



HAL
open science

L'activité de re-conception d'un système de culture par l'agriculteur : implications pour la production de connaissances en agronomie

Quentin Toffolini, Marie-Helene Jeuffroy, Lorène Prost

► To cite this version:

Quentin Toffolini, Marie-Helene Jeuffroy, Lorène Prost. L'activité de re-conception d'un système de culture par l'agriculteur : implications pour la production de connaissances en agronomie. *Agronomie, Environnement & Sociétés*, 2016, 6 (2). hal-01487101

HAL Id: hal-01487101

<https://hal.science/hal-01487101>

Submitted on 10 Mar 2017

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 - ShareAlike 4.0 International License

L'activité de re-conception d'un système de culture par l'agriculteur : implications pour la production de connaissances en agronomie¹

Quentin TOFFOLINI^{a,b,*}, Marie-Hélène JEUFFROY^a, Lorène PROST^b

^a UMR Agronomie, INRA, AgroParisTech, Université Paris-Saclay, 78850 Thiverval-Grignon, France

^b UMR LISIS, INRA, CNRS, ESIEE PARIS, UPEM, Université Paris-Est, 77454 Marne-La-Vallée, France

Quentin Toffolini, Docteur en Agronomie, 16 rue des Laitières, 94300 Vincennes,

quentin.toffolini@outlook.fr, tel : 06 66 65 59 96

Lorène Prost, bâtiment EGER BP01, 78850 Thiverval Grignon, lorene.prost@inra.fr, tel 01 30 81 53 56

Marie-Hélène Jeuffroy, bâtiment EGER BP01, 78850 Thiverval Grignon, marie-helene.jeuffroy@inra.fr, tel 01 30 81 52 19

Résumé

La re-conception des systèmes de culture, souvent considérée comme nécessaire à la transition agroécologique, est l'enjeu de nombreuses recherches en agronomie. Ces recherches portent souvent sur la formulation de systèmes cibles, sur les outils et méthodes de conception, et plus rarement sur la re-conception « en train de se faire » vue comme la transformation par l'agriculteur de son activité. Dans cet article, nous présentons les apports d'une analyse basée sur des entretiens et ateliers avec des agriculteurs et des agronomes, qui vise à comprendre les productions, circulations, et mobilisations de connaissances par ces acteurs. Nous insistons d'abord sur l'évolution des connaissances mobilisées tout au long du changement. Nous approfondissons ensuite le lien entre cette dynamique du changement, les indicateurs utilisés par les agriculteurs et les connaissances fondamentales sur les objets biologiques.

Mots clés : système de culture ; changement de pratique ; évaluation des connaissances ; conseil ; indicateurs.

Abstract

The re-design of cropping systems is often seen as a promising form of evolution of these systems for an agroecological transition, and has become the issue of numerous research in Agronomy. These research focuses mainly on the development of possible and satisfactory systems regarding some expected performances, as well as on tools and methods of design and co-design with diverse stakeholders. Less frequent are the studies that analyze what means the re-design as an ongoing process, as a transformation by the farmer of his own activity. In this article, we present contributions from an analysis of these changes in practices, based on interviews and several workshops with farmers and agronomists that accompany them. This analysis aimed in particular at understanding the

1 Publié dans la revue AE&S vol.6, n°2, 26, <http://www.agronomie.asso.fr/carrefour-inter-professionnel/evenements-de-lafa/revue-en-ligne/revue-aes-vol6-n2-decembre-2016-savoirs-agronomiques-pour-laction/revue-aes-vol6-n2-26/>

knowledge generations, circulations, and mobilizations by these actors. We insist on the evolution of knowledge mobilized throughout the change of practice, from which we propose to identify three phases corresponding to specific forms of legitimation of knowledge and specific assessment of the ongoing change by the farmer. Then, we deepen, discussing the implications for agricultural research and development, the link between this dynamic of change and, on the one hand, the indicators used by farmers, whose learning functions are highlighted, and on the other hand, the basic knowledge on biological objects, whose function in building new action strategies is described.

Keywords : cropping systems; re-design; technical change; knowledge, indicator.

Introduction

La transformation des pratiques agricoles vers des formes plus agroécologiques est devenue un objectif qui oriente de nombreuses recherches en agronomie. Les principes d'agroécologie les plus partagés dans la littérature (Dalgaard et *al.* 2003 ; Nicholls et Altieri 2016) appellent à dépasser les échelles spatiales classiquement prises en compte dans l'étude des systèmes de culture (parcelles et ensemble de parcelles d'une exploitation) pour prendre en compte des processus naturels aux échelles du paysage et en incluant les espaces non cultivés (Rusch et *al.*, 2010). Pour autant, les systèmes de culture restent des objets de recherche centraux pour réintroduire une approche systémique dans des travaux morcelés par les spécialisations disciplinaires.

