



HAL
open science

Evaluer en exploitation agricole les effets environnementaux, économiques et sociaux des pratiques visant une réduction d'usage des pesticides

C Leclercq, Christian C. Bockstaller, M Cariolle, M-B Galan, Laurence
Guichard, A Morin, L Royer, C Surleau-Chambenoit

► To cite this version:

C Leclercq, Christian C. Bockstaller, M Cariolle, M-B Galan, Laurence Guichard, et al.. Evaluer en exploitation agricole les effets environnementaux, économiques et sociaux des pratiques visant une réduction d'usage des pesticides. *Innovations Agronomiques*, 2013, 31, pp.75-90. 10.17180/hv9n-2971 . hal-01173285

HAL Id: hal-01173285

<https://hal.science/hal-01173285v1>

Submitted on 28 May 2020

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

Evaluer en exploitation agricole les effets environnementaux, économiques et sociaux des pratiques visant une réduction d'usage des pesticides

Leclercq C.¹, Dupriez M.¹, Bockstaller C.², Cariolle M.³, Galan M-B.⁴, Guichard L.⁵, Morin A.⁶, Royer L.⁷, Surleau-Chambenoit C.⁶

¹ Institut Polytechnique Lasalle Beauvais

² UMR Agronomie Environnement, INRA-Université de Lorraine Nancy Colmar

³ ITB

⁴ Ambre développement

⁵ UMR Agronomie, INRA-AgroParisTech, Grignon

⁶ Agro-Transfert Ressources et Territoires

⁷ Chambre d'Agriculture de Seine-et-Marne

Correspondance : christine.leclercq@lasalle-beauvais.fr

Résumé

Les effets -environnementaux, économiques et sociaux- potentiels de chaque pratique mobilisable pour réduire l'usage des pesticides en systèmes de grande culture sont inventoriés et un/des indicateur(s) proposé(s) pour évaluer chaque effet. Une méthode de caractérisation simple et rapide des combinaisons de pratiques ou stratégies de réduction d'usage est appliquée aux systèmes de culture de neuf exploitations de Seine-et-Marne engagées dans la réduction d'usage des pesticides. Les trajectoires de systèmes de culture sont décrites et comparées aux évolutions des indicateurs. Il apparaît que de multiples combinaisons de pratiques sont mobilisées par les agriculteurs pour réduire l'usage des produits phytosanitaires. D'autre part, tous les «effets» attendus, notamment en matière environnementale, ne sont pas clairement mis en évidence.

Mots-clés : changement de pratiques, évaluation agri-environnementale, indicateur, pesticides, système de culture

Abstract: Assessing, in farms, side-effects of practices aimed at reducing pesticides use

The present context encourages farmers to adopt strategies reducing the use of pesticides. This study, in line with the PLAGÉ project (agricultural and environmental evaluation), aims at determining the impacts of reducing pesticides on cropping systems or farms sustainability. The potential effects of all the techniques contributing to reduction of pesticides are identified and indicators proposed to assess those effects. A specific method describing reduction strategy is applied to nine farms of Seine-et-Marne. Cropping systems paths and indicators changes are compared. It shows many different strategies but all the expected effects do not clearly appear particularly environmental effects. Therefore, such on farm evaluation has to be carried on and extended to other cropping systems and levels.

Keywords: technical evolutions, agro-environmental assessment, indicator, pesticides, cropping system

Introduction

Les objectifs de réduction de l'usage des produits phytosanitaires du plan Ecophyto (exprimés en termes d'Indices de Fréquence de Traitement - IFT) nécessitent, l'acquisition de connaissances et des innovations pour favoriser l'évolution des pratiques exigée par ce plan (expertise Ecophyto R&D).

Or, agriculteurs et conseillers notamment s'interrogent sur l'efficacité, les risques techniques et économiques des pratiques mobilisables à cette fin. Dans la perspective de la durabilité, se pose aussi la question de l'éventualité d'impacts environnementaux néfastes. Lever les freins à l'évolution des pratiques et permettre un choix éclairé suppose donc de produire des références sur les effets induits par ces évolutions sur les différentes dimensions de la durabilité, en particulier aux échelles du système de culture (SdC) et de l'exploitation agricole.

Depuis une quinzaine d'années, des expérimentations systèmes sont menées en France et font l'objet d'une évaluation multicritère (essai La Cage à Versailles, essai Protection Intégrée d'Epoisses ...). Elles sont fédérées dans le réseau expérimental du RMT SdCI afin, notamment, de capitaliser leurs résultats et de produire des références (Deytieux, 2012). Des résultats issus de groupes d'agriculteurs engagés dans une démarche de production intégrée ont été diffusés, par exemple dans le guide de la démarche STEPHY (Attoumani *et al.*, 2011). Le réseau FERME 2010 d'Ecophyto 2018 a produit de premiers résultats (Petit *et al.*, 2012).

Faisant suite au projet PLAGE 1 (Galan *et al.*, 2012), PLAGE 2 (Surleau-Chambenoit *et al.*, 2013) dispose :

- d'un pool de compétences sur l'évaluation agri-environnementale et de durabilité
- d'une plate-forme web de mise à disposition d'outils et d'indicateurs d'évaluation

D'autre part, les partenaires de PLAGE 2¹, eux-mêmes acteurs de l'évaluation environnementale, disposent de données sur les pratiques et de résultats de diagnostics agri-environnementaux acquis, notamment dans des exploitations de grande culture en Seine-et-Marne.

Les partenaires de PLAGE 2 ont proposé de mobiliser ces ressources dans le cadre du plan Ecophyto² pour contribuer à l'évaluation des effets économiques, sociaux et environnementaux induits, dans les exploitations agricoles, par les pratiques visant la réduction des IFT.

Ces pratiques étant mises en œuvre dans les exploitations agricoles sous forme d'ensembles cohérents, ils'agit d'observer les effets de ces combinaisons de pratiques, ici appelées « stratégies ». En outre, en l'absence de témoin, l'évaluation se fait par comparaison des performances entre le début de la démarche de réduction des IFT et une date suffisamment éloignée pour que la démarche soit effectivement mise en œuvre et ses premiers effets perceptibles. Pour maximiser cette durée, on choisit l'année comme unité de temps, ce qui implique, pour saisir les effets de modifications de rotations, de les mesurer, lorsque cela est possible et pertinent, sur « l'ensemble des parcelles rattachées à un même système de culture constituant la sole de ce système » (Petit *et al.*, 2012).

En outre, d'autres modifications que celles des pratiques considérées peuvent se produire entre les deux dates choisies : les évolutions observées des indicateurs d'effets ne peuvent être de façon absolue attribuées aux seules évolutions des stratégies. Aussi, afin de réduire le risque de confusion d'effets, nous comparons les évolutions des indicateurs à même évolution de stratégie et même évolution de SdC restreint, par commodité, à la rotation.

