

Evaluation au champ des performances de systèmes innovants en cultures arables et apprentissage de la protection intégrée en fermes pilotes

R. Reau¹, P. Mischler², M.-S. Petit³

¹ INRA UMR Agronomie 211, BP1, F-78850 Thiverval-Grignon

² Agro-Transfert ressources & territoires, 2 chaussée Brunehaut, F-80200 Estrées-Mons

³ Chambre régionale d'agriculture de Bourgogne, 3 rue du golf, F-21800 Quétigny

Correspondance : raymond.reau@grignon.inra.fr

Les ateliers de conception-évaluation du RMT « systèmes de culture innovants » (SdCi) créé en 2007 ont contribué au développement de deux catégories d'expérimentations d'évaluation de systèmes prometteurs : des parcelles expérimentales où l'on étudie les performances de systèmes stabilisés dans la durée, et des fermes pilotes avec des systèmes évolutifs pour étudier leur faisabilité, les améliorer et contribuer à leur apprentissage par les agriculteurs et leurs conseillers. Les méthodes et les premiers résultats d'ores et déjà obtenus sont utiles au développement de conduites économes en pesticides.

Résumé

Les partenaires de la recherche et du développement du RMT SdCi étudient aujourd'hui 59 systèmes innovants différents qui sont expérimentés dans 33 sites différents (station ou parcelle expérimentale). La plupart sont basés sur des rotations diversifiées, une alternance labour / non labour et des conduites économes. En Picardie, 8 exploitations testent des systèmes en « production intégrée ». A l'issue de 5 ans d'apprentissage en groupe, ces fermes pilotes ont en moyenne un indice de fréquence de traitement (IFT) de 3.4, pour un IFT de 4.4 au départ, et un IFT régional de référence estimé à 5.8. L'évolution conjointe de leurs performances économiques a été plus favorable que celles des autres exploitations. Un réseau national de 180 fermes pilotes est en test en 2010. Les méthodes proposées répondent à trois orientations complémentaires : production de références sur leurs performances, observatoire de la transformation des systèmes, apprentissage des agriculteurs et démonstrations.

Mots-clés : système de culture, culture arable, conception innovante, expérimentation, ferme pilote, apprentissage

Abstract: Field evaluation of performances of innovative management systems in arable crops and learning of integrated protection on pilot farms

Workshops of cropping systems design were initiated by the "innovative cropping systems" Joint Network of Technology (JNT). It contributed to the development of two different experiments: (i) experimental plots where the cropping system is stable over years to study its long term effects and performances, and (ii) pilot farms with a changing cropping system to study its feasibility at farm scale, to improve it and to contribute to farmers and advisers learning. Nowadays, the JNT partners have gathered 59 innovative cropping systems which are assessed into 33 different experimental sites. Most of them are based on multicrop rotations, with alternation of ploughing and non inverting tillage, and low input crop managements. In Picardy (northern Paris basin), 8 farmers have experimented "integrated crop production". After a five years long of collective learning, their mean treatment frequency index (TFI) reached 3.4, while they began with a 4.4 TFI, while the mean reference TFI into the Picardy region was about 5.8. The evolution of their net income was rather positive in comparison with the other farms into the region. A wide national network of pilot farms for reduction of pesticides use is being

experimented in 2010. The implemented methodology aims at (i) improving available results about cropping systems performances, (ii) understanding cropping systems transformation on farm, and (iii) contributing learning to farmers and dissemination.

Keywords: cropping system, arable crop, prototyping, experimentation, pilot farm, training

Introduction

L'évaluation des performances des résultats des systèmes de culture mobilise de plus en plus de chercheurs et d'ingénieurs de la R&D (Loyce et al. 2006 ; Reau et Doré, 2008 ; Sadok et al., 2009). Dans le cadre d'une démarche globale de conception-test-évaluation-amélioration de systèmes de culture (Meynard et al., 2006), c'est un gage d'adaptation et de souplesse face aux limites des analyses de conformité ayant tendance à considérer les bonnes pratiques comme des prescriptions stables, intangibles et indiscutables.

On distingue généralement l'évaluation *a priori* de l'évaluation *a posteriori*, suivant qu'elle se situe avant ou après la mise en œuvre de l'action. L'évaluation *a priori* des performances est présentée généralement comme un moyen de classer des scénarios ou des systèmes avant de mettre les plus prometteurs à l'épreuve de la réalité du terrain (Messéan et al., 2010). Pour les systèmes de culture, il s'agit de les expérimenter au champ pour en vérifier la fiabilité notamment via une évaluation *a posteriori*.

Cet article fait ainsi le point sur l'évaluation *a posteriori* des systèmes de culture innovants qui sont expérimentés au champ dans le domaine de la grande culture ou de la polyculture-élevage. Il traite de l'étude des performances des systèmes de culture à partir des observations au champ des systèmes prometteurs mis en œuvre. Il étudie aussi dans quelle mesure ces tests de systèmes permettent d'améliorer les systèmes de culture candidats, dans le cadre de processus en boucle. Enfin, il analyse comment ces expérimentations contribuent à l'apprentissage de ses acteurs : les ingénieurs de la recherche et développement comme les agriculteurs.

Ces analyses se basent sur 3 réalisations des partenaires du Réseau Mixte Technologique (RMT) Systèmes de culture innovants : la présentation de l'ensemble des tests en parcelles expérimentales de systèmes innovants mis en réseau par le RMT, les résultats de l'adoption de la production intégrée par un groupe d'exploitations agricoles de Picardie par Agro-Transfert Ressources et Territoire et, enfin, les fondements du projet de réseau national de fermes pilotes de références et de démonstration sur les systèmes économes en produits phytosanitaires.

1. Evaluation des systèmes de culture prometteurs en parcelles expérimentales

Les démarches de prototypage, ou de conception évaluation *a priori* de systèmes de culture sont souvent présentées comme un moyen de classer, de trier des systèmes de culture candidats ou de sélectionner les plus prometteurs avant de les mettre en expérimentation au champ. Cette sélection étant d'autant plus impérative que les délais d'expérimentation sont particulièrement longs et les coûts particulièrement élevés lorsque que l'on étudie des rotations assez longues (Sadok et al., 2009). Le développement récent des ateliers de conception dans le monde de l'agronomie française au cours des années 2000 (Messean et al., 2010 ; Reau et al., 2006 ; Reau et al., 2010) s'est accompagné d'un accroissement du nombre d'expérimentations au champ pour tester des systèmes de culture dans les organismes de recherche et développement.

La mise en réseau d'expérimentations au champ de systèmes de culture innovants a été par exemple à l'origine de la création du Réseau Mixte Technologique Systèmes de culture innovants (RMT SdCi). C'est aujourd'hui l'un des ses trois axes de travail de ce réseau qui a pour objectif d'étudier leurs performances et leur faisabilité.

Ces dispositifs expérimentaux sont gérés par les partenaires du RMT SdCi : Chambres d'Agriculture, Instituts techniques, INRA, groupes de développement et lycées agricoles, principalement. L'animation du réseau se fait à 3 niveaux : une animation locale pour chaque dispositif expérimental, une animation régionale avec une première synthèse des résultats, et une animation générale au réseau pour réaliser des approches transversales notamment pour comparer les performances des mêmes catégories des systèmes de culture dans des régions différentes.

Situés dans des stations expérimentales ou dans des exploitations agricoles, ce sont exclusivement des dispositifs pluriannuels à l'échelle de la rotation, où le (ou les) système(s) de culture sont normalement stabilisé(s) pour la durée de l'expérimentation, sur la base du protocole initial décrivant chaque système de culture sous forme d'un ensemble de règles de décisions pré-établies, qui permettent d'adapter la prise de décisions et les interventions au contexte : du choix des cultures successives dans le temps jusqu'à l'opportunité, la date, ou la dose d'une application d'intrants.

Les expérimentations sont en effet menées sur la base de protocoles définis en suivant les principes recensés par Debaeke et al. (2009) et d'un plan expérimental où tout ou partie des cultures de la rotation sont présentes chaque année, et où les différentes cultures dans la rotation présentes sont rarement répétées chaque année. Les systèmes de culture sont décrits par leurs objectifs, les résultats attendus, et les stratégies de gestion à l'échelle pluriannuelle de la parcelle et du territoire environnant d'une part, et à l'échelle annuelle de chacune des cultures qui compose la succession dans la parcelle d'autre part.

La plupart de ces systèmes de culture ont été construits à partir de démarches de co-conception associant chercheurs et conseillers (Lançon et al. 2008 ; Reau et al., 2010) et parfois des agriculteurs.

Le RMT SdCi propose une charte de l'expérimentateur, une démarche et des outils pour gérer ces expérimentations : description du système de culture, collecte des données et des résultats expérimentaux, réalisation du diagnostic agronomique et du diagnostic global (Meynard et al., 1996), caractérisation des résultats de chaque culture et du système de culture dans son ensemble puis évaluation multicritère (Reau et Doré, 2008 ; Sadok et al., 2009) suivant les mêmes principes que l'évaluation *a priori* des systèmes de culture présentée en 2010 par Messéan et al.. Une base de données pour la collecte des données expérimentales et pour l'enregistrement des pratiques culturales est en cours de constitution.

En 2010, 59 systèmes de culture innovants sont étudiés dans 33 sites expérimentaux différents. Ils sont situés dans des conditions pédoclimatiques variées, dans la moitié nord de la France.

Le RMT distingue deux catégories d'expérimentation de « systèmes de culture » :

- des expérimentations en station ayant un caractère plus prospectif, qui permettent d'étudier les performances des systèmes, tout en se mettant à l'abri de certaines contraintes technico-économiques rencontrées dans les exploitations agricoles ;
- des expérimentations en parcelles d'exploitations agricoles, qui permettent de tester dans une gamme de situations plus large qu'en station des systèmes innovants peu contraignants ou moins risqués *a priori*, et d'en étudier les performances comme la faisabilité.