Dans l'objectif d'écologisation des pratiques agricoles, de nombreux agronomes avancent le besoin de « re-concevoir » les systèmes de culture, au-delà d'une « simple » amélioration de l'efficacité de l'utilisation des ressources ou d'une substitution de techniques qui ne s'accompagnerait pas d'un changement du système dans son ensemble (Hill et MacRae, 1995). La re-conception des systèmes fait également référence à l'ampleur des changements nécessaires pour faire face aux nouvelles demandes sociétales en termes de qualité des produits alimentaires et non alimentaires, ainsi qu'à un nouveau rôle de l'agriculture dans les territoires (Meynard et *al.* 2012). Cette expression met également en avant le fait que les changements en question appellent à nouvelles façons de concevoir (Meynard et *al.*, 2006 ; Prost et *al.*, 2016).

La re-conception des systèmes de culture a d'une part été associée par certains agronomes à des techniques agricoles spécifiques, considérées dans leurs aspects biotechniques. Par exemple, de Tourdonnet et *al.* (2013) s'intéressent à l'agriculture de conservation et analysent les effets possibles de l'arrêt du labour, tels que l'accumulation de matière organique en surface, pour déterminer des évolutions possibles telles que l'utilisation de couverts d'interculture. D'autre part, la re-conception des systèmes de culture a été associée à des méthodes de conception. Cela comporte à la fois des travaux sur les processus de conception et la formalisation des étapes qui les composent (ex. Vereijken 1997 ; Lançon et *al.*, 2008), sur l'utilisation de modèles pour la génération et l'évaluation des systèmes (ex. Dogliotti et *al.*, 2005 ; Ravier et *al.*, 2015), ainsi que sur les méthodes de co-conception (ex. Bos et *al.*, 2009 ; Reau et *al.*, 2012). La co-conception met alors souvent en avant l'intérêt de mobiliser (et de produire) diverses connaissances, notamment les connaissances « expertes » des acteurs, « localisées », pour « compléter » les connaissances scientifiques ou aider à la contextualisation. Mais elle ne questionne pas cependant le sens et la formalisation des connaissances produites par les agronomes pour l'action de changement. Cette question est prise en charge par certains travaux, bien moins nombreux que ceux cités dans les deux orientations précédentes, qui entrent davantage dans l'analyse de ce que signifient l'engagement et la réalisation de la re-conception par un agriculteur : pour son activité, les formes d'apprentissage, la mobilisation

des sources d'information et de connaissances, ou l'insertion socio-économique de l'exploitation dans un territoire (Lamine, 2012 ; Coquil, 2014 ; Chantre et *al.*, 2015).

En termes de connaissances à produire, les orientations majoritaires des travaux sur la re-conception conduisent à privilégier des études théoriques des systèmes satisfaisants, plus qu'une analyse de l'activité de changement sur un temps long. Autrement dit, peu des connaissances produites pour la re-conception des systèmes de culture sont guidées par une compréhension de l'action de l'agriculteur.

Les changements de pratiques liés à la re-conception progressive des systèmes de culture sont pourtant spécifiques pour l'agriculteur, au moins pour plusieurs raisons :

- les techniques mises en œuvre reposent sur des processus pour lesquels la compréhension du fonctionnement et les connaissances mécanistes sont « peu stabilisées » (Doré et *al.*, 2011 ; Caron et *al.*, 2014 ; Duru et *al.*, 2015) ;
- les logiques agronomiques construites lors de ces changements de pratiques font appel à des objets parfois différents, souvent nouveaux pour les agriculteurs (ex. plantes de service, populations d'auxiliaires, haies et arbres dans ou hors parcelles, macroorganismes du sol, etc.). Il s'agit d'apprendre à les maîtriser, ce qui est d'autant moins facile que l'agroécologie est basée sur l'existence d'interactions fortes entre eux, ou entre eux et les actions culturelles ;
- les agroécosystèmes pilotés de manière agroécologique mettent en jeu, encore plus que d'autres, non seulement un contexte biotechnique influençant le fonctionnement au sein des parcelles (pédoclimat, pratiques antérieures, états du milieu et types de sol, etc.), mais aussi des dimensions sociales (ex. les régulations biologiques basées sur des communautés d'auxiliaires se déplaçant sur de grandes distances dépendent aussi des pratiques à l'échelle du territoire, davantage que l'effet d'un insecticide sur une culture à l'échelle de la parcelle), et donc des dynamiques collectives et des normes de pratiques locales ;
- les échelles de temps du cycle cultural et de la mise en œuvre de l'action sont combinées avec celles, plus longues, des évolutions de l'agroécosystème qui vont affecter le fonctionnement du système de culture. Par exemple, en ce qui concerne la gestion des mauvaises herbes, un labour peut permettre d'enfouir des graines d'adventices, mais la répétition des labours peut faire ré-émerger ces graines les années suivantes (Colbach et *al.*, 2005 ; Gardarin et *al.*, 2012). Autrement dit, l'agriculteur est amené à concevoir tout en pilotant.

