a pas permis de réduire les populations de manière suffisante pour se passer d'antigraminées de printemps dans les céréales. Elle a d'ailleurs nécessité des interventions spécifiques sur pois 4 années sur 5 et 1 année sur 5 sur colza et sur tournesol. L'introduction à la suite de deux cultures de printemps aurait certainement permis de réduire plus drastiquement les populations de vulpins. Jusqu'à pouvoir se passer d'antigraminées ? Nous n'avons

pas les résultats sur cet essai. En revanche, à St Hilaire, cette stratégie avec deux cultures de printemps successives (orge, puis pois), a permis de se passer de l'antigraminées sur le colza suivant avec une pression de vulpins modérée (10 vulpins/m²).

Allonger la rotation avec l'introduction de cultures de printemps ou d'été s'avère être le préalable des systèmes les plus économes que ce soit en produits phytosanitaires ou en engrais azotées. Sur Haroué, en moyenne sur 5 ans, on constate une réduction de 45€/ha de charges d'intrants pour la rotation allongée PIC-2 par rapport à la rotation courte en forte réduction de phyto PIC-1, dont 35€/ha liés aux charges de fertilisation azotée.

Cette diversification de la rotation se révèle donc dans nos conditions pédoclimatiques comme un levier majeur de la protection intégrée (Altieri et al., 2009). Cette diversification permet de réduire la pression des adventices (Bertrand et Doré, 2008 ; Munier-Jolain et al., 2008), des maladies (Peters et al., 2003), mais aussi de réduire le recours aux engrais avec l'introduction de légumineuses et/ou de cultures moins exigeantes. Le Tableau 3 présente les règles de décisions ayant dicté le choix de l'introduction de telle ou telle culture et les résultats techniques obtenus.

Tableau 3 : Principales règles de décision et résultats obtenus pour l'allongement de la rotation par l'introduction de cultures de printemps.

<table>
<tr><th>Règle de décision</th><th>Objectifs</th><th>Atouts mesurés</th><th>Limites constatées</th></tr>
<tr><td>Introduction de pois de printemps</td><td>Allonger la rotation avec une légumineuse.</td><td rowspan="3">Rendement du blé de pois équivalent au blé de colza. Rendement moyen sur 4 ans à la Bouzule dans le système PIC-3 (q/ha) :
<table><tr><th>Blé de pois</th><th>Blé de colza</th></tr><tr><td>66.5</td><td>65.5</td></tr></table>
Pression limaces faible sur le colza suivant.
Colza plus développé à l'automne : limitation des insecticides.</td><td rowspan="3">Floraison souvent impactée par le coup de chaud de juin, d'où des rendements régulièrement limités sur tous les sites.
Développement fortement impacté en sol hydromorphe, d'où de nombreuses déconvenues en rendement à la Bouzule.
Anti-vulpins spécifique souvent nécessaire (levée des vulpins au début du printemps).
En période sèche, difficulté de préparation de sol après les pois avec travail du sol profond.</td></tr>
<tr><td>- avant blé à la Bouzule</td><td>Disposer d'une source de protéines pour l'élevage.
Améliorer les performances du blé suivant.</td></tr>
<tr><td>- avant colza à Haroué et St Hilaire</td><td>Bénéficier de l'azote sur la culture la valorisant le mieux à l'automne.
Ne pas être gêné par les pailles lors de l'implantation du colza en TCS.</td></tr>
<tr><td>Introduction de tournesol à Haroué et Flirey</td><td>Allonger la rotation avec une culture adaptée à un système céréalier lorrain.</td><td>Des levées de vulpins limitées dans le tournesol.
Une implantation du blé facilitée en TCS ou SD (sol structuré par le système racinaire du tournesol).
Pression limaces faible sur le blé suivant.</td><td>Des problèmes de levées récurrents, notamment des dégâts d'oiseaux.
Un rendement du blé affecté par rapport au blé de colza. Rendement moyen sur 4 ans à Haroué dans les systèmes PIC-1 et PIC-2 (q/ha) :
<table><tr><th>Blé de tournesol</th><th>Blé de colza</th></tr><tr><td>64</td><td>74</td></tr></table></td></tr>
</table>