¹AgroTransfert Ressources et Territoires, Ambre Développement, Chambres Régionales d'Agriculture de Bretagne, de Picardie et de Poitou-Charentes, Chambre d'Agriculture de l'Aisne, de Charente Maritime et de Seine-et-Marne, Institut Technique de la Betterave, Institut de l'Élevage, ACTA, INRA, CIRAD, Envilys, Institut Polytechnique LaSalle Beauvais

² Action 3.2 de PLAGE 2

Il s'agit donc de tester les relations entre, d'une part, les évolutions de stratégies et de rotations et, d'autre part, les évolutions d'indicateurs économiques, sociaux et environnementaux, à l'échelle de la sole du SdC ou de l'exploitation agricole et de l'année, à évolution de rotation comparable. Cela implique de i) caractériser les évolutions de stratégie (et de rotation), ii) évaluer les évolutions des indicateurs. Cet article présente brièvement la démarche d'identification des effets potentiels puis expose les choix méthodologiques concernant indicateurs, échantillonnage et caractérisation des stratégies avant d'examiner la diversité des stratégies et les principales évolutions des indicateurs observées. Enfin, des atouts et limites des choix méthodologiques et des résultats, il dégage enseignements et perspectives pour assurer une évaluation *ex-post* pertinente des effets induits par les changements de pratiques visant la réduction des IFT.

1. Effets potentiels

Les effets potentiels résultant de la réduction des IFT ou « effets secondaires », communs à toutes les pratiques visant cet objectif sont distingués des « effets collatéraux » (Figure 1).

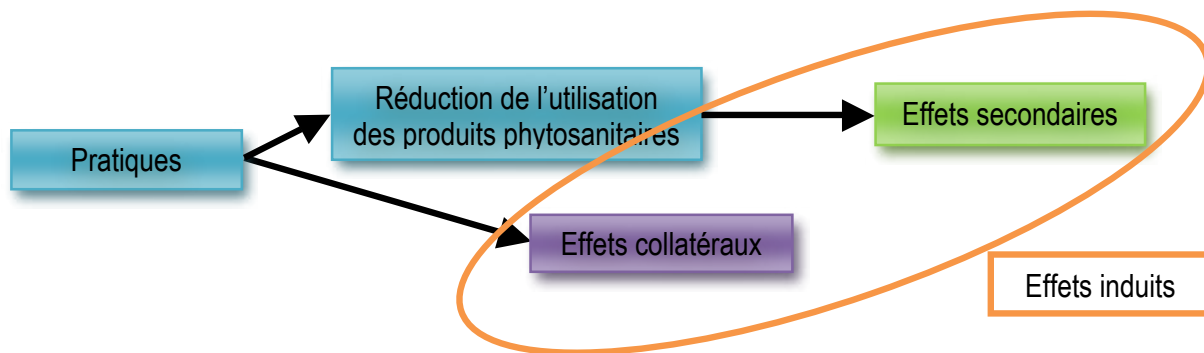


Figure 1 : Effets secondaires et collatéraux

Le choix des indicateurs suppose l'identification des effets potentiels des évolutions de stratégie. Dans ce but, nous avons donc adopté la démarche suivante :

- inventaire des pratiques mobilisables en vue de la réduction des IFT en systèmes de polyculture,
- classement de ces pratiques selon la typologie ESR proposée par Hill et MacRae (Ricci *et al.*, 2011) soit 14 pratiques d'Efficiency (optimisation des traitements phytosanitaires), 6 de Substitution (utilisation de méthodes alternatives) ou 11 de Reconception (nouvelle définition du système de culture pour limiter la pression des bio-agresseurs)
- identification des effets potentiels de chaque pratique aux échelles SDC et exploitation voire territoire ou filière en termes de sens de variation (dans certains cas, néanmoins, le sens de variation reste incertain).

Cet inventaire permet de :

- mettre en évidence l'existence d'effets « collatéraux » communs à plusieurs pratiques (ou antagonistes).
- disposer d'un jeu d'hypothèses élémentaires pour identifier les effets de toute combinaison de pratiques (« stratégie ») en postulant qu'ils résultent de la combinaison des effets de chaque pratique mise en œuvre.
- établir une liste d'indicateurs pertinents à mobiliser pour estimer ces effets (caractérisés par leur échelle, les données d'entrée, les sources d'information) pour chaque pratique et pour chaque effet potentiel.

Tableau 1 : Indicateurs retenus

Indicateurs d'effets sociaux	Outil	Echelle spatiale	Source	
Charge de travail				
▮ Temps de travail		Culture*EA	Enquête agriculteur	Qualitatif
▮ Temps d'observation		Culture*EA	Enquête agriculteur	Qualitatif
▮ Temps de traitement		Culture*EA	Enquête agriculteur	Qualitatif
▮ Temps de réglage		EA	Enquête agriculteur	Qualitatif
▮ Temps de formation		EA	Enquête agriculteur	Qualitatif
▮ Satisfaction par rapport à la charge de travail		EA	Enquête agriculteur	Qualitatif
Satisfaction par rapport à la démarche MAE		EA	Enquête agriculteur	Qualitatif
▮ Nb de semaines de surcharge	DAESE	EA	Enquête agriculteur	Qualitatif
▮ % SAU affectée par des retards de travaux		EA	Enquête agriculteur	Qualitatif
Santé				
▮ Nb de bidons ouverts		EA	Enquête agriculteur	Qualitatif
▮ IFT total		SdC	MAE	Quantitatif
▮ TOX : IFT des produits classés T, T+ et Xn	CRITER	SdC	MAE + EPHY	Quantitatif
Indicateurs d'effets économiques		Echelle	Source retenue	
▮ Charges opérationnelles phytosanitaires	STEPHY	EA	Enquête agriculteur	Quantitatif
▮ Charges opérationnelles engrais azotés		EA	Enquête agriculteur	Quantitatif
▮ Doses engrais azotés		Culture*SdC	MAE	Quantitatif
▮ Charges opérationnelles semences	STEPHY	EA	Enquête agriculteur	Quantitatif
▮ Charges de mécanisation et de main d'œuvre	STEPHY	SdC	Enquête agriculteur	Quantitatif
Investissement matériel		EA	Enquête agriculteur	Qualitatif
▮ Rendement		Culture*SdC	MAE	Quantitatif
Indicateurs d'effets environnementaux		Echelle	Source retenue	
Consommation de ressources				
▮ Volume d'eau consommé	DAE-G	EA	DAEG + enquête agri.	Qualitatif
Consommation de carburants	EGES	SdC	MAE + Enquête agri.	Quantitatif
Effet de serre				
Emissions de GES	EGES	SdC	MAE + Enquête agri.	Quantitatif
Pollution par les phytosanitaires				
▮ IFT		SdC	MAE	Quantitatif
▮ IFT herbicide		SdC	MAE	Quantitatif
▮ Pollution diffuse profondeur (EΦ3)	DAE-G	Parcelle	DAEG + MAE	Qualitatif
▮ Pollution diffuse surface (EΦ8)	DAE-G	Parcelle	DAEG + MAE	Qualitatif
▮ Stockage phytosanitaires (EPD 5)	DAE-G	EA	DAEG	Qualitatif
▮ Manipulation phyto : préparation (EPD 6)	DAE-G	EA	DAEG	Qualitatif
▮ Manipulation phyto : rinçage (EPD 7)	DAE-G	EA	DAEG	Qualitatif
Déchets				
▮ Production de déchets : nb de bidons vides		EA	Enquête agriculteur	Qualitatif
Pollution des eaux par les nitrates				
▮ EPN7 agrégés SdC		Parcelle*SdC	DAEG + MAE	Qualitatif
Structure du sol				
▮ Nb de passages de pulvérisateur		SdC	MAE	Quantitatif
▮ Nb de passages mécaniques		SdC	Enquête agriculteur	Quantitatif
▮ Nb de passages régulateur		SdC	MAE	Quantitatif
Biodiversité				
▮ Biodiversité domestique végétale (BIO5 et IDIV)	DAE-G - Indigo	Ensemble parcelles MAE	MAE	Qualitatif
▮ Nb d'espèces par succession		SdC	Enquête agriculteur	Quantitatif
▮ Nb d'espèces/Nb d'années succession		SdC	Enquête agriculteur	Quantitatif
▮ Note de salissement et nature des adventices		Parcelle*SdC	Enquête agriculteur	Qualitatif
Nature et sens de variation de la biodiversité sauvage		EA	Enquête agriculteur	Qualitatif
▮ Biodiversité sauvage (BIO 11)	DAE-G	EA	DAEG + MAE	Qualitatif