Ainsi, pour agir et en agissant, les agriculteurs engagés dans une démarche de re-conception sont amenés à produire, échanger et mobiliser des connaissances qui relèvent de nouvelles approches des objets agronomiques et naturels, et ce dans des dynamiques temporelles à la fois courtes et longues.

Pour analyser ce qui est spécifique aux productions et mobilisations de connaissances dans ce cadre, de nombreux travaux (ex. Ingram, 2008) se basent sur des catégorisations générales, comme celle qui distingue le « know-what » (connaissances sur les faits, qui intègrent mesures, observations, classifications), le « know-why » (connaissances « scientifiques » sur les principes et lois régissant les phénomènes naturels et sociaux), le « know-how » (les compétences, souvent en relation avec des contextes précis), et le « know-who » (connaissances qui correspondent au fait d'être capable d'identifier des personnes ressources) (Lundvall et Johnson, 1994). Cependant, ces distinctions ne permettent pas d'analyser toutes les spécificités liées aux changements de pratiques décrits ici, par exemple dans la manière dont ils reconfigurent les objets du « know-why » (quels processus écologiques sont pertinents à explorer, quels objets doivent être davantage compris, par exemple certains ravageurs ou les espèces mineures des couverts associés) ou les compétences particulières au sein du « know-how » (par exemple dans l'observation des parcelles et du suivi des évolutions de

l'agrosystème). De la même façon, l'opposition entre connaissances scientifiques et connaissances locales ou expertes est le point de départ dominant et amène à explorer les modes de mise en synergie de ces connaissances (ex. Girard et Navarrete, 2005 ; Faugère et al., 2011) ou d'intégration de ces deux formes (ex. Raymond et al., 2010). La contrepartie de ces approches est de considérer les spécificités de chaque type de connaissances dans l'absolu et non en lien avec une dynamique de changement de l'activité (dont on peut faire l'hypothèse qu'elle est à la fois une dynamique de changement du rapport à l'agrosystème, aux objets de la nature, aux objectifs de production). Ces approches vont ainsi souvent de pair avec une séparation entre l'analyse de la mobilisation et de la production des connaissances.

A partir de ces constats nous avons cherché à mettre en lumière comment les processus de construction, d'échange et de mobilisation de connaissances, par des agriculteurs engagés dans une démarche de re-conception de leur système de culture, questionnent à la fois les formes de connaissances produites, leur organisation dans des interactions de conseil et leur utilité pour l'action de l'agriculteur.

Les résultats présentés dans ce texte sont issus de ce travail (Toffolini, 2016) et reposent sur un ensemble de dispositifs dont nous donnons quelques éléments ici (Toffolini et al., 2015 pour plus de détails). Ces dispositifs ont consisté en : des entretiens avec des agriculteurs déjà engagés dans une démarche de changement, des ateliers de travail sur la conception de changements, des suivis de visites d'essais systèmes par des groupes d'agriculteurs. Le choix des situations de changement étudiées s'est établi (i) pour couvrir une diversité de systèmes de culture et d'orientations techniques (ex. extension d'itinéraires techniques intégrés à l'ensemble des cultures, réduction du travail du sol, diversification), (ii) selon la « profondeur » des changements en cours ou réalisés (ex. dans quelle mesure ils ont transformé la structure et le fonctionnement des systèmes, selon des indicateurs mesurables mais aussi selon les agriculteurs eux-mêmes), et (iii) selon l'état d'avancement (ex. changements terminés, en cours ou en réflexion). Nous avons analysé à la fois des situations individuelles et des dynamiques collectives. Ainsi, 14 agriculteurs (dont la moitié avait appartenu à un même groupe de développement) ont d'abord été enquêtés en Picardie, Ile-de-France et Pays de la Loire. Ensuite, des ateliers de réflexion pour des changements techniques liés à une problématique partagée (valorisation de la luzerne dans la rotation, mise en œuvre de couverts d'interculture dans un contexte de pression d'adventices pérennes, gestion des adventices pérennes en agriculture biologique) ont été réalisés ou observés dans plusieurs régions (Ile-de-France, Picardie, Poitou-Charentes). Enfin, des visites d'essais systèmes (Ile-de-France) par des groupes d'agriculteurs ont été observées. La démarche générale a été à la fois inductive (axes d'analyse issus en partie d'une première analyse de cas visant des changements passés) et itérative (les analyses présentées dans ce texte sont transversales aux cas).