Règle de décision	Objectifs	Atouts mesurés	Limites constatées
Introduction du maïs fourrage à la Bouzule	Intégrer le maïs ensilage dans une rotation (plutôt que de le conduire en monoculture).	Des levées de vulpins limitées dans le maïs. Une culture sur laquelle le désherbage mécanique peut être aisément utilisé en Lorraine.	Sensibilité au stress hydrique estival. Gestion compliquée des vivaces dans des systèmes en production intégrée.
Introduction du soja à Haroué en remplacement du tournesol 2 ans sur 5	Disposer d'une culture de remplacement en cas d'échec des cultures de début du printemps.	Cycle très tardif, pas de levée de vulpins. Peu de maladies et ravageurs dans la région. Une implantation du blé facilitée en TCS ou SD (peu de pailles). Pression limaces faible sur le blé suivant.	Sensibilité au stress hydrique estival.

2.2 Gestion des adventices

La modification de la rotation est le premier levier de gestion des adventices, comme nous venons notamment de l'évoquer à travers la gestion du vulpin. Cependant, nos travaux montrent que pour certaines espèces, ce levier reste insuffisant : c'est le cas par exemple à Haroué avec le gaillet très présent dans les différents systèmes qui nécessite des interventions chimiques spécifiques malgré la mobilisation des autres leviers que la rotation.

Parmi ceux-ci, le labour s'avère un outil puissant pour améliorer la maitrise des adventices. Si celui-ci est souvent indiqué dans les règles de décision comme « alterné » ou « envisagé une fois tous les trois ans » ou encore « prioritairement positionné avant », principalement à des fins de réduction du temps de travail et de consommation de carburant, le labour est souvent utilisé en s'appuyant sur une règle de décision décrite par « en fonction de la situation sanitaire de la culture précédente ». On le constate par exemple à St Hilaire en 2013/14, où, après une orge de printemps dont la gestion du vulpin est jugée tout juste acceptable, un ajustement de la règle de décision est décidé, par la mobilisation du labour avant la culture de pois de printemps pour la deuxième année consécutive.

Le décalage de la date de semis des céréales est un autre levier mobilisable pour faire face aux infestations de vulpins. Celui-ci a été mobilisé sur tous les sites sans échec de faisabilité remarquable, ou de pertes de rendement notables (des baisses de rendement moyennes autour de 5% sont mesurées). Au contraire, selon les années, le décalage de la date de semis a même permis d'esquiver les conséquences négatives de certains évènement climatiques, tel que le gel de 2012 ou les inondations de 2016. Mais, il faut quand même noter que la taille des dispositifs, avec des parcelles de 0,5-1ha n'est pas représentative des travaux à effectuer sur une exploitation agricole réelle. Dans les faits, ces modifications de période de semis restent peu acceptables par les agriculteurs qui s'approprient peu ce levier.

Le désherbage mécanique reste l'outil de gestion alternative et curative des adventices levées ou en cours de levée. Si les expérimentations réalisées ici n'avaient pas pour objectif de mesurer son efficacité intrinsèque, elles ont notamment eu l'intérêt de mettre en évidence leur faisabilité. La volonté et la disponibilité de l'expérimentateur et du matériel deviennent un préalable pour l'utilisation efficace de l'outil. A Flirey (Tableau 4), la bineuse et la herse étrille n'étant pas présente sur l'exploitation, mais chez un voisin qui devait les mettre à disposition au besoin, celles-ci ont été très peu utilisées lorsque les créneaux étaient disponibles. A contrario, à Haroué (Tableau 5), bineuse et herse étrille étant présentes sur la ferme expérimentale, elles ont été utilisées autant que faire se peut.

Tableau 4 : Stratégie d'utilisation du désherbage mécanique à Flirey

Campagne	Utilisation en désherbage à l'automne	Utilisation en désherbage au printemps	
	Herse étrille	Herse étrille	Bineuse
2011/12	1 passage en prélevée sur blé 1 passage à 3F sur blé et sur OH	-	-
2012/13	-	-	1 passage sur tournesol
2013/14	-	-	1 passage sur tournesol
2014/15	-	-	1 passage sur tournesol
2015/16	1 passage en prélevée sur blé, OH et triticale	-	-