▮ = variation (augmentation, diminution, sens de variation indéterminé ou variation nulle) ; * + Barème Entraide

2. Choix méthodologiques

2.1 Indicateurs

Le Tableau 1 présente les effets indicateurs retenus. Les effets sont évalués en termes de sens de variation :

- soit à partir de la différence entre la valeur finale et la valeur initiale d'un indicateur calculé à partir des documents disponibles ou renseigné à dire d'agriculteur)
- soit par un indicateur de variation directement estimé par l'agriculteur

Les indicateurs à l'échelle du système de culture (sole du SdC*année) sont privilégiés, les indicateurs aux échelles de la sole concernée par les évolutions de pratiques ou de l'exploitation n'étant retenus que s'il n'est pas possible de les calculer à une échelle plus fine. Les indicateurs sont également sélectionnés en fonction de la proximité par rapport à la variable d'effet dans la chaîne causale (Bockstaller *et al.* 2012), l'intensité attendue de l'effet, la faisabilité de la collecte des données et du calcul de l'indicateur. Le nombre d'outils à mettre en œuvre est volontairement limité : les indicateurs sont issus d'outils présents sur la plate-forme d'évaluation agri-environnementale PLAGE (DAEG, INDIGO, CRITER, DAESE, EGES, calculateur STEPHY) ou encore sont élaborés spécialement (indicateurs simples).

2.2 Effectifs et échantillonnage des exploitations – collecte des données

Soumis à une forte pression sur l'eau potable, le département de Seine-et-Marne, a engagé un Plan départemental de l'eau comprenant des mesures agro-environnementales territorialisées à enjeu eau (MAE Eau) sous condition d'un diagnostic agri-environnemental de l'exploitation à l'aide de l'outil DAE-G (Ossard *et al.*, 2009) et selon deux modalités :

- Modalité dite « socle », proposée jusqu'en 2009 seulement, visant une réduction de 50% de l'IFT hors herbicide à 5ans
- Modalité dite « renforcée », visant une réduction de 50% de l'IFT hors herbicides et de 40% de l'IFT herbicides à 5 ans

Neuf exploitations de Seine-et-Marne, en grandes cultures ou à dominante de grandes cultures, engagés dans une MAE Eau depuis 2007 ou 2008 et présentant des évolutions de stratégies de réduction *a priori* différentes (E, S, R sans ou avec introduction de nouvelles cultures et « IFT historiquement faibles ») sont retenues.

Ces exploitations diffèrent également par le type d'engagement et la surface en MAE (Figure 2)

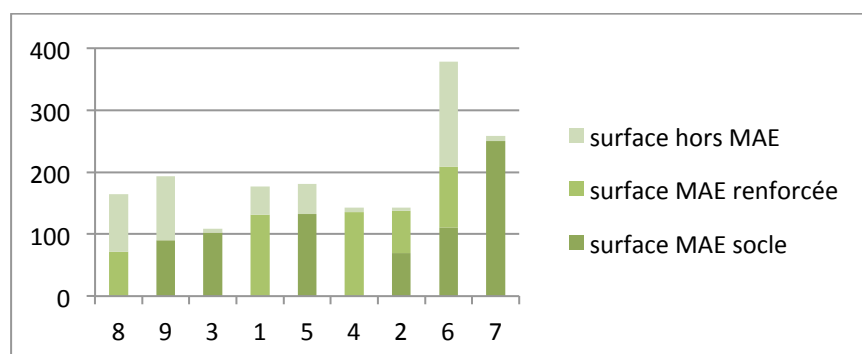


Figure 2 : Surface engagée et type d'engagement par exploitation

Sept exploitations sont spécialisées en grandes cultures, une mène également une activité de pension de chevaux (n°1) et la dernière possède un atelier d'élevage porcin (n°2).

2.3 Collecte des données

Une enquête complémentaire est menée dans chaque exploitation pour :

- valider la surface de chaque SdC identifié sur la base des données de suivi annuel des MAE,
- acquérir des informations sur le travail du sol, le désherbage mécanique, les dates de récolte, les pratiques ayant un impact sur les IFT
- collecte des données d'entrée des indicateurs d'effets, notamment pour certains indicateurs du DAEG en fin de période (2011)
- tester certaines relations « évolution de pratiques/ effet » à dire d'agriculteurs (pour des indicateurs sensibles à de nombreux facteurs tels que rendement et charge de travail)

2.4 Caractérisation de l'évolution des stratégies

La stratégie (initiale ou finale) de chaque exploitation est représentée, sur la base de la typologie de pratiques proposée par Hill et MacRae (Ricci *et al.*, 2011), par une combinaison des 3 lettres ESR dont la police de caractère indique si le type de pratiques est peu mis en œuvre (minuscule) ou largement utilisé (majuscule). Ainsi, une stratégie ayant recours à de nombreuses pratiques d'efficience mais appliquant peu de pratiques de substitution et de reconception sera noté « Esr ». Sur la base de ce principe, la classification dont les seuils sont ajustés aux stratégies rencontrées, est décrite dans le tableau 2.