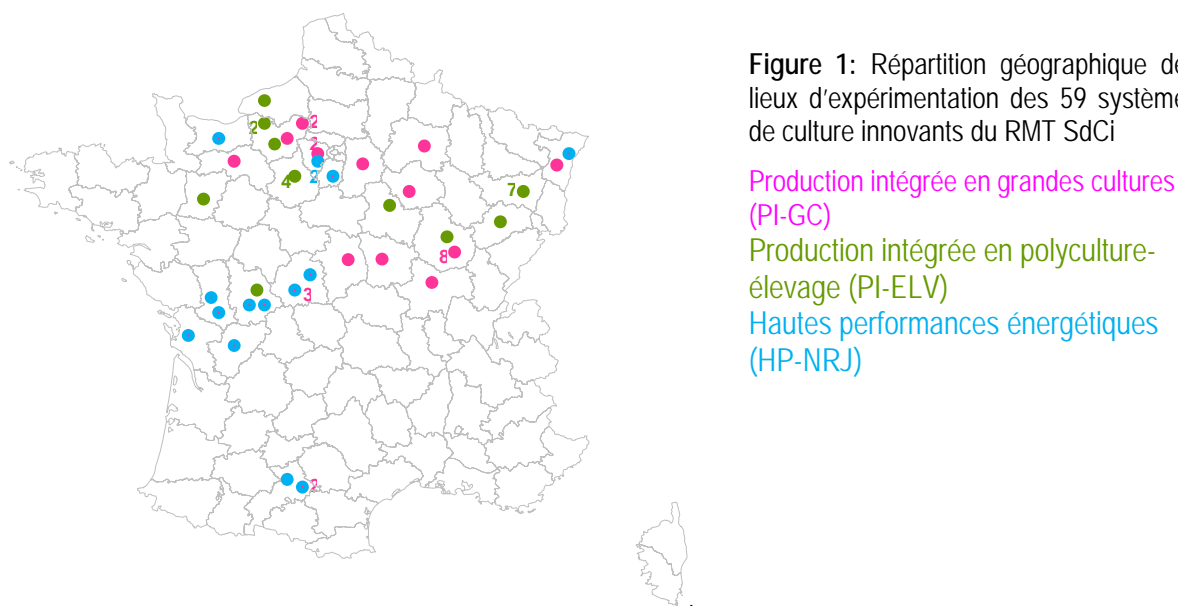


Figure 1: Répartition géographique des lieux d'expérimentation des 59 systèmes de culture innovants du RMT SdCi

Production intégrée en grandes cultures (PI-GC)

Production intégrée en polyculture-élevage (PI-ELV)

Hautes performances énergétiques (HP-NRJ)

Ces systèmes de culture ont été construits pour répondre à des enjeux de durabilité locaux. Ils répondent à trois orientations principales :

- des systèmes de grande culture orientés vers la production intégrée (PI GC), où sont étudiés des systèmes économes en pesticides (Meynard et al., 2003) et parfois également en engrais azoté de synthèse ;
- des systèmes de polyculture élevage orientés vers la production intégrée (PI ELV), où à la différence de l'orientation précédente, ces systèmes de culture incluent des cultures fourragères et parfois des restitutions d'effluents d'élevage ;
- des systèmes de culture visant de hautes performances énergétiques et une réduction des émissions de gaz à effet de serre (HP NRJ), via la réduction de l'usage des engrais azotés de synthèse et/ou la réduction du travail du sol.

La répartition des systèmes innovants testés suivant ces trois orientations est présentée sur la Figure 2. Elle indique que les systèmes innovants étudiés sont avant tout focalisés sur les systèmes économes en produits phytosanitaires, en grande culture comme en polyculture-élevage. Cependant, 15 systèmes de culture innovants visent de façon conjointe des enjeux de production intégrée, et de hautes performances énergétiques.

Ces 59 systèmes de culture ont été caractérisés par le nombre et la nature des têtes de rotation présentes dans la succession ; deux têtes de rotation étant généralement séparées par une à deux céréales à paille différentes. Ces rotations sont plutôt longues : la plupart de ces systèmes contiennent plus d'une tête de rotation, soit une durée de 4 ans au minimum. Les systèmes sont diversifiés ; en effet, au delà de 2 têtes de rotation, il y a systématiquement une légumineuse dans la succession : il s'agit d'une légumineuse annuelle ou pluriannuelle, située avant un blé et parfois un colza ; son rôle est de réduire les coûts en engrais azoté de synthèse, et de réduire la pression en bioagresseurs le plus souvent par l'introduction d'une culture de printemps.

Ce réseau expérimental explore avant tout l'intérêt de systèmes de culture basés sur des **rotations longues et diversifiées valorisant souvent une légumineuse** parmi ses différentes têtes de rotation dans la perspective de tester des systèmes prometteurs en matière de production intégrée comme de haute performance énergétique. En outre, les **stratégies de travail du sol**, font généralement l'objet d'une attention particulière, pour gérer les stocks d'adventices comme les inoculum de bioagresseurs,

comme pour réduire les coûts en énergie fossile, les émissions de gaz à effet de serre, et limiter les pointes de travail lié à la préparation de sol.

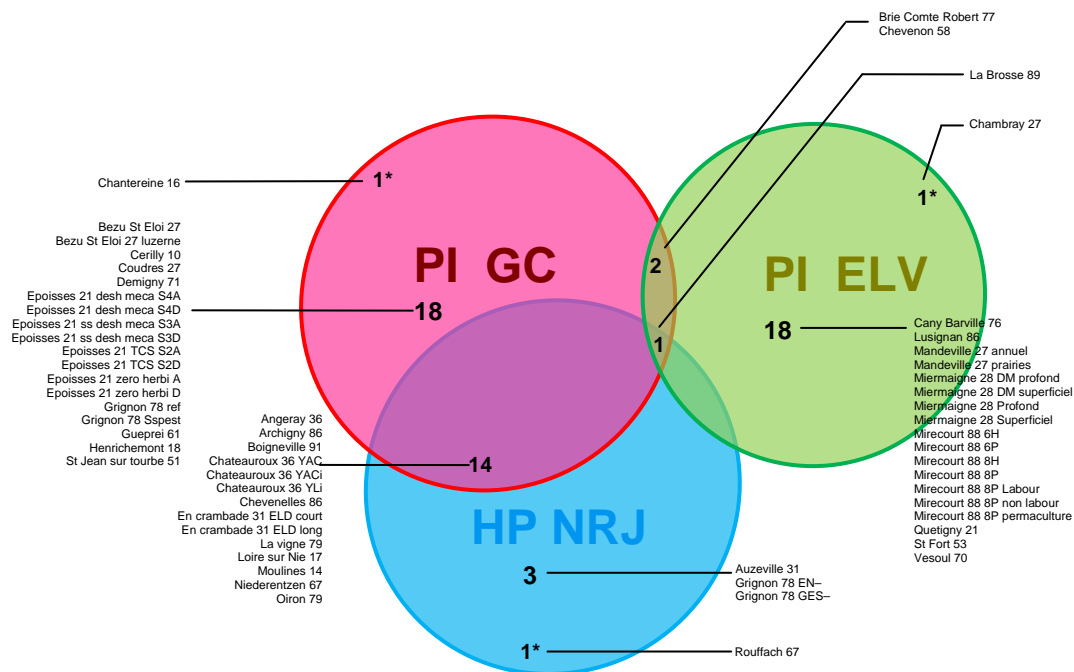


Figure 2 : Distribution des systèmes de culture innovants étudiés suivant les 3 orientations principales du réseau

D'un point de vue plus tactique de la gestion de l'itinéraire technique de chaque culture, suivant les 3 principales orientations, les protocoles combinent **différents moyens de lutte et de contrôle alternatif des bioagresseurs** (génétique, biologique, physique, cultural) pour chercher à diminuer le recours à la lutte chimique, et/ou mettent en œuvre des **techniques pour réduire les pertes d'azote** dans la rotation (cultures pièges à nitrates par exemple en été ou en hiver) et des **outils d'adaptation des doses d'engrais azoté** suivant l'état de la parcelle.

Sur cette base, une typologie des 59 systèmes étudiés a été définie. Ceci a permis de regrouper les systèmes innovants par catégorie homogène du point de vue des stratégies et des logiques de gestion, et conduira à terme à la réalisation de synthèses thématiques transversales aux différentes régions.

La force de ce réseau réside dans la richesse de ses partenariats, et la diversité des contextes explorés pour la moitié nord de la France et pour les cultures arables. Les premières années du RMT ont été consacrées à la construction puis au renforcement des partenariats, à l'analyse et à la mise en cohérence des méthodes d'études, via une activité de partage de connaissances, de méthodes et de compétences. Le réseau est encore trop récent pour être en mesure de proposer des références solides sur les performances de ces systèmes et pour présenter ici les premiers résultats, dans la mesure où il s'agit d'expérimentations étudiant les effets à long terme de systèmes de culture. Des méthodes restent à mettre au point pour la réalisation de synthèses et d'études transversales aux différents dispositifs relevant de protocoles différents.

Les mois et années à venir seront consacrés à la collecte des données, à la construction d'une base de données dédiée, et à l'analyse des résultats en vue de leur valorisation et communication pour et par les acteurs du développement, de la recherche, de la formation et les agriculteurs impliqués.

Les références sur les systèmes de culture, leur pilotage, leur gestion et leurs performances seront communiquées, via différents supports et préconisations, en direction des ingénieurs de la recherche-développement, des conseillers, des agriculteurs, des enseignants, des étudiants, comme de tous les acteurs de la décision publique.