Tableau 5 : Stratégie d'utilisation du désherbage mécanique à Haroué

Campagne	Utilisation de la herse étrille pour le travail du sol avant le semis (faux-semis ou préparation du lit de semences)	Utilisation en désherbage à l'automne		Utilisation en désherbage au printemps	
		Herse étrille	Bineuse	Herse étrille	Bineuse
2011/12	- *(utilisation non prévue au début de l'expérimentation)*	- *(semis trop tardifs le 1/11 sur blé)*	- *(impossible sur colza car semé à faible écartement)*	2 interventions : sur OH sortie hiver sur tournesol à 2-3F	1 intervention sur tournesol à 5-6F
2012/13	3 interventions : avant blé avant orge d'hiver avant tournesol	2 interventions : sur blé en pré-levée sur OH à 2-3F	- *(impossible sur colza car hétérogénéité de stade liée au sec à la levée)*	6 interventions : sur blé sortie hiver sur colza sortie hiver sur pois à 2-3F, puis 3-4F sur tournesol en pré-levée, puis 4-5F	2 interventions : sur colza sortie hiver sur tournesol à 5-6F
2013/14	3 interventions : avant blé avant orge d'hiver avant tournesol	- *(pas de créneau sur semis de mi octobre)*	1 intervention sur colza à 4-5F	3 interventions : sur blé sortie hiver sur pois à 2-3F, puis 3-4F sur tournesol en pré-levée	2 interventions : sur colza sortie hiver sur soja début juin
2014/15	4 interventions : avant blé avant orge d'hiver avant colza avant tournesol	2 interventions: sur colza à 3-4F sur OH à 2-3F *Pas d'intervention sur blé, semis trop tardif le 31/10)*	1 intervention sur colza à 3-4F	2 interventions : sur pois à 2-3F sur tournesol en pré-levée	2 interventions : sur colza sortie hiver sur tournesol à 4F
2015/16	3 interventions : avant blé avant orge d'hiver avant tournesol	2 interventions : sur blé à 2-3F sur OH à 2-3F	1 intervention sur colza à 3-4F	Pas de créneau lié à un printemps très humide	1 intervention sur soja à 2-3F mi-juin

Ces différents passages ont permis à la fois de s'affranchir de glyphosate avant semis dans la très grande majorité des situations, d'éviter les interventions chimiques d'automne sur céréales et de bien compléter les stratégies de doses réduites ou micro-doses sur le colza et les cultures de printemps. Avec une augmentation moyenne du temps de travail au champ estimée à 10% sur l'année.

2.3 Gestion des ravageurs

La gestion des ravageurs du colza est le deuxième poste de consommation des produits phytosanitaires sur lequel s'est portée notre attention. Sur les principales autres cultures cultivées en Lorraine, l'utilisation des insecticides reste modérée, essentiellement ciblée sur les pucerons d'automne sur céréales. Sur colza, les interventions ciblent plusieurs ravageurs : altises, charançons du bourgeon terminal, de la tige ou des siliques, méligèthes. Tant l'intensité des traitements, que le développement de résistances aux insecticides nous ont poussé à proposer des règles de décision limitant leur utilisation.

De 2012 à 2017, la vision de la lutte contre le **charançon du bourgeon terminal** a évolué passant d'interventions quasi-systématiques, à une réflexion sur la taille du colza et sur les associations avec

des plantes compagnes perturbant l'activité des insectes utilisées sur Haroué et Flirey. Ces règles de décision visent alors non pas à limiter le vol, mais bien à limiter les dégâts sur les plantes.

Sur **charançon de la tige du colza**, aucune solution alternative n'a été utilisée au cours de l'expérimentation. Des impasses de traitement ont pu être réalisées lors de vol tardif, sur des colzas poussant et bien avancés en stade, s'appuyant sur le stade de sensibilité usuel : « tige inférieure à 10cm ».

Pour lutter contre les **méligèthes**, l'association de colza à floraison précoce (variété ES Alicia essentiellement) et de colza de printemps au semis de la variété d'intérêt a fait ses preuves sur Haroué et la Bouzule pour limiter les dégâts lors d'années à pression méligèthes modérée.

Le Tableau 6 présente pour exemple les caractéristiques agronomiques et les résultats de gestion des ravageurs sur la plateforme d'Haroué de 2012 à 2017.