Tableau 2 : Critères de classification des stratégies (Dupriez, 2012)

Critères de classification des stratégies			
Catégorie efficience	e	<i>Peu de pratiques d'efficience</i>	moins de 8/13 pratiques d'efficience et moins de 2/5 pratiques d'optimisation de la pulvérisation
	E	<i>Beaucoup de pratiques d'efficience</i>	plus de 8/13 pratiques d'efficience et plus de 3/5 pratiques d'optimisation de la pulvérisation *
Catégorie substitution	s	<i>Peu de pratiques de substitution</i>	pas de désherbage mécanique
	S	<i>Beaucoup de pratiques de substitution</i>	plus de 2/3 pratiques de substitution et désherbage mécanique
Catégorie reconception	r	<i>Peu de pratiques de reconception</i>	moins de 4/6 pratiques de modification du semis et pas de diversification de la rotation
	R	<i>Beaucoup de pratiques de reconception</i>	plus de 5/6 pratiques de modification du semis et/ou diversification de la rotation

* Cas particulier : moins de 3/5 pratiques d'optimisation de la pulvérisation mais 10/13 pratiques d'efficience

L'application de cette grille aux stratégies adoptées à l'échelle de chaque SdC montre qu'elles correspondent, à quelques pratiques près, à la stratégie de l'exploitation.

3. Résultats

3.1 Diversité des évolutions

3.1.1 Des évolutions variées de l'assolement et des rotations

La comparaison des assolement de l'ensemble des parcelles MAE des exploitations enquêtées pour l'année précédant la signature du contrat MAE Eau et pour l'année 2012 fait apparaître les évolutions suivantes :

- dans les exploitations n°1 et n°3, le nombre de cultures est stable bien que la nature des cultures ait changé (remplacement du pois de printemps par du maïs par exemple)
- un second groupe d'exploitations (n°2, n°4, n°6 et n°8), qui ont souscrit une MAE renforcée, présente une réduction du nombre de cultures, notamment due à l'abandon de cultures à forts IFT insecticides (colza et féverole de printemps) ou, à leur transfert sur le secteur hors MAE de l'exploitation. Cependant, c'est en partie dans ce groupe d'exploitations qu'a été introduit le tournesol (n°2 et n°8).
- enfin, un dernier groupe d'exploitations (en MAE socle) connaît une augmentation du nombre de cultures sur les surfaces MAE essentiellement avec l'introduction de cultures de printemps (maïs, tournesol, orge, etc.) et de cultures fourragères légumineuses (trèfle, sainfoin).

On note une grande diversité de rotations initiales (13) et finales (17), de différents types (Figure 3).

Type de rotation	Notation abrégée
Tête de rotation – Blé – Orge de printemps	3 x
Tête de rotation – Blé – Blé	3 x'
Tête de rotation – Orge de printemps – Blé	3 y
Tête de rotation – Blé – Blé – Orge de printemps	4 x
Tête de rotation 1 – Blé – Tête de rotation 2 - Blé	2 x
BS– Blé – Maïs grain ou Tournesol – Blé – Blé – Orge de printemps	6 x

Figure 3: Types de rotation observés

On observe enfin 9 rotations stables, 10 évolutions de rotation avec substitution de cultures, 4 avec variation de la longueur (tableau 3)

3.1.2 ...et des évolutions de stratégies très diverses

L'application des critères de classification des stratégies définis précédemment fait apparaître différentes évolutions de stratégie (Tableau 3).

Au début de l'engagement MAE Eau, on distingue deux types de stratégies. Cinq exploitations appliquent un petit nombre de pratiques de chacune des catégories E, S et R, les autres sont déjà avancées dans l'optimisation des traitements avec une stratégie de départ Esr.

En fin de contrat MAE, les situations sont plus diversifiées (5 types de stratégie), de même que les évolutions qui y ont conduit (7 types d'évolution différents). Près de la moitié des exploitations ont adopté une stratégie « ESR » dont 2 exploitations choisies *a priori* comme exemples d'évolution de stratégie dominante « S ». Une exploitation supposée initialement avoir évolué vers « S » s'avère avoir opté pour une stratégie « EsR » et donc avoir introduit peu de pratiques classées « S ». Si on considère un degré de rupture croissant de E à S et de S à R (Moraine *et al.*, 2011), on remarque que la méthode

de caractérisation met en évidence des évolutions non perçues par les conseillers sollicités pour constituer l'échantillon, notamment l'adoption de pratiques de Reconception.

Tableau 3 : Nature et représentativité des trajectoires observées et retenues (en % de la surface en MAE des 9 exploitations) en fonction des évolutions de stratégie et de rotation (d'après Dupriez, 2012)

	Exploitation	n° 2	n° 1	n° 3	n° 6	n° 8	n° 7	n° 9	n° 4	n° 5
	Stratégie départ	esr					Esr			
	Stratégie finale	esr	Esr	ESr	ESR		EsR	ESr	ESR	
Evolution de la rotation ^a	Numéro de l'évolution								Introduction de nouvelles cultures	
2x stables	6		3,93%							
	7			8,97%	1,40%					
	8		4,67%				12,11%			
	12		2,80%				3,39%			
	14				1,19%					
2x -> 2x ^b	9									1,53%
	10									3,36%
	11									6,94%
	16				9,09%					
	19					2,40%				
2x -> 3x/3y	15				3,91%					
	17					2,80%				
	18					1,70%				
3x/3x' stables	2	4,14%						1,53%		
	13				1,15%					
	4							3,95%		
3x -> 3x ^{bet} 3x' -> 3x	1	1,37%			1,60%					
	3							2,68%		
3x -> 4x	23								1,54%	
4x -> 4x ^b	5						2,76%			
	20								1,05%	
6x stable	21								6,94%	
6x -> 6x ^b	22								1,13%	

^a voir Figure 3 ; ^b avec substitution de culture

3.1.3 ...d'où une multiplicité de trajectoires

Les 23 évolutions de rotation combinées aux 7 évolutions de stratégie représentent **28 trajectoires** (surfaces de 12 à 134 ha) dont 13 ont été retenues sur les critères suivants (surface supérieure à 5 %, possibilité de comparaison d'évolutions de stratégie à même type d'évolution de rotation ou de

comparaison d'évolutions de rotation à même évolution de stratégie) ou cas particulier (suppression du blé sur blé ou variation de la structure de la rotation) (Tableau 3)

3.2 « Effets » des évolutions de stratégies

3.2.1 Evolution des IFT conforme au type de MAE souscrit

Avec des IFT hors herbicides de départ variant de 1,05 à 3,93 et des IFT herbicides de 0,97 à 2,58 (Figure **Erreur ! Source du renvoi introuvable.4**), les situations initiales apparaissent diverses. Au contraire, les IFT finaux, présentées dans la Figure 5, sont plus homogènes. Les soles en MAE socle (en violet sur les graphiques) ont, comme prévu, évolué dans le sens d'une réduction des IFT hors herbicides, avec un IFT hors herbicides final compris entre 0,56 et 1,82 et des IFT herbicides ayant assez peu varié. Les soles en MAE renforcée (en vert clair sur les graphiques) ont connu une réduction simultanée des IFT herbicides et hors herbicides. Les IFT finaux sont compris entre 0,11 et 2,04 pour les hors herbicides et entre 0,83 et 1,21 pour les herbicides.