Dans une première partie, nous proposons de repérer comment différents attributs de connaissances permettent de retracer une dynamique de mobilisation d'une diversité de connaissances au cours du changement de pratique. Cette première vision d'ensemble nous amène dans une deuxième partie à analyser plus en détail les indicateurs qui sont construits et mobilisés tout au long de cette dynamique, puis dans une troisième partie à mettre en lumière le rôle en particulier de connaissances « fondamentales » dans la construction des logiques agronomiques pour la re-conception.

Une dynamique de mobilisation de connaissances au cours du changement de pratiques

Dans un premier temps, les entretiens réalisés ont permis d'identifier des constantes dans la nature des connaissances mobilisées au cours du processus de changement de pratique. Nous avons identifié trois phases, chacune associée à des processus spécifiques de légitimation des

connaissances, de contenus, et d'évaluation. Une phase (1) de préparation du changement technique et de choix de mise en œuvre, une phase (2) de réalisation de tests et d'adaptation de la mise en œuvre, et une phase (3) d'évaluation des conséquences sur le système de culture.

Phase 1 : construction d'une logique, choix, décision, préparation

Cette phase correspond à une préparation du changement de pratique par l'agriculteur, avant la première mise en œuvre. Les connaissances mises en jeu sont en majorité qualitatives, s'appuyant sur des témoignages et récits d'expérience qui mettent en lumière les stratégies suivies par d'autres et leurs logiques agronomiques (ex. considérer le sol comme un système vivant qui va nourrir la plante, et non comme un support ; conserver une couverture du sol la plus permanente possible et utiliser différentes espèces en mélange pour obtenir une superposition d'étages de végétation). C'est bien davantage la cohérence globale d'une technique et de ses effets qualitatifs dans l'agrosystème qui sont au cœur du raisonnement, plutôt qu'une validation quantitative de l'intérêt potentiel d'un « usage » de la technique. Ainsi, les objectifs associés aux mobilisations de connaissances sont moins opérationnels que conceptuels : par ex., il ne s'agit pas encore, à ce stade, de déterminer une dose adaptée de fertilisant à apporter lorsqu'on passe à une fertilisation localisée, ou de préciser une densité de semis pour gérer le microclimat lié à l'architecture du couvert. Le but de cette phase est de redéfinir des logiques agronomiques mettant en relation une nouvelle technique, un processus qu'elle est susceptible d'impacter, et des états de l'agroécosystème qui pourraient conditionner ou résulter de ces processus : stratégies de gestion des mauvaises herbes, fonction des couverts dans le système de culture, etc. Dès cette première phase du changement, on observe une exploration liée à la construction d'un raisonnement agronomique qui mobilise à la fois des connaissances sur les interactions entre fonctions ou processus écologiques, des connaissances sur les processus en jeu, et des comparaisons de diverses options techniques. Par exemple, pour les couverts d'interculture, des connaissances sur les interactions entre les fonctions de couverture du sol et de remobilisation des nutriments (l'objectif d'avoir une biomasse importante peut élever le rapport C/N), sur les mécanismes de compétition avec les adventices et sur les propriétés de chaque espèce du couvert, sur les comparaisons de mélanges d'espèces (légumineuses et graminées, seulement graminées). A l'inverse, sont très peu mobilisées dans cette phase les connaissances quantifiées, les connaissances portant sur les échelles de temps de l'objet principalement concerné par la technique, les précisions sur les incertitudes, et les indicateurs d'impact des techniques.