Tableau 6 : Gestion des principaux ravageurs du colza à Haroué : résultats de développement du colza (en orange, les problèmes de levée) et des plantes compagnes, pressions mesurées des principaux ravageurs, stratégie de lutte insecticide (encadré en rouge, les traitements réalisés) et dégâts constatés (en orange les dégâts conséquents).

		2011/12	2012/13	2013/14	2014/15	2015/16
Caractéristiques agronomiques	Implantation	26 août Bonne implantation	22 août Automne sec, problèmes de levée	14 août Re-semis suite à dégâts de limaces en bordure	18 août Bonne implantation	26 août Bonne implantation
	Peuplement (en pieds/m²)	**33**	**17**	**26**	**26**	**27**
	Poids du colza entrée hiver (en kg/m²)	**1,056**	**0,613**	**0,848**	**1,102**	**1.005**
	Plantes compagnes (en kg/m²)	Lentilles : 0,970	Lentilles : 0,063	Lentilles-féveroles : 0,459	Lentilles-féveroles : 0,410	Lentilles-féveroles : 0.583
Lutte contre le charançon du bourgeon terminal (CBT)	Nombre de CBT capturés	**8**	**59**	**31**	**9**	**2**
	Traitement CBT	**0**	**1**	**0**	**0**	**0**
	Dégâts CBT	**néant**	**néant**	**néant**	**<1% des pieds**	**Forte présence de larves dans les pétioles, mais pas de dégâts au niveau du BT**
Lutte contre le charançon de la tige	Traitement charançon de la tige	1	1	1	1	**0**
	Dégâts CT	2%	8%	5%	10-20%	**néant**
Lutte contre les méligèthes	Traitement méligèthes	0	0	0	0	**0**
	Dégâts méligèthes	Aucun dégât préjudiciable				

2.4 Gestion des maladies

La pression des maladies est relativement mesurée en Lorraine : sur blé, la principale maladie reste la septoriose avec un niveau de nuisibilité de 10-15 q/ha ; de même sur orge d'hiver, helminthosporiose et rynchosporiose présentent ces niveaux de nuisibilité ; sur colza, c'est un complexe maladies qui valorise chaque année l'investissement fongicide, même si la maladie principale ciblée par les interventions fongicides est la sclérotiniose : elle peut s'avérer impactante, mais les années à très fortes pression restent relativement rares.

Les mesures prophylactiques mises en œuvre dans les systèmes s'appuient surtout sur la génétique, mais des adaptations des seuils ou encore le recours au biocontrôle ont aussi pu être testés. Le Tableau 7 présente une synthèse des leviers utilisés sur les 4 plateformes du réseau.

Tableau 7 : Synthèse des règles de décision utilisées pour gérer les maladies dans les systèmes en production intégrée du réseau expérimental.

Type de levier	Règle de décision	Atouts mesurés	Limites constatées
Génétique : choix variétal	**Céréales :** choix variétal permettant de réduire la sensibilité aux maladies, principalement orienté vers la résistance à la septoriose et aux rouilles pour le blé, au complexe de maladies pour les orges.	Pression maladies fortement limitée par le choix variétal.	Blé : malgré le large choix variétal, pas de variété présentant les meilleurs niveaux de tolérance à toutes les maladies. Orge d'hiver et de printemps : choix variétal restreint, contraint par le débouché brassicole.
	Colza : choix d'une variété résistante phoma (TPS groupe II)	Caractéristique largement intégrée dans le panel des variétés disponibles à la commercialisation	
	Tournesol : choix d'une variété peu sensible au phomopsis et au sclérotinia	Faible pression maladie dans le contexte lorrain : bonne adaptation des variétés choisies	
Biocontrole	Haroué : Lutte contre la sclérotiniose : Contans WG avant tous les termes de la rotation pour limiter l'inoculum	Peu d'éléments factuels permettant de conclure à l'efficacité réelle de cette intervention (pas d'essais analytiques dans le projet).	Coût élevé du produit. Interrogations sur l'application d'un agent vivant sur sol très sec en été : quelle durée de vie et quelle efficacité ? Contraintes d'appliquer ce produit sur tous les termes de la rotation.
Adaptation des seuils et des doses	**Blé** : Règles de décision différentes selon les plateformes : - St Hilaire : traitement systématique à dernière feuille étalée (DFE) à 1/4 dose si moins de 20% des F3 avec symptômes – à 1/2 dose si plus de 20% des F3 avec symptômes. - Haroué/Bouzule : un seul traitement au stade DFE : si plus de 20% des F3 avec symptômes, déclenchement du traitement en réduction de dose, sinon pas d'intervention.	Adaptation des doses au contexte de l'année, et impasse possible. Résultats techniques satisfaisants.	Manque de références pour adapter les seuils à des variétés tolérantes ou à des systèmes en production intégrée.
	Orge de printemps : stratégie sans traitement fongicide en l'absence de symptômes à St Hilaire.	Bonnes performances de la variété RGT Planet vis-à-vis du complexe maladies	
	Colza : Lutte contre le sclérotinia : - Haroué : en fonction du résultat du kit scléro (stade F1) : intervention si > 50% de fleurs contaminées. - Flirey : traitement systématique à dose modulé selon le climat de l'année.	Adaptation des doses au contexte de l'année, et impasse possible. Résultats techniques satisfaisants.	Réalisation du kit scléro peu évidente à généraliser à la parcelle (coût du kit, mise en œuvre).
Autre	Retard de la date de semis : diminution de la pression septoriose sur blé.	Effet vérifié.	Même constat quant à l'adoption de la technique par les agriculteurs que pour la lutte contre les adventices