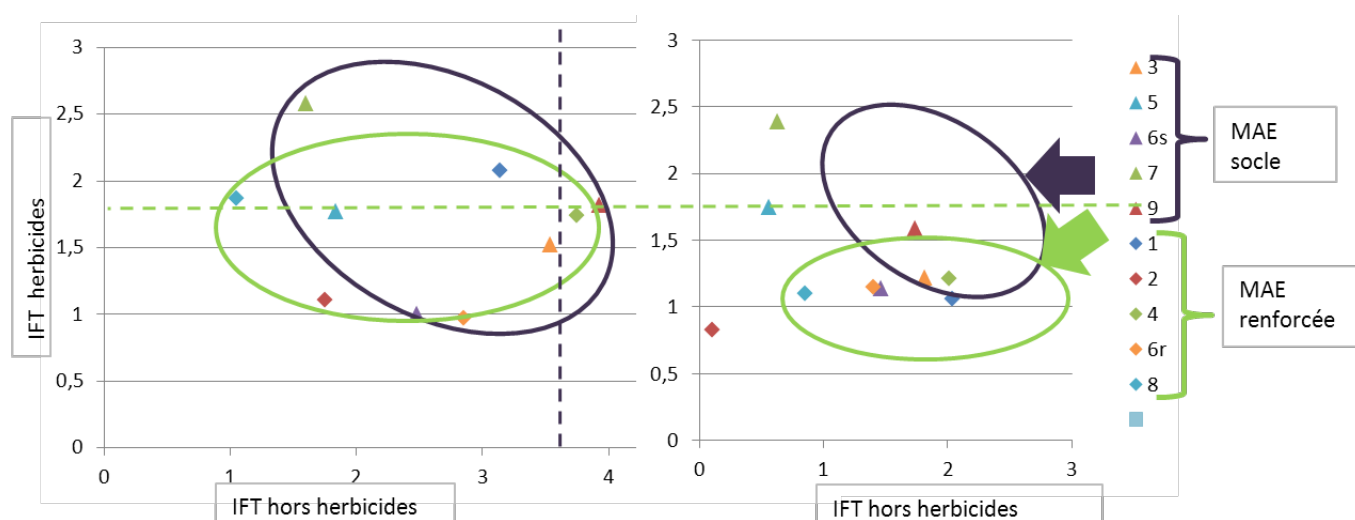


Figure 4 : IFT herbicides et IFT hors herbicides
Situation initiale

Figure 5 : IFT herbicides et IFT hors herbicides
Situation finale

Notons que l'échantillon ne permet pas de mettre en évidence de relation entre trajectoire et évolution de l'IFT comme dans la phase test du réseau FERME (Moraine *et al.*, 2011). Notamment, l'exploitation à IFT « historiquement faible » est restée en stratégie « esr » et a néanmoins en poursuivi sa baisse des IFT par l'introduction de quelques pratiques de chaque type (traitements limités aux foyers d'infestation, acceptation d'un certain niveau de salissement, variétés rustiques résistantes ou tolérantes, décalage des dates de semis et alternance de cultures de printemps et d'automne).

3.2.2 « Effets secondaires » : des indicateurs en baisse ou stables

A l'exception de l'IFT herbicide, des besoins en eau de l'exploitation et des charges phytosanitaires qui ont augmenté dans quelques cas, les indicateurs d'effets secondaires - c'est-à-dire consécutifs à la réduction d'usage - connaissent, dans la très grande majorité des trajectoires, la baisse attendue ou au moins une stabilité (Figure 6). Toutefois, les indicateurs utilisés ne permettent pas de mettre en évidence de diminution des risques de pollutions ponctuelles ou diffuses ni l'exposition de l'agriculteur.

On observe aussi que pour trois trajectoires en MAE socle, la réduction de l'IFT hors herbicides s'est accompagnée d'une réduction de l'IFT herbicides.

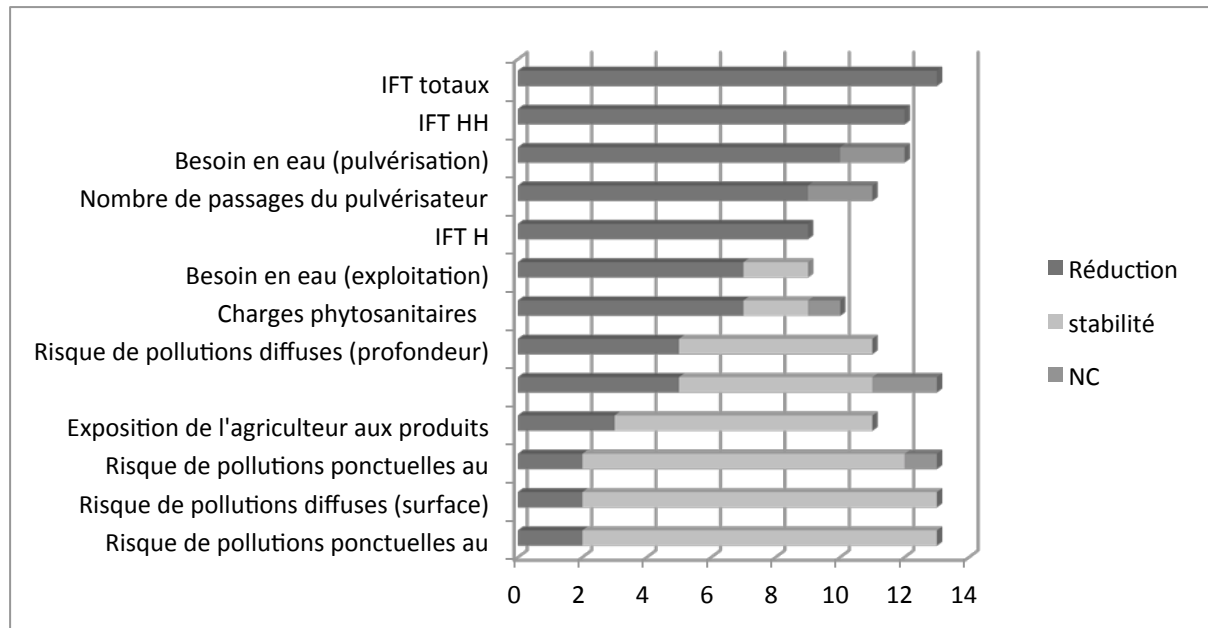


Figure 6 : Evolution des indicateurs d'effets secondaires(en nombre de trajectoires)

3.2.3 Effets collatéraux

Différentes pratiques peuvent avoir des effets collatéraux communs ou antagonistes. Nous postulons que les effets de leur combinaison en stratégies résultent de la combinaison de leurs effets élémentaires et pouvons ainsi formuler pour chaque stratégie des hypothèses d'évolutions des indicateurs spécifiques à comparer avec les évolutions observées.