2. Adoption de systèmes innovants en exploitations agricoles : le cas d'un groupe de 8 exploitations de Picardie testant des conduites en production intégrée

A la suite du prototypage, les systèmes de culture prometteurs les plus en rupture sont destinés à être testés uniquement en parcelles expérimentales. D'autres systèmes sont parfois considérés *a priori* comme suffisamment faisables et peu risqués pour être mis en œuvre directement par des agriculteurs dans une partie de leur exploitation sans attendre les résultats des stations ou des parcelles expérimentales.

2.1. Origine du projet de transfert « Systèmes de culture intégrés (SCI) »

Après une série d'expérimentations ayant permis de mettre au point une conduite « de production intégrée » du blé, dans le cadre d'une collaboration d'Agro-Transfert Ressources & Territoires avec l'INRA et les Chambres d'agriculture de Picardie, il a été décidé de passer à l'échelle plus longue du système de culture. Ceci a débouché sur le projet de transfert « systèmes de culture intégrés (SCI) » conduit entre 2003 et 2009 et piloté par Agro-Transfert. Il s'agissait de s'appuyer sur un réseau de fermes pilotes pour tester avec des agriculteurs volontaires la faisabilité de changements de systèmes de culture en conditions réelles.

2.2. Méthode

Un groupe de 8 fermes pilotes a été constitué, à partir d'agriculteurs qui ne se connaissaient pas auparavant. S'appuyant sur un diagnostic environnemental et agronomique, des plans d'actions pour le changement des systèmes ont été construits avec ces agriculteurs, dans le cadre d'une démarche de co-conception de systèmes de culture intégrés (Mischler et al., 2009).

Le dispositif expérimental mis en place visait, (1) à analyser l'appropriation des innovations agronomiques proposées, (2) à évaluer la faisabilité en exploitation agricole des combinaisons de techniques culturales choisies par les agriculteurs et (3) à élaborer une méthode de conseil générique pour le « passage en production intégrée », qui s'appuie sur une bibliothèque de ressources utiles aux conseillers et aux agriculteurs, comme par exemple des règles d'actions. Seuls les deux premiers points sont abordés dans ce chapitre.

2.3. La transformation des systèmes de production des fermes pilotes au cours du passage à la production intégrée : un dispositif expérimental où l'agriculteur devient l'acteur central

Contrairement aux expérimentations du chapitre précédent, ce dispositif porte non pas sur des systèmes de culture prédéfinis par un protocole figé pour la durée pluriannuelle du dispositif, mais sur des systèmes de culture en transformation où le chef d'exploitation reste le maître de ces décisions dans une démarche progressive d'introduction et de développement de changements dans son exploitation (techniques nouvelles pour l'exploitation, et suppression de techniques existantes).

2.3.1. L'évolution des choix et des décisions des agriculteurs : de nouvelles combinaisons et de nouveaux équilibres à gérer

En 2004, les systèmes de cultures prototypes ont été proposés aux 8 agriculteurs : ils combinaient des modifications des successions de culture et de techniques culturales nouvelles ou déjà utilisées dans certaines fermes, pour réduire l'usage des pesticides grâce à une diminution de la pression en adventices, maladies et ravageurs. Toutefois, il faut noter que le jour de leur présentation aux agriculteurs, **les systèmes de culture prototypes conçus a priori par les conseillers n'ont pas été acceptés facilement par les agriculteurs** (Hocdé et al., 2008, in Reau et Doré, 2008). Ceux-ci se préoccupaient alors des conséquences sur l'organisation de leur travail et les coûts induits par les changements proposés. Mais les réactions suscitées ont permis de structurer la réflexion et d'ébaucher une dynamique de groupe entre ces agriculteurs sur la base de ces questions.

La rotation est un moyen majeur pour réduire les risques liés aux ennemis des cultures et en conséquence l'usage des pesticides, grâce en particulier à la diversification des périodes de semis. Dans la plupart des fermes, les rotations étaient déjà diversifiées au démarrage du projet. C'est en effet une des caractéristiques de la Picardie d'avoir des successions de culture relativement longues avec plusieurs têtes de rotations différentes. Cette proposition a été bien adoptée, car les moyennes sont passées de 3.0 à 3.4 cultures différentes en 5 ans grâce à (1) une réduction en surface du blé avec en particulier la quasi-suppression du blé sur blé et (2) une hausse des surfaces des cultures « minoritaires »¹ qui passent de 7 à 21% des surfaces (Figure 3). Pour 6 des agriculteurs, le nombre de cultures a augmenté de 1 à 5 cultures supplémentaires tandis que les 2 autres n'ont pas augmenté le nombre de leurs cultures dans l'assolement.

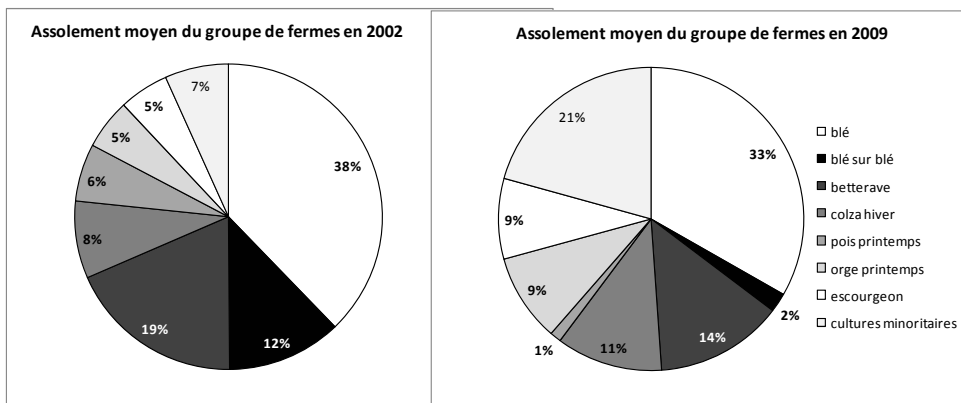


Figure 3 : Assolement moyen du groupe de fermes en 2002 et 2009

En parallèle l'utilisation combinée de techniques de lutte préventive s'est développée avec par exemple un meilleur équilibre relatif entre cultures d'hiver et de printemps permettant un recours plus large au déchaumage et au faux-semis pour réduire la pression des adventices (surface en cultures d'hiver qui passe de 66% en 2002, à 54% en 2009).

Cependant, ces **nouvelles combinaisons** supposent de réaliser des compromis et de gérer de **nouveaux équilibres**. *Comment rendre compatible des semis tardifs de blé, et le désherbage mécanique, par exemple ?* Cela s'est traduit par un retard significatif du démarrage des semis au 12/10² (Tableau 1), pour l'itinéraire en protection intégrée du blé qui s'est développé sur près de 80% des parcelles. Cela a été rendu possible par la baisse de 50 à 35% des surfaces en blé et la quasi suppression des traitements d'automne qui ont compensé la baisse de 17% du nombre de jours disponibles pour les semis (Mousset, 1996). Par contre, ce retard limite les possibilités d'usage du désherbage mécanique par manque de jours disponibles. Ainsi, pour 3 agriculteurs, 47% des parcelles de blé étaient concernées par le désherbage mécanique en 2005 et ce chiffre est passé à 7% en 2009

¹ Celles qui représentaient moins de 50 ha pour l'ensemble de la surface des 8 fermes en 2002, qui représentait une SAU totale de 1300 ha environ.

² En comparaison avec les enquêtes disponibles, en Picardie où près de 50% des blés sont semés à cette date.

en raison du retard des semis. Mais la réflexion collective sur la transformation des systèmes a fait émerger de nouvelles stratégies de désherbage, issues d'initiatives d'agriculteurs en interaction avec les conseillers. Après introduction ou développement de cultures de printemps, ces 3 agriculteurs ont ainsi intégré dans leurs stratégies l'usage du désherbage mécanique, après une phase rapide de test réalisé au moyen de bandes comparatives, mais aussi directement sur des parcelles entières pour les agriculteurs les plus convaincus.

La mise en œuvre des systèmes en conditions réelles a révélé des **points de blocages**. Une synthèse technico-économique, une enquête réalisée chez les agriculteurs (Mischler et Mélin, 2010) ainsi que de l'expertise des conseillers et agronomes ont permis d'analyser comment les agriculteurs ont ou non accepté les techniques proposées.

Les techniques les moins facilement acceptées sont celles qui induisent des contraintes fortes pour le chef d'exploitation ou qui sont perçues à haut niveau de risque, parce qu'elles imposent de (1) repenser l'organisation globale du travail et de la collecte : chantiers de semis et de traitements, récolte, stockage ; (2) accepter un risque perçu comme plus important ou très visible comme la suppression des régulateurs ou d'herbicides. Cependant, les blocages s'expliquent aussi par des problèmes de maîtrise de ces techniques nouvelles : manque d'outils d'aide à la décision pour décider comme pour évaluer les risques du « non traitement », manque de références disponibles sur des techniques culturales.

Tableau 2 : Exemple d'acceptabilité *a priori* de certaines techniques culturales alternatives et mise en œuvre effective

	Exemples de technique alternative proposée	Acceptation <i>a priori</i> en 2004 (1)	Motivation de refus en 2004	Délai de mise en oeuvre	Mise en œuvre en 2009 (1)
Echelle de la succession culturale	Introduction de cultures et alternance hiver/printemps	4/8	Pas de solution de stockage ou de récolte ; concurrence entre chantiers, culture inadaptée au contexte pédoclimatique ; respect des délais de retour des cultures.	1 à 3 ans	6/8
	Abandon des successions à risque (blé sur blé)	6/8	Complexité de l'organisation, notamment en cas de parcellaire dispersé	1 à 3ans	6/8
	Alternance labour/non retournement	5/5 (2)	<i>(accepté)</i>	1 à 2 ans	5/5 (2)
Echelle du cycle cultural (céréales d'hiver)	Densité de semis claire en céréales et variétés rustiques	8/8	<i>(accepté)</i>	1 à 2 ans	8/8
	Retard de date de semis	6/8	Sols à faible portance en lien avec le risque de pluie	1 à 3 ans	7/8
	Introduction de désherbage mécanique	3/8	Absence du matériel, temps de travail supplémentaire attendu	1-2 ans (3) 3-5 ans (4)	6/8

(1) nombre de fermes sur les 8 ; (2) concerne les 5 fermes utilisant une charrue, les 3 autres fermes en non labour ont été invitées à déchaumer davantage ; (3) si matériel présent : acheté ou mis à disposition ; (4) en absence de matériel et de motivation initiale ;

Les techniques plus facilement acceptées ont été celles qui sont cohérentes avec les objectifs du moment de l'agriculteur : (1) des économies de temps de travail telle la réduction d'usage de la charrue pour diminuer les pointes de travail lié à la préparation du sol ; (2) des économies de charges variables, tel l'itinéraire en production intégrée du blé, qui permet de gagner du temps par la suppression de l'application du régulateur de croissance ; (3) un gain agronomique telle la réduction de la pression des maladies et des adventices, par la baisse des surfaces en blé de blé ; (4) une mise en œuvre rapide, quand les références existent et que le risque est limité à l'année culturale.