	Phase 1	Phase 2	Phase 3
	Choix de la technique en accord avec une logique agronomique ; Décision d'application ; Préparation des modalités de mise en œuvre.	Un ou plusieurs tests ; Adaptation d'un suivi spécifique de l'action ; Stabilisation d'un mode opératoire Amplification.	Evaluation des conséquences sur le système ; Autres changements liés et nécessaires.
Profils d'attributs de connaissances	Raisonnement agronomique:		
	interactions, mécanismes et comparaisons d'options techniques	interactions, mécanismes et comparaisons d'options techniques	Interactions avec d'autres objets, autres pratiques possibles ayant les mêmes fonctions.
	Formes :		
	Narrations (témoignages, récits d'expériences personnelles)	Quantifications précises, absolues, de processus (ex. quantité d'azote redistribuée par un mulch) ou de modalités de pratiques (ex. adaptation d'une dose de fertilisant en fertilisation localisée)	pas de connaissance correspondante mobilisée

	Incertitudes :		
	pas de connaissance correspondante mobilisée	facteurs et quantifications de la variabilité.	pas de connaissance correspondante mobilisée
	Référence aux situations :		
	sol, climat, environnement paysager, mais surtout autres pratiques et historique	caractéristiques spécifiques (sol, climat local) mais surtout autres pratiques en interaction	autres pratiques actuelles en interaction
	Objectifs :		
	à la fois opérationnels et conceptuels	opérationnels	opérationnels
	Temporalités :		
	Long terme	Dynamiques, long terme	Dynamiques surtout, long terme
	Indicateurs :		
	pas de connaissance correspondante mobilisée	pour le suivi et l'évaluation de l'action	pour le suivi de l'action

Tableau 1 : Trois « phases » différentes des changements de pratiques du point de vue des connaissances construites et mobilisées par les agriculteurs. Les « profils d'attributs » indiquent les aspects dominant dans chaque phase, sans exclusivité.

Phase 2 : première mise en œuvre, un ou plusieurs tests, adaptation des modalités d'application

Une deuxième phase apparaît dans la mobilisation de connaissances, mettant en jeu un autre profil d'attributs de connaissances, en cohérence avec la mise en œuvre de tests ou d'une première application. Davantage de connaissances quantifiées sont mobilisées (ex. la quantité d'azote fournie par un couvert associé à la culture en fin de cycle, la dose de fertilisant azoté modulé du fait de l'appliquer de manière localisée sur le rang), correspondant souvent au besoin de préciser une modalité d'un itinéraire technique. Face à l'impossibilité de prévoir toutes les conséquences de l'adaptation de la pratique à leur propre exploitation, les agriculteurs se fixent des objectifs opérationnels intermédiaires, souvent formulés sous la forme d'indicateurs de suivi (ex. l'état du couvert de blé d'hiver à la sortie de l'hiver, en termes de couleur, densité, et dynamique de reprise de croissance). Les connaissances sur les incertitudes concernent alors surtout les facteurs de variation du fonctionnement d'un processus. Les références à la situation locale portent davantage sur les autres pratiques existantes dans le système, et les interactions qu'elles peuvent avoir avec la nouvelle pratique en jeu. Enfin, nettement plus d'indicateurs sont mobilisés dans cette phase, de manière à suivre les dynamiques engendrées par la nouvelle pratique. Ce sont des indicateurs qui portent davantage sur des états intermédiaires nouveaux, ou déjà rencontrés mais réinterprétés, que sur des résultats finaux commensurables à ceux des pratiques précédentes.

Phase 3 : conséquences sur l'ensemble du système de culture, liens avec d'autres changements

Une fois que la possibilité de maîtrise de la nouvelle pratique a été évaluée, ce sont autant son efficacité que ses conséquences sur l'ensemble des pratiques du système de culture qui sont au cœur de ce qui définit une troisième phase de mobilisations de connaissances. L'agriculteur peut se demander « cette nouvelle pratique n'entraîne-t-elle pas d'autres changements qu'il m'est impossible de mettre en œuvre ? Ses conséquences sur des états du système impliquent-elles de modifier

d'autres pratiques ? ». Ce sont alors les mécanismes et interactions entre processus, ainsi que les longues échelles de temps, qui sont au cœur des mobilisations de connaissances. Les dynamiques engendrées dans le système par la nouvelle pratique sont aussi suivies grâce à des indicateurs construits sur des données récoltées sur un temps long (ex. tendance d'évolution d'un taux de matière organique, nombre d'applications d'herbicides sur les sept dernières années mis en regard des données sur de nouvelles pratiques telles que les déchaumages, le désherbage mécanique, etc.).