- 3.2.3.1 Les indicateurs sociaux ne varient pas toujours dans le sens prévu

On observe que, selon les agriculteurs :

- le temps passé à l'observation, sensé augmenter dans 11 cas sur 13 d'après les hypothèses d'effets potentiels, est effectivement accru dans la plupart des trajectoires mais peut aussi régresser de façon inattendue
- le temps consacré aux traitements est réduit comme prévu sauf dans 3 cas (dont une augmentation)
- le temps de formation, sensé augmenter, reste stable dans la moitié des situations voire régresse,
- le réglage et le contrôle du matériel qui devrait exiger du temps supplémentaire avec l'augmentation des pratiques d'efficience dans augmente dans plus de trajectoires que prévu (7 contre 3)
- le temps de travail qui en résulte -et donc difficile à prévoir- s'avère augmenter dans la moitié des cas alors que le calendrier de travail varie peu

- 3.2.3.2 Les Indicateurs économiques varient dans les deux sens

Selon les indications fournies par les agriculteurs, on constate que

- le nombre de situations où le rendement du blé, de la betterave et de l'orge de printemps a baissé est comparable au nombre de situations où il a augmenté
- ceci est aussi vrai pour les charges herbicides (qui baissent seulement dans les exploitations en MAE renforcée) et de semences

- la consommation d'engrais azotés est plus souvent en baisse qu'en hausse sur betterave comme sur blé même si les charges de fertilisation associées ont tendance à augmenter (effet prix des engrais azotés)
- les charges de mécanisation et de main d'œuvre varient dans les deux sens avec des fréquences comparables
 - 3.2.3.3 Indicateurs environnementaux : hypothèses ni contredites ni corroborées

Le plus souvent, on note

- une augmentation du nombre d'interventions mécaniques (10/13) et des consommations de carburant (9/13) plus souvent qu'attendu (7 fois sur 13)
- qui n'est pas toujours associée à une augmentation des émissions de gaz à effets de serre, conformément aux résultats acquis en protection intégrée dans l'expérimentation d'Epoisses (Munier-Jolain, 2011)
- Un risque de lessivage des nitrates variable
- fort accroissement du salissement noté par les agriculteurs dans 5 situations contre un maintien voire une régression dans 4 autres cas
- un maintien (voire une réduction) de la biodiversité domestique et sauvage (d'après les indicateurs),
- une augmentation (ou un maintien) de la biodiversité sauvage (à dire d'agriculteurs) : insectes et faune du sol
 - 3.2.3.4 Attribution des effets aux pratiques introduites

La plupart des effets sont associés à plusieurs pratiques. Cependant, lorsqu'une seule pratique introduite pour une trajectoire est susceptible de faire varier l'indicateur dans le sens observé et qu'on observe cette variation au niveau de la trajectoire donnée, on retient l'hypothèse d'une relation entre cette pratique et la variation constatée dans cette situation.

Les hypothèses ainsi retenues le plus fréquemment sont celles de relations entre :

- optimisation des traitements par observation ou OAD d'une part et augmentation du temps d'observation (8 cas/8), de formation (6/8) et de travail (6/8) d'autre part
- acceptation d'un niveau de salissement tolérable et... salissement effectif des parcelles (8 cas/10)
- déchaumage et faux semis d'une part et consommation de carburant d'autre part (4 cas/4)
 - 3.2.3.5 Attribution des effets aux changements de rotation et/ou de stratégies

La comparaison de évolutions des indicateurs pour des trajectoires à même évolution de rotation ou de stratégie montre que, dans les situations observées :

- IFT herbicides et hors herbicides, temps de traitement, risque de pollution ponctuelle lors de la manipulation des produits et salissement évoluent avec les stratégies **et** avec les rotations
- tous les postes de charges opérationnelles (sauf herbicides), l'investissement matériel, le nombre de passages mécaniques, les temps d'observation et de formation et le calendrier de travail, la consommation d'eau à la pulvérisation et de carburant, les risques de pollution diffuse des eaux souterraines par les produits phytosanitaires et de pollution ponctuelle au stockage, enfin la biodiversité domestique ou sauvage (sauf indicateur I-DIV) différent dans les couples ayant même évolution de stratégie mais semblent corrélés aux évolutions de stratégie.
- quelques indicateurs dont le risque de pollution diffuse des eaux de surface par les produits phytosanitaires varient de façon homogène dans les 2 couples ayant même évolution de rotation mais les effectifs sont insuffisants pour conclure.
- les variations des autres indicateurs (IFT total, temps de travail, rendement du blé, charges herbicides et de mécanisation- main d'œuvre, doses d'engrais azoté, risque de pollution azotée

et émissions de gaz à effet de serre) ne paraissent pas systématiquement associées aux évolutions de stratégie ou de rotation.

3.3 Synthèse des résultats

On retiendra que :

- dans la très grande majorité des trajectoires, les indicateurs d'effets secondaires diminuent comme prévu ou restent stables
- les hypothèses de variation des indicateurs sociaux sont parfois contredites
- les indicateurs économiques varient dans les deux sens
- les hypothèses de variations de sens indéterminé sont particulièrement fréquentes pour les indicateurs environnementaux et les résultats acquis ne permettent pas de dégager des conclusions nettes

4. Discussion des choix méthodologiques et des résultats - perspectives

4.1 Echantillon et effectifs

L'échantillon constitué d'exploitations engagées en MAE et percevant à ce titre une compensation économique ne peut être considéré en termes de pratiques comme représentatif d'exploitations ne bénéficiant pas de cet encouragement.