Le temps de l'appropriation a été variable. Ainsi, le tableau 2 montre qu'il change selon les techniques et l'agriculteur. Il est plus court (1 à 2 ans) quand les références sont nombreuses, quand les techniques permettent un rapport bénéfice/risque favorable et quand le matériel est disponible. Le temps est plus long (3-5 ans) quand les références manquent et/ou quand la technique est contraignante ou quand le lien entre la technique et ses effets est peu visible et qu'il faut convaincre l'agriculteur de l'intérêt de la technique.

2.3.2. L'évolution des pratiques agricoles : une réduction de l'usage des intrants

L'usage des pesticides a été réduit avec l'adoption d'une partie des techniques de production intégrée. Ainsi, l'indice de fréquence de traitement (IFT) des fermes est passé de 4.4 à 3.4 doses /ha (Tableau 3), alors que la référence de la Picardie se situe à 5.8 (hors pommes de terre) (Mischler et al, 2009). L'exemple le plus marquant est la réduction de 62 % de l'IFT herbicides en orge de printemps, grâce à la substitution par le désherbage mécanique.

La gestion de l'azote s'est améliorée et l'excédent moyen dans l'ensemble des fermes, calculé par la différence entre les apports d'azote et les exportations d'azote, est passé de 32 à 9 kg N/ha. Cela n'a pas affecté les performances économiques globales des fermes qui sont en tendance meilleures que les références disponibles issues de la Chambre d'Agriculture de l'Oise³.

Tableau 3 : Description de l'évolution des pratiques agricoles moyennes des fermes pilotes au travers de quelques indicateurs.

Aspect	Pratique agricole évaluée	8 fermes 2002 → 2009	Référence régionale 2002 → 2009
Agronomique	% cultures d'hiver	66% → 54%	67 → 70%
	% des parcelles de blé avec un précédent blé	29% → 5%	16 → 19%
	Date 1 ^{er} semis en blé	5 → 12 octobre	/
	% parcelles semées avant le 15/10	47% → 30%	58 → 60%
	Blé : densité de semis réduite (1)	-8% → -28%	+6 → +2%
	% de variétés rustiques	60% → 76%	32 → 66%
	Usage du désherbage mécanique	0 → 5 fermes/8	0
Environnemental	IFT ferme (doses/ha)	4.41 → 3.41	5.8 (2)

(1) Par rapport à la référence raisonnée, objectif : -30% ; (2) Enquête CA-CER60 (3) IFT de référence SCEES 2001-06, sans pommes de terres.

³ Il s'agit de l'enquête blé de la Chambre d'agriculture et du CER de l'Oise et des comptabilités du SEF de l'Oise.

2.3.3. Les points clés pour l'accompagnement du changement

Pour savoir comment s'est fait le changement et comment ont été levés les freins initiaux à l'introduction d'innovations par les agriculteurs, une enquête réalisée par Agro-transfert (communication personnelle) chez eux en 2009 a montré qu'ils ont mobilisé différentes ressources et outils :

- (1) le test au moyen de **bandes comparatives** a été apprécié par l'essentiel des agriculteurs du groupe (6/8) qui l'ont considéré comme une étape indispensable à l'adoption plus large dans l'exploitation, sachant qu'elle est progressive au cours du temps : en effet, une fois engagés dans la démarche de « boucle d'amélioration », les agriculteurs acquièrent une assurance qui leur permet de généraliser rapidement. Cependant, l'usage de la bande comparative a été considéré *a posteriori* comme « chronophage ». Certains souhaitent même s'en passer à l'avenir ;
- (2) **l'échange entre agriculteurs** du groupe a été un levier important. L'activité en groupe a permis de consolider les changements de pratiques chez ses membres. Il passe par le témoignage de ceux qui ont testé des innovations. L'expérience prend un statut de référence nouvelle dont la crédibilité est fortement augmentée parce qu'elle est mise en œuvre par un pair. Ce levier complète les références techniques issues des parcelles ou d'expérimentations factorielles, dont la faisabilité en ferme peut toujours être mise en doute. Les essais bandes ont été ici mobilisés également comme un outil d'animation permettant de favoriser les échanges entre agriculteurs et les conseillers. Dans certains cas, la visite de dispositifs en groupe a modifié la perception du groupe sur l'usage de telle ou telle technique. Ainsi, la visite à l'INRA de Dijon du dispositif « gestion des adventices » a convaincu le groupe que les mesures préventives avaient un rôle majeur dans la gestion de mauvaises herbes ;
- (3) la prise en compte des objectifs, et les **motivations de chaque exploitant** au moment où une (ou des) technique(s) lui est (sont) proposée(s) : un agriculteur qui veut gagner du temps peut refuser *a priori* vite le désherbage mécanique, mais l'expérience d'un collègue motivé par cette technique peut susciter la curiosité et devenir un facteur convaincant favorisant son adoption.
- (4) enfin, par une **restitution annuelle des résultats** des fermes en compagnie des conseillers au travers d'indicateurs simples portant sur les pratiques agricoles (assolement, IFT...), et les résultats agronomiques et techniques (rendements...), environnementaux (bilan d'azote...) et économiques (marges, ...). L'évolution des indicateurs au cours du temps et la comparaison des expériences entre agriculteurs suscitent des échanges et créent une émulation, source de conception de nouvelles stratégies.

La plupart des agriculteurs du groupe ont abordé la production intégrée par le test d'une ou deux techniques alternatives, en addition de l'itinéraire « intégré » du blé, dans un premier temps. L'acquisition d'expérience dans la gestion des pratiques innovantes et les échanges entre agriculteurs ont bénéficié à l'ensemble du groupe. Les agriculteurs pratiquent désormais ce qu'ils qualifient eux-mêmes « d'approche globale » du système d'exploitation au contraire d'une approche par technique. Le dispositif s'appuyant sur des fermes prises dans leur ensemble a un caractère expérimental dans le sens où il permet de détecter d'autres déterminants conditionnant la réussite de la mise en place de nouveaux systèmes. Il n'apporte pas les mêmes informations que les expérimentations sur les techniques culturales élémentaires, mais il apporte des éléments sur les possibilités d'assembler des techniques à l'échelle d'un système et des informations sur leur faisabilité réelle, connaissance importante pour accompagner le développement plus large de la production intégrée.

Si le degré et la vitesse d'appropriation des techniques de production intégrée sont variables, une fois engagés dans le processus de changement, la plupart des agriculteurs ne « revient pas en arrière », dans la mesure où ils en retirent de la satisfaction et de la reconnaissance pour leur métier.

2.4. La perception du changement par les agriculteurs :

Pour mieux comprendre les ressorts et les freins au changement, chaque agriculteur a été enquêté en 2009 par une personne extérieure au projet.

L'enquête révèle d'abord que le changement porte à la fois sur l'état d'esprit des exploitants agricoles et sur les pratiques au champ. Initialement, le contrôle des maladies, des ravageurs et des adventices semblait être assuré par la lutte chimique, quand ces problèmes survenaient. Désormais, ils anticipent le problème par la mise en place de techniques alternatives permettant un usage réduit des pesticides, qui sont utilisés comme complément des moyens de lutte plutôt que comme moyen exclusif, comme cela a déjà été décrit par Mohr et Steinmann (2003).

Les objectifs des agriculteurs en 2002 étaient plutôt généraux et centrés sur le gain de temps, l'amélioration des performances agronomiques et économiques. En 2009, s'ils restent centrés en partie sur l'économie, ils deviennent plus précis et individualisés sur les aspects agro-environnementaux (énergie, adventices, ...). Le temps de travail n'est plus ou peu cité car le problème semble avoir été résolu.

Tout au long du projet, selon leurs témoignages, deux faits ont marqué les agriculteurs :

- Les modifications de leurs pratiques. Ce sont l'introduction de nouvelles cultures, ou d'un nouvel outil de désherbage mécanique. La suppression du régulateur de croissance est également citée comme un événement majeur. Les éléments cités sont ceux dont les conséquences sont les plus visibles.
- Des changements dans leur environnement proche les ont touchés: la hausse des prix des matières premières en 2007-08, les événements climatiques défavorables et la perception négative de la production intégrée par l'entourage professionnel des agriculteurs ont semé un doute sur la pertinence de ces systèmes de culture innovants. Six d'entre eux ont persévéré mais deux ont abandonné le projet d'adopter la production intégrée, tout en admettant avoir tiré profit de l'expérience.

L'enquête portait aussi sur les ressorts et freins au changement perçus par les agriculteurs. Pour les agriculteurs, ce n'est pas parce qu'un itinéraire ou un système de culture a été testé et validé dans un dispositif en parcelles expérimentales, qu'il est automatiquement adopté. Les expérimentations sont perçues comme des outils utiles, mais qui ne prennent pas facilement en compte leurs propres objectifs, atouts et contraintes.