Ce sont donc des « phases » très différentes qui composent le processus de construction et de mobilisation des connaissances au cours du changement de pratique. Le terme « phase » est utilisé ici pour signifier qu'on peut identifier ces différences dans le temps, et identifier qu'elles mettent en jeu des modes de légitimation des connaissances et d'évaluation qui leur sont spécifiques et qui se construisent dans la pratique. Il n'indique pas une séquence nécessaire et générique. Ainsi un agriculteur qui a rencontré une difficulté lors de la mise en œuvre d'une technique en phase 2 peut être amené non pas à une évaluation générale de la technique, comme décrit en phase 3, mais éventuellement à revenir sur la construction de la logique agronomique, c'est-à-dire à une phase 1. Par ailleurs, ces phases semblent décrire des chronologies de changement de pratique « idéales », notamment parce qu'elles ont été identifiées à partir de reconstructions historiques de changements mettant au premier plan les connaissances qui ont effectivement permis in fine de les réaliser. Pourtant, les acteurs peuvent rencontrer des difficultés dans de nombreuses situations lorsque les connaissances mises en discussion et les ressources mobilisées ne rencontrent pas les dynamiques décrites, ou au cours de tâtonnements. L'identification des phases que nous proposons ne vise donc pas une description fidèle d'histoires de changement de pratiques, mais peut servir de repère pour identifier les difficultés à reconfigurer les ressources mises à disposition par un conseiller, par exemple. Une approche complémentaire serait ainsi d'identifier, à l'aide de ces différentes phases, des causes de blocage dans la réalisation de changements de pratiques.

Analyser les dynamiques conjointes de mise en œuvre d'un changement de pratique et de mobilisations de connaissances par les agriculteurs soulève plusieurs pistes de discussion des catégorisations classiquement utilisées par une majorité d'agronomes. Par exemple, cela nous interroge sur notre façon de qualifier l'intensité, l'ambition, le degré de rupture d'un changement de pratique : un changement de pratique assimilable à de la re-conception est-il à associer davantage à une dynamique particulière de changement et de mobilisation de connaissances plutôt qu'à des types de techniques spécifiques ? Ainsi, le sens des phases identifiées dans le changement n'est pas de formuler une démarche universelle suivie par les agriculteurs pour le changement. Il s'agit plutôt de mettre en lumière des aspects spécifiques concernant à la fois les connaissances mobilisées, et la démarche d'exploration adoptée par l'agriculteur pour mettre en œuvre son changement de pratique. Les dynamiques de mobilisation de connaissances pouvaient être très différentes entre agriculteurs, pour la mise en œuvre d'une même technique, selon qu'elle était ou non mise en relation avec l'ensemble du système de culture, et finalement selon qu'elle était incluse dans un processus de re-conception ou non. Cela nous interroge également sur la façon dont des connaissances peuvent être légitimées. Au-delà de caractéristiques générales des connaissances (ex. Cash et *al.*, 2003 : légitimité, pertinence, crédibilité), c'est le sens que leur contenu peut avoir pour l'agriculteur à un instant de son parcours de changement, pour répondre à des questions spécifiques des différentes phases, ou pour interpréter une évolution de l'agroécosystème, qui construit cette légitimité. Cela nous interroge enfin sur l'évaluation que construit l'agriculteur tout au long du changement de pratique: elle ne se résume pas à valider l'efficacité d'une technique dans ses propres conditions, elle porte également sur la cohérence globale d'une logique agronomique, la capacité à mettre en œuvre et

adapter un itinéraire technique nouveau, les conséquences de la nouvelle pratique sur l'ensemble du système de culture.

Nous souhaitons insister ici sur le fait qu'une grande partie des connaissances classiquement produites par une majorité d'agronomes de la recherche ou du développement (connaissances quantitatives, connaissances issues d'analyses statistiques pour quantifier des risques et incertitudes, modèles intégrés de fonctionnement des cultures ou des systèmes) correspondent à des mobilisations de la deuxième phase décrite ci-dessus. Les connaissances mobilisées dans une première phase, et qui semblent clés pour la construction du changement, sont souvent considérées comme peu utiles à l'action par les agronomes du développement, et rarement produites ou manipulées par les agronomes chercheurs. Ce sont notamment des connaissances qui pourraient être considérées comme « fondamentales », concernant des objets et processus biologiques, et qui sont habituellement « agrégées » dans des modèles complexes simulant le développement des cultures ou les performances des systèmes de culture. Pour des conseillers, identifier les spécificités des connaissances mobilisées dans cette première phase peut permettre de construire des interactions facilitatrices du changement, et supportant la construction par l'agriculteur des logiques agronomiques qui vont le guider. Par exemple, cela peut correspondre à la mobilisation de témoignages en portant attention à leur contenu, en particulier aux références à la situation agronomique de manière historique, aux analogies entre stratégies adoptées pour répondre à des problèmes similaires, aux liens établis entre une pratique et les autres qui ont été directement impactées.