D'autre part, en raison du caractère exploratoire du travail (méthodes à mettre au point, échelle spatio-temporelle et diversité des effets à évaluer), l'effectif des exploitations et des systèmes de culture étudié a été volontairement limité. En conséquence, la multiplicité des trajectoires rencontrées s'est traduite par des effectifs par trajectoire très réduits. Un grand nombre de situations s'avère donc nécessaire pour disposer d'effectifs suffisants par trajectoire pour produire des conclusions assez sûres et généralisables sur les relations trajectoires / effets et pour identifier les conditions d'apparition de ces effets. Ce devrait être le cas dans le réseau de fermes de références et de démonstration d'Ecophyto 2018.

4.2 Caractérisation des effets et des stratégies

4.2.1 Des mesures complémentaires à prévoir pour évaluer certains effets

L'estimation des différents postes de charges, a été réalisée dans certaines exploitations à partir d'informations approximatives d'où une hétérogénéité en termes de précision et de fiabilité.

D'autre part, des indicateurs notamment sociaux sont évalués à dire d'agriculteur et fournissent donc une information subjective d'extrapolation délicate.

Les indicateurs économiques retenus ne sont pas agrégés pour s'affranchir des variations de prix des productions mais intègrent néanmoins celles des prix des approvisionnements. Ils ne permettent pas de comparaisons avec les résultats fournis par d'autres études sous forme de marge semi-nette moyenne/ha/an (Petit *et al.*, 2011) ou de revenu agricole / ha (Munier-Jolain *et al.*, 2008) sur la rotation, notamment faute de disposer, pour chaque SdC, des rendements de chaque culture de la rotation en année initiale et en année finale.

Enfin, tous les effets potentiels recensés n'ont pu être mesurés, faute d'indicateur accessible (ruissellement et érosion par exemple) ou ont été évalués par un indicateur de pratiques plutôt que d'impact. Certaines hypothèses apparaissent donc à tester via des suivis en parcelles d'agriculteurs ou d'essais.

4.2.2 Une gamme d'indicateurs d'effets à adapter et enrichir

Au-delà de cette étude exploratoire limitée au sens de variation des indicateurs, la quantification des effets est nécessaire à l'élaboration de références mobilisables par les acteurs.

En outre, l'évaluation a mobilisé des indicateurs élaborés spécifiquement ou issus d'un minimum d'outils référencés dans la plateforme PLAGÉ et nécessitant le minimum de collecte de données complémentaires à partir des informations pré-existantes. Même si de nombreuses méthodes partagent des indicateurs communs, il reste à comparer les indicateurs utilisés dans ce travail avec notamment avec ceux des nombreuses méthodes nouvellement référencées sur la plateforme PLAGÉ (IDEA, MASC, Systerre, Diaterre, ...) afin de sélectionner les plus pertinents pour chaque effet et chaque échelle spatio-temporelle, en exploitation de grandes cultures et, au-delà, en exploitation de polyculture-élevage voire de productions spécialisées.

La comparaison de ces indicateurs avec ceux mobilisés par le réseau FERME2010 d'Ecophyto 2018 (Petit *et al.*, 2012) ou du réseau d'essais systèmes du RMT SdCI (Deytieux *et al.*, 2012) mérite une étude approfondie mais une première analyse montre qu'en limitant l'évaluation aux performances susceptibles d'être altérées par les évolutions de stratégies, la démarche présentée ici s'avère plus « économique ». Néanmoins, la sélection des indicateurs et l'absence de toute agrégation, même à des niveaux intermédiaires, rend peut-être les résultats produits moins lisibles et moins aisément communicables.

Par rapport à des essais systèmes, l'évaluation des effets induits en exploitation agricole, menée ici-et dans le dispositif FERME Ecophyto, présente l'avantage d'intégrer la diversité des stratégies et trajectoires réelles.

4.2.3 Une méthode de caractérisation des stratégies rapide et robuste ?

La description des stratégies repose sur l'affectation préalable des pratiques mobilisables aux classes E, S et R. Or, le classement de certaines pratiques peut prêter à discussion. Ainsi, on peut se demander si le remplacement du colza (culture à fort IFT) par du tournesol (à faible IFT) constitue une véritable reconception du système de culture et, par suite, si les pratiques de Reconception n'ont pas été parfois sur-estimées.

D'autre part, il convient d'évaluer la robustesse de la typologie des stratégies en testant les seuils retenus sur des effectifs plus importants.

De façon plus générale, la méthode élaborée et mise en œuvre mobilise de façon différente le cadre d'analyse ESR utilisé dans le réseau de fermes de références et de démonstration d'Ecophyto 2018. Dans la phase test du réseau FERME Ecophyto, la note finale ne comporte qu'une lettre, obtenue par agrégation des notes de chaque couple culture/bioagresseur converties en données quantitatives selon une échelle croissante de E à R (Moraine *et al.*, 2011).

La méthode utilisée dans ce travail apparaît plus rapide. Elle fournit une information moins synthétique quoique obtenue à travers une analyse moins fine des pratiques.

La variabilité des pratiques entre couples cultures /bioagresseurs dans un SdC n'est pas prise en compte mais on peut se demander si la richesse d'information fournie par ce « détour » est conservée par le mode de quantification et d'agrégation adopté dans le réseau FERME. Une comparaison de la sensibilité de ces deux méthodes doit être menée sur plusieurs groupes d'exploitations pour évaluer leurs contributions réciproques. Les deux démarches mettent en évidence une grande diversité de stratégies (Reau *et al.*, 2011) selon des modes de caractérisation différents : les typologies ainsi produites se recouvrent-elles ?

4.3 Echelles et confusions d'effets

Comme dans tout travail fondé sur ce type de comparaison, le risque de confusion d'effet se trouve majoré, compte tenu de la difficulté d'identifier, sinon de maîtriser, tous les facteurs susceptibles de contribuer aux évolutions des indicateurs. Notamment, ayant choisi l'année comme unité de temps afin de maximiser la durée entre la situation initiale et la situation finale sur la période du contrat MAE débuté en 2007 ou 2008, on expose l'évaluation à un risque de confusion entre les effets spécifiques des changements de pratiques et les effets particuliers de l'année, notamment le climat. On se gardera donc de traduire les corrélations en relations de causalité certaines.

Cependant, l'inventaire des effets potentiels de chaque pratique mobilisable mené par le collectif PLAGE en amont de cette évaluation fournit un cadre d'interprétation des corrélations entre variation des pratiques et variation des indicateurs.

Dans le cadre de cette étude exploratoire, nous avons choisi d'évaluer chaque effet à l'échelle spatio-temporelle la plus fine possible, soit l'année et, selon les cas, celle de la sole du SdC ou de l'exploitation agricole.

Or, les indicateurs à l'échelle de l'exploitation agricole intègrent la partie hors MAE et les interactions entre les différents systèmes de culture constituant l'exploitation. Ils peuvent donc masquer ou lisser certains effets qui seront donc sous-estimés.