Les freins cités sont divers : (1) le manque de connaissance et de savoir faire pour la maîtrise de nouvelles techniques ; (2) le regard des voisins face à ces comportements différents ; (3) la difficulté à accepter d'avoir des parcelles « moins belles », avec plus de dégâts observables à cause de certains bio-agresseurs, même si cela ne conduit pas à des pertes économiques au final. ; (4) le manque de temps de l'agriculteur pour participer aux travaux du groupe, ou un turn-over trop rapide du conseiller chargé de l'accompagnement de l'agriculteur. Ils ont pu être levés dans la plupart des exploitations du groupe avec l'accompagnement par les conseillers, grâce à la mise en œuvre des points clés cités ci-dessus. Enfin, il est important de noter que les freins changent de nature au fur et à mesure que les agriculteurs acquièrent la maîtrise agronomique de certains bio-agresseurs via la production intégrée : la crainte des pertes économiques liées à la baisse des fongicides et la suppression des régulateurs diminue ou disparaît avec la baisse d'usage de ces pesticides, au profit de la crainte de la réalisation d'impasses herbicides et leurs conséquences sur la flore.

2.5. Rôles d'un groupe de fermes pilotes pour le développement des systèmes de culture innovants

Ce groupe d'agriculteurs a toujours eu la volonté de communiquer vers l'extérieur pour partager son expérience. La communication dans des colloques, la presse, et dans des formations a permis d'apporter une certaine reconnaissance au groupe, et de donner clairement un rôle aux agriculteurs dans le transfert de connaissances avec les Chambres d'Agriculture.

Les agriculteurs font aussi l'objet de sollicitations au travers de demandes de conseils, ou invitent des techniciens de la coopérative à partager leur expérience. Dans ces échanges, les motivations et la manière dont chaque agriculteur s'y est pris ont autant d'importance que les résultats techniques et économiques qu'il obtient. Plusieurs agriculteurs évoquent même le changement récent d'attitude de voisins dont l'attitude de méfiance a progressivement évolué en curiosité, puis en mise en pratique.

La démarche de conseil, imaginée dans le cadre du projet SCI, basée sur un diagnostic des fermes en vue de bâtir un plan d'action décrivant le (les) système(s) de culture et la mise en œuvre d'une boucle d'amélioration des pratiques (Mischler et al., 2009) commence à se mettre en place au niveau des Chambres d'agriculture de Picardie. Elle s'appuie sur des outils de diagnostic et de description simplifiée des systèmes de culture qui sont en phase de test notamment auprès de fermes localisées dans des Bassins d'Alimentation de Captage. La démarche se base aussi sur des formations sur la protection et la production intégrée permettant de donner accès à de nouveaux agriculteurs à ces ressources : données technico-économiques, témoignages des agriculteurs des fermes pilotes, ressources issues d'autres travaux comme ceux des RMT.

Enfin, pour renforcer un large essaimage, les Chambres d'Agriculture de Picardie ont initié le « club des 1000 parcelles » et les groupes « Tech' CI » afin d'organiser des relais pour le développement de techniques ou de démarches innovantes.

3. Evaluation des systèmes prometteurs dans un réseau national de fermes pilotes pour l'innovation, l'apprentissage et la démonstration de systèmes de culture économes en pesticides

L'exemple de Picardie montre l'intérêt du suivi de fermes en parallèle d'expérimentations de systèmes de culture figés pour la durée du dispositif, en parcelles expérimentales de stations ou dans des exploitations agricoles. Cela permet la multiplication des contextes où sont réalisés les tests, l'étude de faisabilité dans le cadre d'exploitations agricoles, et l'adaptation et la transformation des systèmes prometteurs par les agriculteurs et les conseillers ce qui est essentiel pour leur apprentissage, comme pour l'amélioration en boucle des systèmes proposés par les ateliers de conception. C'est pourquoi, dans le cadre de l'expertise collective Ecophyto R&D, l'INRA et ses partenaires ont proposé aux Ministères chargés de l'agriculture et de l'environnement de développer un réseau de fermes de références et de démonstration pour contribuer à l'invention et au développement (innovation) de systèmes de cultures économes en pesticides et performants (Reau et al., 2010). Ce réseau national a été initié en 2010 dans le cadre d'Ecophyto 2018 sous la forme d'un test confié à la Chambre régionale d'agriculture de Bourgogne.

3.1. Quelle méthode pour le réseau national de fermes pilotes ?

Actuellement, deux méthodes principales sont utilisées en France dans le monde de la grande culture.

La première est issue d'un courant définissant la protection intégrée comme un ensemble de principes, ou de leviers à introduire dans les exploitations (Viaux, 1999). Comme pour l'agriculture raisonnée, il s'agit de moyens à mettre en œuvre, de changements à introduire par rapport aux pratiques de référence : retarder la date de semis du blé, réduire sa densité de semis, choisir des variétés

résistantes, réduire la fertilisation azotée, allonger la rotation, etc... en considérant que plus l'on « coche » de principes dans ces listes, plus complète est la protection intégrée. L'étude des exploitations consiste ainsi à étudier leur conformité aux principes de la protection intégrée, en faisant référence aux techniques qui ont été mises au point au préalable en amont du processus dans les expérimentations par exemple.

La seconde s'attache plus à évaluer les résultats obtenus par les cultures, qu'à étudier leur conformité à des conseils ou à des bonnes pratiques pré-établies. Elle considère l'atelier des « cultures » de chaque exploitation comme un seul assolement des différentes cultures présentes dans l'exploitation. Elle consiste à étudier la conduite moyenne de chacune des cultures, et à faire enfin un diagnostic des résultats que l'on obtient pour chaque culture. C'est une démarche courante des approches technico-économiques, telles qu'elles sont pratiquées dans bon nombre de Centres de gestion et de groupes de développement, dans Rosace, l'observatoire des Chambres d'Agriculture coordonné par l'APCA, et dans le Réseau d'Elevage pour le Conseil et la Prospective, piloté par l'Institut de l'Elevage.

Aucune de ces démarches ne donne entière satisfaction pour répondre à la question posée. En effet, la première méthode reste ancrée dans les analyses de conformité qui jugent la qualité de l'application des principes pré-établis, en ne laissant qu'une place limitée aux inventions des agriculteurs, comme à l'évaluation des résultats des principes ou des conseils qui sont proposés. Et si l'analyse des résultats technico-économiques est le point fort de la seconde, c'est l'échelle qui pose question : quel sens donner à l'étude des résultats moyens d'une culture de blé, quand on sait que ses résultats et sa conduite dépendent non seulement du milieu mais aussi de son précédent (Schneider et al., 2009) ? Ne vaudrait-il pas mieux parfois privilégier l'échelle pluriannuelle de la parcelle, voire l'échelle du territoire avoisinant une parcelle ? En effet, les résultats des cultures dépendent de leur conduite, mais aussi du système de culture dans lequel elles s'insèrent. Ainsi, Schmitt et al. (à paraître) ont montré (à partir des données du Service Statistique et Prospective) que l'efficacité des produits phytosanitaires appliqués sur le colza en 2006 était la plus faible dans les parcelles de colza cultivées en rotations courtes (colza-blé) où le labour est exceptionnel. Il s'agit de parcelles avec les rendements du colza les plus faibles, pour des applications de pesticides les plus élevées.

C'est pourquoi la méthode choisie pour la phase de test du réseau de fermes privilégie une approche : (i) en termes de système de culture, plus appropriée pour la protection contre les bioagresseurs comme nombre de maladies et d'adventices, que les approches à l'échelle de la culture ou de l'exploitation, (ii) dont on évalue les performances à partir des résultats obtenus, plutôt que suivant une analyse de conformité des moyens à des principes pré-établis.

Le réseau de fermes de test de 2010 est ainsi composé de 18 groupes d'une dizaine d'exploitations agricoles, dont 13 en grande culture ou polyculture-élevage et 5 en culture pérenne (vigne). Chaque exploitation s'est défini un objectif d'utilisation réduite des pesticides à échéance de 2013 (exprimé en pourcentage de l'Indice de Fréquence de Traitement (IFT) régional de sa filière), en indiquant la voie qu'il se proposait d'emprunter pour y parvenir. Ce sont des exploitations impliquées dans un processus d'innovation, plus que des exploitations représentatives d'une région, qui ont été sélectionnées. Chaque groupe est accompagné par un ingénieur réseau, ayant également une activité de conseil.

Le réseau de fermes pilotes est orienté suivant 3 axes :

- l'apprentissage de ces systèmes par les agriculteurs et les conseillers, la démonstration et la communication vers un public plus large,
- la production de références sur les performances des systèmes de cultures économes, leur pilotage et leur fonctionnement,
- l'observatoire de la transformation de systèmes dans des exploitations impliquées dans l'économie de l'utilisation des pesticides.

Ce dernier axe n'est pas présenté ici. Les deux autres sont développés dans les chapitres ci-dessous.

3.2. Les ressources pour l'apprentissage des systèmes économes par les agriculteurs et les conseillers

Afin que le suivi de ces fermes soit en mesure de produire des ressources pour une agriculture économe en pesticides, et son accompagnement par les conseillers, il est essentiel que l'on dispose de références sur sa gestion par les agriculteurs.

Partant des travaux récents de Le Gal et al. (2009), plutôt que d'étudier directement les résultats technico-économiques des cultures de l'assolement, la méthode proposée consiste à décrire le (ou les) système(s) de culture en mettant l'accent sur le modèle bio-décisionnel qui permet de le représenter. En effet, les modèles bio-physiques et bio-techniques de représentation des systèmes de culture sont des ressources d'un moindre intérêt pour ces acteurs. La démarche passe ainsi par la description du système de culture dans une version dite « **système de culture décisionnel** ».