Dans la suite de ce texte, nous insistons sur deux aspects spécifiques qu'implique une tentative d'outiller le processus d'enquête que suit l'agriculteur au cours de son changement de pratique. Dans un premier temps, nous présentons différents indicateurs utilisés par les agriculteurs dans le changement de pratique lié à la re-conception de systèmes de culture, ainsi que leurs fonctions dans la dynamique qui a été présentée. Dans un second temps, nous proposons une analyse de la manière dont des connaissances « fondamentales » sur les processus biophysiques ou écologiques peuvent être mises en relation avec des situations particulières d'action.

Des indicateurs pour le suivi et l'évaluation d'états intermédiaires du système

Ce que nous appelons « indicateurs » ici, ce sont toutes les observations (i) qui donnent une information sur une variable, (ii) qui peuvent être faites dans une situation ou aider à se référer à une situation, et (iii) qui peuvent viser des états d'objets ou systèmes d'objets, des flux, ou des actions de l'agriculteur lui-même. Cela élargit la définition plus classiquement utilisée en agronomie, « une variable qui donne une information sur d'autres variables qui sont difficiles d'accès » (Gras et *al.*, 1989) et pour laquelle une valeur quantitative est déterminée par rapport à une valeur de référence (Girardin et *al.*, 1999).

Les indicateurs utilisés ont des fonctions variées tout au long du changement de pratique. Nous avons classé ces fonctions en cinq groupes. On retrouve des fonctions classiques, qui permettent d'agir directement en parcelle, liées au choix de la technique (groupe (i) ; ex. la pression d'adventices dans la culture suivant soit un seigle, soit un triticales, pour comparer leurs compétitivités vis-à-vis des mauvaises herbes). On retrouve également des fonctions classiques liées à l'évaluation et la vérification (iii), vérification de l'efficacité d'une action ou de la viabilité d'un choix technique ou stratégique dans son ensemble. Ces deux groupes sont respectivement majoritairement associés aux phases 1 et 2. Trois autres groupes de fonctions apparaissent au cours du changement de pratique lié à une re-conception de système de culture : ce sont les fonctions de suivi et d'adaptation de l'action (ii), d'anticipation (iv), et de compréhension ou réinterprétation (v). L'identification de ces groupes de

fonctions, ainsi que l'analyse quantitative (voir Toffolini et *al.*, 2015) montrent que la majorité des indicateurs mobilisés par les agriculteurs rencontrés correspond aux fonctions de suivi-adaptation (ii) et de compréhension-réinterprétation (v). Cette observation rend nécessaire le développement de nouveaux indicateurs, puisque ceux majoritairement proposés par les agronomes ont pour principale fonction d'évaluer les impacts des pratiques et les performances globales des systèmes. C'est ce que nous illustrons dans la suite par des exemples.

D'une manière originale par rapport à des indicateurs d'impacts des pratiques, de nombreux indicateurs utilisés par les agriculteurs en re-conception sont liés à des observations d'états intermédiaires du milieu. C'est le cas d'indicateurs mobilisés pour anticiper et affiner au cours du temps un potentiel (pour une fonction spécifique) ou une direction d'évolution du système: par exemple observer l'état d'un couvert de céréales (dense mais peu vigoureux, forte hygrométrie) pour anticiper le lieu et l'intensité du développement de maladies. Les indicateurs dont la fonction est de vérifier l'efficacité de l'action mobilisent également l'observation d'états intermédiaires : par exemple, concernant un désherbage mécanique, l'observation de l'état du sol et des plantules juste après le passage de l'outil complète l'observation mesurable d'une réduction de la population d'adventices plus tard.

Ainsi de nombreux indicateurs descriptifs, et non normatifs (Heink et Kowarik, 2010) sont à construire pour outiller le changement de pratique dans une optique de re-conception. Ces états intermédiaires et dynamiques du milieu sont soit directement interprétables, soit leur interprétation est à construire par l'agriculteur, notamment en revenant a posteriori sur les observations faites en cours de campagne, une fois que les évolutions et résultats (agrégateurs de plusieurs processus) sont connus. Par exemple, l'état en sortie d'hiver d'une parcelle de blé cultivé en suivant un itinéraire technique intégré peut être très différent de celui d'une parcelle cultivée avec un itinéraire technique conventionnel, du fait d'une moindre densité de semis, d'un premier apport d'azote décalé, du retard de la date de semis, etc. Ce nouvel état intermédiaire sera réinterprété a posteriori, suite au suivi du développement de la culture en fin de cycle, de l'utilisation d'autres indicateurs comme le nombre d'épis au m² pour anticiper un potentiel de rendement. Cela met l'accent sur les fonctions d'apprentissage (groupes ii, iv, et v) de ces indicateurs descriptifs. Ces apprentissages concernent l'action de l'agriculteur, les conséquences possibles de cette action sur le milieu et les processus bio-physiques et écologiques qui sont influencés ou qui expliquent le résultat obtenu. Alors que les fonctions d'apprentissage des indicateurs ont surtout été explorées pour les indicateurs de durabilité (Wustenberghs et *al.*, 2012 ; Marchand et *al.*, 2014), nous montrons comment elles concernent la pratique de l'agriculteur en elle-même, ainsi que le pilotage du système de culture.