D'autre part, ayant centré la collecte des données sur les seules parcelles engagées, on perd la possibilité de détecter les transferts de cultures entre zones MAE et hors MAE, probables notamment dans les exploitations ayant souscrit une MAE renforcée dans lesquelles le nombre de cultures diminue dans la partie concernée. Or si le déplacement des cultures gourmandes en traitements phytosanitaires vers les parcelles non engagées au profit de cultures économes sur les parcelles engagées limite les IFT en zone MAE conformément aux engagements, les effets positifs à l'échelle de l'exploitation risquent d'être pour le moins annulés. L'évolution des successions de la sole hors MAE doit donc aussi faire l'objet d'une évaluation.

Par ailleurs, des pratiques nouvelles ont été introduites plus ou moins précocement au cours de la période considérée. Les effets des pratiques mises en œuvre trop récemment risquent de n'avoir pas été détectés, surtout s'il s'agit d'effets potentiels à long terme, ou sur-estimés s'il s'agit d'effets susceptibles de s'atténuer. L'évaluation doit donc être poursuivie ce qui suppose un dispositif pérenne tel celui des réseaux de fermes.

Enfin, la sole de chaque SdC ne comportant pas nécessairement toutes les cultures de la rotation antérieure en année initiale ni en 2011, on ne dispose pas des rendements nécessaires au calcul des marges rotationnelles même sur la base d'hypothèses de prix des productions et des approvisionnements.

Plusieurs années doivent donc être prises en compte dans l'évaluation des effets en situation initiale et en situation finale.

Conclusion

Malgré un nombre de situations limité, le travail présenté montre que

- de multiples combinaisons de pratiques sont mobilisées par les agriculteurs pour réduire l'usage des produits phytosanitaires.
- les effets attendus, notamment en matière environnementale, ne sont ni systématiquement ni aisément mis en évidence
- en conséquence l'évaluation *ex-post* multi-thématique des effets des pratiques reste indispensable.

Par ailleurs, il permet de disposer

- d'une grille d'analyse des pratiques,
- d'une méthode de caractérisation simple et rapide des stratégies de réduction d'usage en exploitations de grandes cultures
- d'une méthode de mesure des effets des évolutions de stratégies.

Plus largement, ce travail a été rendu possible par l'ensemble de ressources -compétences, démarche et outils- de la plateforme PLAGE. Elles pourront être mobilisées pour évaluer les effets

- d'autres évolutions de systèmes de culture visant à réduire la consommation d'énergie ou d'engrais azotés, les émissions de gaz à effets de serre...
- dans une gamme de pédoclimats et de systèmes de culture élargie
- à d'autres échelles, notamment territoriales auxquels la démarche doit être étendue puisque, comme le soulignent Ricci *et al.* (2011), « l'évaluation (...) doit être multi-critère, multi-échelles et multi-acteurs ».

Cela nécessitera de compléter l'inventaire des effets potentiels, de chercher et d'élaborer des indicateurs et de méthodes spécifiques.

Références bibliographiques

Attoumani-Ronceux A., Aubertot J.-N., Guichard L., Jouy L., Mischler P., Omon B., Petit M.-S., Pleyber E., Reau R., Seiler A., 2011. 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 Systèmes de culture innovants.

Bockstaller C., Vertès F., Aarts F., Fiorelli J.L., Peyraud J.-L., Rochette P., 2012. Chapitre 8. Méthodes d'évaluation environnementale et choix des indicateurs. In J.-L. Peyraud, P. Cellier (coord) *et al.*, Les flux d'azote liés aux élevages, réduire les pertes, rétablir les équilibres. Expertise scientifique collective, rapport Inra (France). http://www.inra.fr/l_institut/expertise/expertises_realisees/flux_d_azote_lies_aux_elevages_rapport_d_expertise, p. 335-412.

Deytieux V., Vivier C., Minette S., Nolot J.-M., Piaud S., Schaub A., Lande N., Petit M.-S., Reau R., Fourrié L., Fontaine L., 2012. Expérimentation de systèmes de culture innovants : avancées méthodologiques et mise en réseau opérationnelle. *Innovations Agronomiques* 20, 49-78

Dupriez M., 2012. Evaluation dans les exploitations agricoles des effets induits par les pratiques visant la réduction de l'utilisation des produits phytosanitaires. Mémoire de fin d'études.

Galan M.B., Surleau, C., Leclercq C., Bernard M., Bockstaller, C., Guichard L., Minette S., Boizard H., Cariolle M., 2012. PLAGE 1 : Etude de faisabilité d'une plate-forme WEB dédiée à l'évaluation agri-environnementale. *Innovations Agronomiques* 25, 41-53.

Moraine M., Reau R. Dumas M., Omon B., Petit M.-S., 2011. Le réseau de fermes de références et de démonstration d'Ecophyto 2018 : l'ingénieur réseau, au centre du changement vers l'écologisation des pratiques. Colloque Ecologisation des politiques et des pratiques agricoles, 16 – 18 mars 2011, Avignon, France

Munier-Jolain N., 2011, Conception et évaluation de systèmes de culture innovants : le cas de la Protection Intégrée contre la flore adventice. *Agronomie, environnement & sociétés*.1.1, 37-45

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

Ossard A., Galan M. B., Boizard H., Leclercq C., Lemoine C., 2009. Evaluation des impacts environnementaux des pratiques agricoles à l'échelle de la parcelle et de l'exploitation agricole en vue

de l'élaboration d'un plan d'actions: Une méthode de diagnostic spécialisé fondé sur des indicateurs, le DAE-G. *Ingénieries* 59-60, 71-87.

Petit M.-S., Reau R., Dumas M., Moraine M., Omon B., Josse S., 2012, Mise au point de systèmes de culture innovants par un réseau d'agriculteurs et production de ressources pour le conseil. *Innovations Agronomiques* 20, 79-100

Reau R., Dumas M., Moraine M., Omon B., Petit M.-S., 2011. Produire des références contribuant à réduire l'usage des pesticides : le réseau de fermes de références et de démonstration d'Ecophyto 2018. Colloque Ecologisation des politiques et des pratiques agricoles, 16-18 mars 2011, Avignon, France.

Ricci P., Lamine C., Messéan A., 2011, La protection intégrée des cultures : un nécessaire changement de paradigme. *Agronomie, environnement & sociétés*. 1.1, 27-35

Surleau-Chambenoit C., Morin A., Galan M.-B., Cariolle M., Leclercq C., Guichard L., Bockstaller C., 2013. PLAGE, un réseau d'acteurs et une plate-forme WEB dédiée à l'évaluation agri-environnementale et de la durabilité des pratiques agricoles, des exploitations agricoles et des territoires. *Innovations Agronomiques* 31, 15-26