Le système de culture décisionnel est finalisé sur **un ou plusieurs objectifs**. Aubertot et al. (2005) et Attoumani-Ronceux et al. (2010) ont proposé de représenter les relations entre les bioagresseurs et les cultures en distinguant les dégâts observés sur les cultures, les dommages de récolte, et les pertes économiques. Sur cette base, les ingénieurs réseau et les agriculteurs décrivent les objectifs agronomiques assignés au système de culture, et notamment les résultats attendus en matière de maîtrise des différents bioagresseurs qui concernent leurs cultures dans leur région : tolèrent-ils des dommages de récolte, et si oui lesquels ? Pour ce faire, quels sont les dégâts observables sur les cultures qui sont acceptés et quelles sont les limites que l'agriculteur ne souhaite pas dépasser ? Cette formalisation permet de définir les résultats attendus par l'agriculteur, et d'identifier autant d'indicateurs d'évaluation des résultats de leur modèle d'action (Sebillotte et al., 1988).

Le système de culture décisionnel est ensuite décrit par la **combinaison des techniques** mises en œuvre pour atteindre ces objectifs. La méthode propose d'identifier clairement trois catégories de décisions :

- la stratégie à l'échelle pluriannuelle de la succession des cultures de la parcelle, ou encore à l'échelle spatiale du territoire environnant la parcelle ;
- la stratégie de chaque itinéraire technique à l'échelle (annuelle le plus souvent) du cycle de chaque culture de production (et de l'interculture associée) ;
- les tactiques d'adaptation des décisions plus élémentaires à l'évolution de l'état de la parcelle, au contexte régional des pressions biotiques, du sol et du climat, etc... à travers l'explicitation de règles de décision (Meynard et al., 1996 ; Debaeke et al., 2009).

Enfin, pour les principaux bioagresseurs du système de culture, voire par famille de bioagresseurs, et en accord avec le guide STEPHY (Attoumani-Ronceux et al., 2010), la méthode passe par une description d'ensemble des moyens de lutte et de contrôle mis en œuvre pour atteindre les objectifs de maîtrise des bioagresseurs décrits ci-dessus (Figure 4).

A titre d'illustration, la Figure 5 décrit la version décisionnelle du principal système de culture d'une exploitation agricole du groupe de l'Eure, animé par Bertrand Omon de la Chambre d'agriculture de l'Eure.

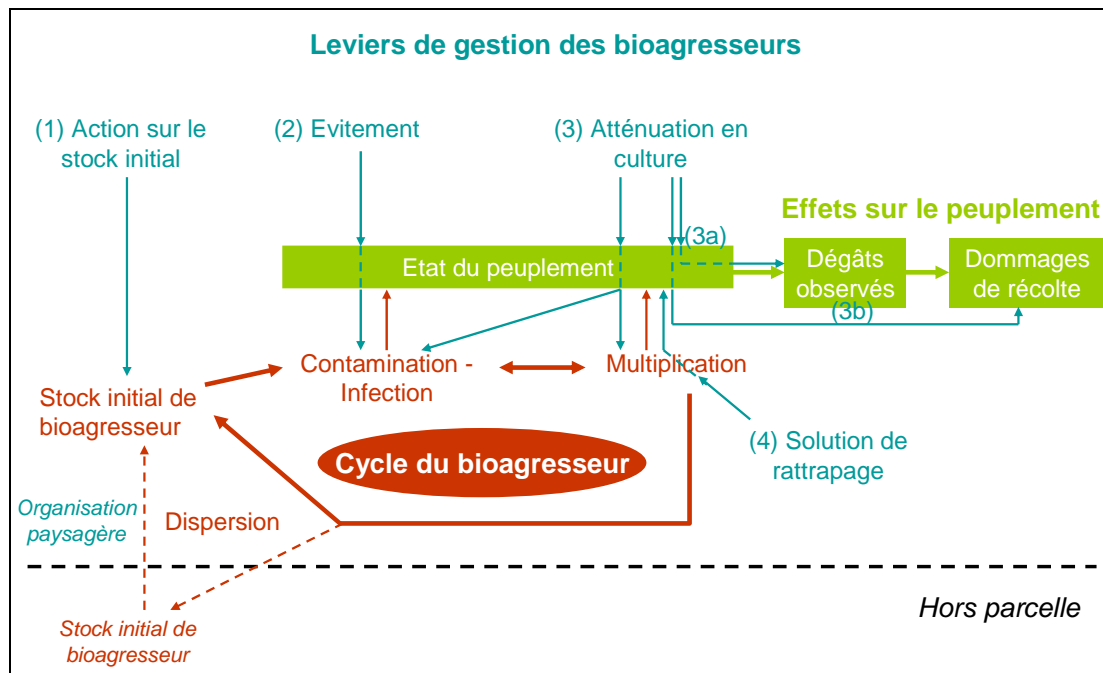


Figure 4 : Positionnement des différents leviers de gestion des bioagresseurs (Attoumani-Ronceux et al., 2010). Le terme « état du peuplement » comprend ici la structure de ce peuplement, sa densité et son stade de développement.

Pour constituer une véritable ressource pour l'apprentissage de ces systèmes économes par les conseillers et les agriculteurs, l'analyse des besoins qui a été réalisée dans le cadre du RMT SdCi a révélé que d'autres éléments étaient nécessaires pour répondre à leurs besoins :

- une description des **changements, des principes ou des solutions alternatives introduits**, par écart au système de culture de référence régional. En effet, l'approche décrite ci-dessus est aujourd'hui largement répandue ; aussi, la description par les changements introduits reste un repère important pour le monde de la « protection intégrée » ou des « systèmes intégrés » en France. Cette version permet d'aboutir à une description beaucoup plus rapide du système tant que les interlocuteurs ont en tête le système de culture régional courant auquel il est fait référence. Dans le cas contraire, cela suppose de décrire au préalable le système de référence, le tout resitué dans le contexte des exploitations et des régions dans lequel ils se situent actuellement ;
- une version dite « **système de culture pratiqué** ». Elle consiste à décrire le système sous la forme d'une suite d'interventions à laquelle conduit la mise en œuvre du système décisionnel dans un contexte donné. Il ne s'agit plus d'une description sous la forme de décisions, mais sous forme d'actions au champ, de pratiques concrètes : date, intrant, matériel, dose pour chaque intervention au champ par exemple. Cette version est utile pour alimenter les discussions inter-régionales sur la déclinaison d'un même système de culture dans des contextes différents ; par ailleurs, elle est généralement tout simplement indispensable pour caractériser les résultats des systèmes de culture avec les indicateurs disponibles, dans le cadre d'une évaluation multicritère par exemple ;
- enfin, pour faciliter la communication, comme pour gérer un référentiel de systèmes de culture, il est également important de parvenir à une description synthétique résumant les grands **traits** du système de culture.

Figure 5 : Description du système décisionnel d'un agriculteur de l'Eure dans un système de culture « intégré » avec 3 têtes de rotation dont un protéagineux (Prot. – Blé – Orge p.- Colza – Blé – Lin - Blé – Orge h.) dont l'objectif final est une marge équivalente à ses voisins avec un système économe en phytos et en énergie et résilient des points de vue agronomique et économique (B. Omon, communication personnelle)

Thématique	OBJECTIFS intermédiaires	Résultats atteindre	à STRATEGIES de GESTION pluriannuelles ou extraparcellaires	Cultures	TACTIQUES annuelles à l'échelle de la parcelle
Protection des cultures / maladies, insectes, limaces ...	Eviter les pertes économiques dues aux maladies et ravageurs, tout en tolérant des dommages de récolte limités, comme certains dégâts observés sur les cultures (symptômes)	<i>Un revenu élevé</i>	<i>Eviter de sélectionner une flore adventice de culture d'hiver par une alternance de cultures d'hiver (5) et de culture de printemps (3)</i>	Protéagineux	<ul style="list-style-type: none"> – <i>Un seul fongicide, appliqué si nécessaire</i> – <i>Des insecticides dont l'opportunité est soigneusement évaluée suivant l'état du peuplement</i> – <i>Herse étrille en post-levée en lutte physique</i>
	Eviter que les adventices n'entraînent de dommages de récolte en maîtrisant le salissement des parcelles	<i>Des rendements modérés :</i> <i>Blé 75-80 q/ha</i> <i>Op 45-55 q/ha</i> <i>Colza 32-38 q/ha</i> <i>Prot. 45-50 q/ha</i> <i>Lin 6 T/ha</i>	<i>Délai de retour d'au moins 2 ans pour le blé et de 8 ans pour les autres cultures, pour réduire l'inoculum de maladies</i>	Blé 1	<ul style="list-style-type: none"> – <i>Variété rustique / maladies</i> – <i>Semis tardif pour éviter les adventices automnales et atténuer les dommages dus aux maladies</i> – <i>Herse étrille en lutte physique</i> – <i>Fertilisation réduite pour éviter tout régulateur, et atténuer les dommages dus aux maladies</i> – <i>Un seul fongicide, appliqué si nécessaire</i>
Protection des cultures / adventices		<i>Pas plus d'une dose pleine d'herbicide par culture et par an en moyenne</i>	<i>Couvert d'automne ou faux semis avant les cultures de printemps et l'orge d'hiver pour réduire le stock semencier, tout en évitant l'usage du glyphosate</i>	Orge de P.	<ul style="list-style-type: none"> - <i>Date de semis un peu tardive, densité faible et fertilisation réduite pour atténuer la pression des maladies</i> - <i>Herse étrille en aveugle contre les adventices levées</i>
			<i>Couvert d'automne ou faux semis avant les cultures de printemps et l'orge d'hiver pour réduire le stock semencier, tout en évitant l'usage du glyphosate</i>	Colza d'H.	<ul style="list-style-type: none"> – <i>Semis précoce en rang serré pour étouffer les adventices, et esquiver le phoma</i> – <i>Herse étrille en lutte physique</i> – <i>Un seul fongicide pour protéger le colza du sclérotinia</i> – <i>Les dommages occasionnels dus aux ravageurs secondaires sont acceptés</i>
			<i>Déchaumage systématique pour la lutte physique contre les limaces</i>	Blé 2	<i>Idem Blé 1, avec fertilisation adaptée au précédent</i>
			<i>Favoriser la biodiversité et les auxiliaires avec des parcelles de 7 ha en moyenne, et pas plus</i>	Lin Oléa. ou fibre	<ul style="list-style-type: none"> – <i>Faible fertilisation azotée pour atténuer les dommages de l'oïdium</i> – <i>Recherche d'une croissance rapide pour atténuer les dommages dus aux ravageurs</i>
				Blé 3	<i>Idem Blé 1, avec fertilisation adaptée au précédent</i>
			Orge H.	<i>Variété rustique, date de semis tardive, densité faible et fertilisation réduite pour éviter tout régulateur, atténuer la pression des maladies, et éviter les adventices automnales</i>	

3.3. Les références sur les performances des systèmes économes pratiqués par des exploitations innovantes

Deux écueils sont à éviter pour l'évaluation des performances des systèmes économes : rester à l'échelle des cultures de l'assolement de l'exploitation pour chaque campagne, et s'enfermer dans une analyse de la conformité à des bonnes pratiques.