Conclusion

Les travaux effectués dans le cadre du projet EXPE lorrain ont permis à la fois de structurer une réflexion sur l'expérimentation systèmes et d'acquérir des références sur la production intégrée. La mise en œuvre des règles de décision définies au départ a permis d'obtenir un certain nombre de résultats pertinents, notamment en termes d'allongement de rotation, permettant de limiter le risque pour les cultures et par conséquent permettant de réduire le recours aux produits phytosanitaires. Les résultats en terme d'IFT et de performances économiques n'ont pu être abordés dans cet article mais ont fait l'objet d'un certain nombre de synthèses et diffusions au cours du projet, tant à l'occasion de visites des plateformes, que lors de différentes journées techniques ou séminaires (notons notamment deux communications lors du GFP 2017) ou dans divers articles dans la presse locale ou nationale (Leclech et al., 2017). Les résultats individuels des systèmes testés sont également présentés dans des supports dédiés disponibles sur le portail EcophytoPIC. En outre, les plateformes mises en place sur les sites d'Haroué et de la Bouzule ont aussi servi de support pédagogique dans le cadre de la formation d'élèves de différents niveaux (BTS, DUT, Ingénieur agro).

Références bibliographiques

Altieri M., Nicholls C., Ponti L., 2009. Crop diversification strategies for pest regulation in IPM systems, Cambridge. ed, Integrated Pest Management.

Aubry C., Papy F., Capillon A., 1998. Modelling decision-making processes for annual crop management. Agric. Syst. 56, 45–65.

Bertrand M., Doré T., 2008. Comment intégrer la maîtrise de la flore adventice dans le cadre général d'un système de production intégrée ? Innovations Agronomiques 3, 1-13.

Guide STEPHY : guide pratique pour la conception de systèmes de culture 72 plus économes en produits phytosanitaires – application aux systèmes de polyculture, 2011. Une production du RMT Systèmes de Culture Innovants, 116 p.

Leclech N., Baillet A., Schott F.X., 2017. La protection intégrée évaluée en Lorraine. Perspectives Agricoles 445, 52-55.

Munier-Jolain N., Deytieux V., Guillemin J.P., Granger S., Gaba S., 2008. Conception et évaluation multicritères de prototypes de systèmes de culture dans le cadre de la Protection Intégrée contre la flore adventice en grandes cultures. Innovations Agronomiques 3, 75–88.

Meynard J.M., Messéan A., Charlier A., Charrier F., Fares M., Le Bail M., Magrini M.B., Savini I., 2013. Freins et leviers à la diversification des cultures. Etude au niveau des exploitations agricoles et des filières. Synthèse du rapport d'étude, INRA, 52 p.

Peters R.D., Sturz A.V., Carter M.R., Sanderson J.B., 2003. Developing disease-suppressive soils through crop rotation and tillage management practices. Soil Tillage Res. 72, 181–192.

Viaux P., 1999. Une 3ème voie en grandes cultures. Environnement, Qualité, Rentabilité, éditions Agridécisions, 207 p.

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).