Ainsi, pour faciliter l'exploration de systèmes prometteurs, y compris les systèmes originaux par rapport aux bonnes pratiques, comme pour oser remettre en cause parfois les préconisations les plus courantes, l'analyse des performances proposée est réalisée à l'échelle pluriannuelle du système de culture, en portant sur les résultats des systèmes et non pas sur les moyens mis en œuvre.

Dans le réseau de fermes pilotes, chaque exploitation du réseau est décomposée suivant les différents systèmes de culture composant l'atelier « cultures » de l'exploitation, puis suivant les cultures successives dans chaque rotation. Cela impose d'aborder les cultures présentes dans différents systèmes ou plusieurs fois dans une même succession suivant ces différentes composantes. Cela suppose également une lecture de la variabilité des conduites et des résultats suivant les années et non en se limitant à l'analyse d'une seule campagne climatique (Lagaise, 2009). Peu de logiciels courants de gestion de parcelles le permettent effectivement pour le moment. Dans la mesure où les interventions ne sont pas systématiques, les enregistrements de parcelles au cours d'une campagne ne fournissent qu'une représentation des pratiques très conjoncturelle. C'est pourquoi, la description du système de culture pratiqué n'est pas une simple copie d'enregistrements de base disponibles. Il est à reconstituer à partir d'une explicitation du système de culture décisionnel par l'agriculteur, et d'une série d'allers et retours avec les enregistrements de plusieurs années successives (pour aboutir à des fréquences de mise en pratique d'une intervention, par exemple) dans le cadre d'une démarche compréhensive (Kaufmann, 1996) réalisée par l'agronome (chercheur ou conseiller).

Les résultats des systèmes de cultures sont de 5 catégories :

- les **performances agronomiques** décrivent les résultats obtenus au regard des résultats agronomiques attendus par l'agriculteur. Il s'agit notamment des résultats obtenus en matière de maîtrise des bioagresseurs suivant le triptyque dégâts-dommages-pertes, décrit plus haut (Attoumani-Ronceux et al., 2010). Il comprend aussi les résultats en matière de maîtrise des processus d'alimentation de cultures en nutriments et eau, de gestion des fertilités chimique, physique et biologique du sol, de la qualité de la production, etc...
- les **performances techniques** : les rendements produits et récoltés, la qualité des produits...
- les **performances économiques** : les marges, l'efficacité économique, l'autonomie, etc...
- les **performances environnementales** : les indicateurs de risque pour l'eau, l'air, le sol, le coût, le bilan et l'efficacité énergétique, la contribution à l'émission de gaz à effet de serre, etc...
- les **performances sociales** : la pénibilité du travail, la contribution à l'emploi, les risques sanitaires pour les applicateurs, etc...

Ces trois dernières catégories de performances, dites de durabilité, ont été explorées pour la construction de MASC, un outil d'évaluation multicritère spécialement adapté au cas des systèmes de culture en cultures arables (Sadok et al., 2009). Non seulement les moyens mis en œuvre, décrits dans le système pratiqué, sont clairement distingués des résultats, mais de plus les performances agronomiques et techniques sont assimilées à des résultats intermédiaires, afin de faire porter l'évaluation des systèmes de culture sur les performances de durabilité.

L'analyse des performances des systèmes de culture est réalisée par étape suivant la logique suivante :



L'analyse des performances de durabilité (économiques, environnementales et sociales) fait ensuite l'objet d'une caractérisation puis d'une évaluation multicritère (Reau et al., 2010), qui est réalisée suivant les mêmes modalités que l'évaluation *a priori* décrite par Messéan et al. (2010). Ceci rend ainsi possible une analyse comparative entre les résultats obtenus au champ en comparaison aux résultats attendus par un tel système de culture au cours de la phase de prototypage qui a permis de considérer ce système comme prometteur *a priori*.

L'ensemble de ces éléments aboutit à une description de chaque système de culture économe en pesticides testé et de ses résultats sur la base d'un document de synthèse unique comprenant 6 rubriques utiles à la constitution de ressources dans un référentiel comme à l'apprentissage de ces systèmes par les agriculteurs et les conseillers qui les accompagnent : **le contexte, le système régional de référence et les changements introduits, le système décisionnel, le système pratiqué, ses performances, les principaux traits du système (synthèse).**

Discussion et conclusion

Les ateliers de conception, mêlant conseillers et chercheurs de la recherche-développement, permettent de construire des systèmes de culture candidats puis d'identifier les plus prometteurs, qui sont parfois intégrés ensuite dans des dispositifs expérimentaux à la parcelle. Ils alimentent ainsi les protocoles expérimentaux, ce qui est leur objectif. De plus, ces ateliers jouent un rôle essentiel dans la confrontation et l'échange de savoir et de savoir-faire, et l'apprentissage de la conception de systèmes, ce qui encourage par exemple des acteurs régionaux à reproduire cette dynamique à l'échelon local en élargissant parfois ces ateliers aux agriculteurs.

Ces ateliers ont contribué au développement des expérimentations de test de systèmes de culture, et surtout à une relative homogénéité des systèmes de culture expérimentés, avec un réseau du RMT se centrant sur le test de systèmes basés sur des rotations relativement longues et diversifiées comprenant notamment une légumineuse, une alternance de labour et de "non labour", et des conduites économes en intrants. Malgré l'hétérogénéité des protocoles, cette convergence des systèmes de culture étudiés devrait favoriser la réalisation d'analyses transversales. Pour cela, il faudra certainement mettre au point des méthodes, en explorant par exemple les potentialités des méta-analyses.

Il y a souvent une certaine confusion entre ces expérimentations systèmes en parcelles et le test de systèmes en exploitation, notamment si l'on résume la différence entre les deux à la question d'une surface des parcelles élémentaires, de présence des différentes cultures de la succession, ou de nombre de répétitions présentes chaque année. Le cas de la Picardie montre que la différence essentielle réside moins dans le plan expérimental que dans la dynamique temporelle, avec d'un côté, un protocole qui prédéfinit le système décisionnel pour la durée pluriannuelle de l'expérimentation en constituant un cadre rigoureux pour le chef de culture de la station ou l'agriculteur qui se prête à l'expérimentation; et de l'autre un système décisionnel qui n'est pas stabilisé, et qui se transforme plus ou moins progressivement au gré des choix et des décisions stratégiques du chef d'exploitation, où le protocole de test précise l'objectif à atteindre tout en accordant des marges de manœuvre tant dans la trajectoire à suivre que dans le rythme des étapes.

Les expérimentations où les systèmes décisionnels sont stabilisés par le protocole initial sont indispensables, notamment pour explorer les effets cumulatifs à long terme mal connus, pour étudier les

systèmes en forte rupture qui apparaissent trop risqués dans le cadre d'une exploitation agricole, et la cas échéant rassurer les agriculteurs et les conseillers sur les conséquences à attendre d'un tel système.

Les fermes pilotes sont présentées avant tout comme un moyen de produire des références sur la faisabilité des conduites proposées. L'exemple présenté dans cet article montre comment ces tests permettent d'étudier la faisabilité de la conduite dite du "blé rustique" (Bouchard et al., 2008) basée notamment sur un retard de la date de semis, dans le cadre non pas d'un dispositif factoriel mais de l'ensemble de la sole de blé de l'exploitation. Il indique que, dans ces exploitations, les agriculteurs s'imposent une date limite pour finir le chantier de semis du blé, et qu'ils craignent qu'en retardant la date de semis des premiers blés (selon les préconisations de type "blé rustique") cela les conduise à dépasser la date limite de fin de chantier compte tenu des jours disponibles. Le retard des dates de semis est en effet un vrai point de blocage dans le développement des conduites de "blé rustique". La durée des chantiers de semis de blé apparaît comme un facteur limitant dans l'organisation de ces exploitations, ce qui peut expliquer l'engouement pour les techniques de travail simplifié qui permettent d'augmenter le débit de chantier de préparation de sol préalable au semis (Schmidt et al., 2010). Les fermes pilotes de Picardie de leur côté ont exploré avec succès une autre solution, à savoir la diminution de la sole de blé, avec l'abandon des blés de blé, qui a le double intérêt de réduire en intensité la pointe de travail tout en éliminant les successions blé/blé conduisant à des blés aux rendements plus faibles et plus exigeants en intrants. Au passage, ces résultats permettent d'améliorer le système de culture initial proposé en soulignant que la conduite du "blé rustique" n'est vraiment performante que dans le cadre d'une combinaison avec une sole de blé peu élevée, et en l'absence de blé/blé. Cet exemple montre également que ces tests en fermes sont en mesure de renseigner la faisabilité de l'organisation du travail pour l'ensemble de l'assolement de l'exploitation ou au moins à l'échelle de la sole représentant un système de culture homogène.

Enfin, en identifiant ce goulot d'étranglement du chantier des semis de blés dans les exploitations à assolement peu diversifié et dominé par le blé, ces tests contribuent à la connaissance des conditions de transformation des itinéraires du blé comme à l'apprentissage des agriculteurs et des conseillers. Ainsi, la réduction des pointes de travail de semis du blé apparaît comme un préalable à un recul du début de chantier de semis; ce qui conduit à préconiser de changer les successions des agriculteurs en éliminant les blés de blé, avant de procéder à un retard du démarrage des chantiers de semis.

Comme l'ont montré Béguin et al (2004), les tests en fermes pilotes par les agriculteurs jouent un rôle essentiel dans l'innovation dans la mesure où, en permettant la ré-invention des systèmes proposés, ils conduisent à améliorer ces conduites, comme à permettre l'apprentissage par les agriculteurs de ces systèmes, et aux conseillers d'identifier les points clés pour l'accompagnement dans le choix des trajectoires à privilégier pour réussir le développement de ces systèmes innovants.

Le réseau national de fermes pilotes économes en produits phytosanitaires en cours de test a été construit sur ces bases théoriques. Partant des acquis du Réseau d'Elevage pour le Conseil et la Prospective, le projet considère qu'il est possible de réaliser une analyse conjointe de la transformation des systèmes de culture dans ces fermes, d'une part, et des performances des systèmes de culture alors que ceux-ci ne sont pas stabilisés, d'autre part. Pour résoudre cette difficulté, les chercheurs du réseau de fermes pilotes s'appuieront sur les dernières nouveautés en matière de modélisation des systèmes de culture comme des statistiques de la méta-analyse.

Enfin, les dispositifs pluriannuels à la parcelle ou à l'exploitation permettent d'étudier de systèmes économes en herbicides, en régulateurs et en fongicides et performants. Par contre, pour la question des bioagresseurs mobiles comme certains insectes, il est clair que l'espace de la parcelle ou de l'exploitation n'est plus la bonne échelle pour étudier le système de culture. Afin de réaliser de tels tests, il est essentiel à l'avenir de mettre au point de nouveaux dispositifs sous la forme par exemple de sites ateliers permettant de tester des stratégies de gestion partagées par exemple entre différentes

exploitations contiguës sur un même territoire. De tels dispositifs doivent s'appuyer sur des recherches interdisciplinaires comme des collaborations entre métiers différents : conseillers, agronomes, ergonomes, modélisateurs, etc...

Remerciements

- à *Violaine Deytieux, Perrine Dumans, Nathalie Landé, Alexis de Marguerye, Jean-Marie Nolot, Alexis Tordeur, Christophe Vivier pour le chapitre 1,*
- à *Hubert Boizard et Sylvain Lheureux pour le chapitre 2,*
- à *Mélissa Dumas, Marc Moraine, Bertrand Omon, Roger Palazon, Andreas Seiler, pour le chapitre 3.*
Les projets évoqués ont été financés par l'Agence Nationale de la Recherche, le Compte d'affectation spéciale Développement Agricole et Rural, ou l'ONEMA.

Références

- Attoumani-Ronceux A., Aubertot J-N., Guichard L., Jouy L ;, Mischler P., Omon B., Petit M-S., Pleyber E. Reau R., Seiler A., 2010. Guide pratique pour la conception de systèmes de culture plus économes en produits phytosanitaires. Application aux systèmes de polyculture. Ministères chargés de l'agriculture et de l'environnement, RMT SdCi. A paraître.
- Aubertot J-N., Barbier J-M., Carpentier A., Gril J-J., Guichard L., Lucas P., Savary S., Voltz M., 2005, Pesticides, agriculture et environnement. Réduire l'utilisation des pesticides et limiter leurs impacts environnementaux, Rapport d'expertise scientifique collective, INRA et CEMAGREF.
- Béguin P., Cerf. M. 2004. Formes et enjeux de l'analyse de l'activité pour la conception de systèmes de travail. @ctivités, vol 1, 1, pp 54-71 <http://www.activites.org/v1n1/v1n1.pdf>.
- Bouchard C., Bernicot M-H., Félix I., Guérin O., Loyce C., Omon B., Rolland B., 2008. Associer des itinéraires techniques de niveaux d'intrants variés à des variétés rustiques : évaluation économique, environnementale et énergétique. Le courrier de l'environnement de l'INRA, 55, 53-77.
- Blazy J.M., Ozier-Lafontaine H., Doré T., Thomas A., Wéry J., 2009. A methodological framework that accounts for farm diversity in the prototyping of crop management systems. Application to banana-based systems in Guadeloupe. *Agricultural Systems* 101, 30-41.
- Debaeke P., Munier-Jolain N.M., Bertrand M., Guichard L., Nolot J.M., Faloya V., Saulas P., 2009. Iterative design and evaluation of rule-based cropping systems: methodology and case studies. A review. *Agronomy for Sustainable Development* 7, 235-250.
- Kaufmann J-C., 1996. L'entretien compréhensif. Ed. Nathan, Paris.
- Lagaise B., 2009. Elaboration d'un prototype de description de systèmes de culture innovants. Contribution à la création d'un référentiel de performances des systèmes de culture. Mémoire ESA, INRA, Angers, 162 p.
- Lançon J., Wery J., Rapidel B., Angokaye M., Gérardaux E., Gaborel C., Ballo D., Fadegnon B., 2007. An improved methodology for integrated crop management systems. *Agronomy for Sustainable Development* 27, 101-110.
- Le Gal P-Y., Mérot A., Moulin C-H., Navarrete M., Wéry J., 2009. A modelling framework to support farmers in designing agricultural production systems. *Environmental Modelling & Software* 25, 258–268.
- Loyce C, Wery J., 2006. Les outils des agronomes pour l'évaluation et la conception de systèmes de culture. In: Doré, T., Le Bail, M., Martin, P., Ney B., Roger-Estrade, J. (Eds), *L'agronomie aujourd'hui*, INRA, Paris, pp 77-95.
- Messéan A., Lô-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, xx-xxx.

- Meynard J-M., Reau R., Robert D., Saulas P. 1996. Evaluation expérimentale des itinéraires techniques. In *Expérimenter sur les conduites des cultures. Un nouveau savoir faire pour une agriculture en mutation*. Ministère de l'agriculture, Acta, Comité potentialités, pp 63-72.
- Meynard J-M., Doré T., Lucas P., 2003, "Agronomic approach: cropping systems and plant diseases", *Comptes Rendus Biologies*, 326, 37-46.
- Meynard J.M., Aggeri F., Coulon J.N., Habib R., Tillon J.P., 2006. Recherches sur la conception de systèmes agricoles innovants. Rapport du groupe de travail. INRA, Paris.
- Mischler P., Lheureux S., Dumoulin F., Menu P., Sené O., Hopquin j-P., Cariolle M., Reau R., Munier-Jolain N., Faloya V., Boizard H., Meynard J-M., 2009. En Picardie, 8 fermes de grande culture engagées en Production Intégrée réduisent fortement les pesticides sans baisse de marge. *Courrier de l'environnement de l'INRA*, 57, 73-91.
- Mischler P., Mélin A., 2010. Analyse de fin de parcours de 8 fermes pilotes en systèmes de culture intégrés. *Agro-Transfert*.
- Mohr C., Steinmann HH., 2003. Umsetzung und Akzeptanz Integrierter Ackerbausysteme in Praxis und Beratung. pp97-115 In: *Integrierte Ackerbausysteme in Versuch und Praxis, Ergebnisse aus dem Göttinger INTEX-Projekt und seinem Demonstrationfläschen*. Editions « Mecke Druck und Verlag ».
- Mousset J., 1996. Classeur conseil en agro-équipement dans les exploitations de grandes cultures. 388 p.
- Reau R., Landé N., 2006. Evaluation a priori de systèmes de cultures innovants conçus par des experts et adaptés à des contextes régionaux. Rapport final de l'action 1. Projet ADAR « systèmes de culture innovants », CETIOM, Paris.
- Reau R., Doré T., (Eds.) 2008. Systèmes de culture innovants et durables : quelles méthodes pour les mettre au point et les évaluer ? *Educagri*, Dijon.
- Reau R., 2009. Conception d'un réseau d'acquisition de références et d'un réseau d'information. *Ecophyto R&D. Vers des systèmes de culture économes en produits phytosanitaires*. Ed. INRA, t. VIII, 100 pages.
- Reau R., Angevin F., Bergez J-E., Blouin M., Bockstaller C., Doré T., Guichard L., Landé, N., Messéan A., Munier-Jolain N., Petit M-S., 2010. A methodology for prototyping sustainable cropping systems based on a combination of design process and multicriteria assessment. *Soumis à Agricultural Systems (AGSY 10-S-00056)*, à paraître.
- Sadok W, Angevin F, Bergez J, Bockstaller C., Colomb B., Guichard L., Reau R., Messéan A., Doré T., 2009. MASC, a qualitative multi-attribute decision model for ex ante assessment of the sustainability of cropping systems. *Agron. Sustain. Dev.*, 29, 447–461.
- Schmidt A., Guichard L., Reau R., 2010. Un colza très dépendant des pesticides dans les rotations courtes sans labour. *Agreste*, à paraître.
- Schneider A., Ballot R., Carrouée B., Berrodier M, 2009. Rentabilité des protéagineux dans la rotation. Quelle valeur économique pour l'effet du précédent. *Perspectives agricoles*, 360, 6-11.
- Sebillotte M., Soler L-G., 1988. Le concept de modèle général et la compréhension du comportement de l'agriculteur. *C.R. Acad. Agric. Fr.*, 74, 59-70.
- Viaux P., 1999, Une 3ème voie en grandes cultures. *Environnement, Qualité, Rentabilité*, Editions Agridécisions, 207 p.