Pour remplir les fonctions décrites, ces indicateurs possèdent certains attributs. Premièrement, ils sont souvent visuels ou directement accessibles aux sens, c'est-à-dire basés sur des observations non instrumentées (ex. la réaction du sol au pas, sa couleur, la position de la fleur dans le couvert du pois) et relatifs (ex. les hauteurs relatives des cultures dans un peuplement plurispécifique). L'ensemble des observations et suivis qui correspondent à l'utilisation d'indicateurs est donc considérablement plus large que celui des indicateurs en tant que variables quantifiées par rapport à une référence. Deuxièmement, même si une majorité d'indicateurs concerne les objets directement liés à l'action (ex. l'adventice visée, la culture implantée, le sol d'une parcelle qu'on essaye de faire évoluer), les observations s'étendent également à des objets présents au moment de l'action mais non visés directement par celle-ci (ex. plantes bio-indicatrices en bordures de parcelle ou dans la parcelle) ou encore des objets postérieurs à l'action (ex. repousses ou salissement dans la culture suivante). Enfin, les observations interprétées en termes d'états statiques sont complétées par de nombreuses interprétations en termes de tendances (ex. évolution pluriannuelle du rendement d'une même culture

dans une rotation, progression d'une pression d'adventices plus qu'un seuil en termes de nombre de plantes au m², etc.).

Pour un agronome conseiller, l'enjeu de l'interaction avec un agriculteur changeant de pratique pour la re-conception de son système de culture, n'est donc pas tant de proposer un jeu d'indicateurs les plus appropriés a priori, mais de comprendre quelles observations l'agriculteur fait dans sa pratique, pour en accompagner l'interprétation, et cela en tenant compte des fonctions qu'elles jouent dans la situation particulière. Les phases du changement proposées ci-dessus sont alors des repères, dans le sens où les indicateurs utilisés dans chaque phase n'ont pas les mêmes fonctions. Par exemple, un agriculteur mettant en œuvre une nouvelle pratique de désherbage mécanique peut être amené à observer une multitude de choses au-delà du pourcentage de plantes adventices détruites ou du nombre de plantes au m², comme l'état du sol juste après le passage de l'outil, la dynamique de reprise de croissance des adventices et de la culture, les conditions précises dans lesquelles l'outil est utilisé, et interpréter au fur et à mesure le sens de ces observations dans l'objectif soit de maîtriser la mise en œuvre de la pratique, soit d'évaluer ses conséquences sur d'autres aspects du système de culture. Le conseiller peut, dans cette situation, guider l'interprétation, proposer de relier les observations déjà faites avec d'autres (ex. l'évolution de la pression adventice dans la culture suivante, la profondeur effective de travail de l'outil dans le sol, etc.) pour compléter l'interprétation.

Des connaissances fondamentales génériques utiles dans la pratique localisée

La mise en évidence de phases dans la dynamique de mobilisation de connaissances au cours d'un processus de re-conception a également montré que la construction d'un raisonnement agronomique est un socle du changement de pratique. Cela peut sembler évident, mais cela a été en grande partie minoré dans la conduite des systèmes de culture basés sur une artificialisation du milieu pour minimiser tout facteur limitant (via l'utilisation d'engrais et de pesticides de synthèse). Les entretiens auprès des agriculteurs ont montré que la reconfiguration de logiques agronomiques met en jeu des connaissances qu'on pourrait qualifier de « fondamentales » sur les interactions entre processus ou fonctions d'une technique, sur les mécanismes bio-physiques et écologiques, alors qu'elles sont souvent considérées peu directement utiles à l'action, par opposition à des connaissances qualifiées d' « opérationnelles ». Dans nos cas d'étude, des connaissances « fondamentales » ont souvent joué un rôle clé pour permettre la construction de stratégies d'action dans des situations particulières. Nous décrivons les spécificités de ces connaissances, et la manière dont elles sont progressivement mises en relation avec le système de culture particulier d'un agriculteur.

Les connaissances « fondamentales » majoritairement mobilisées dans les changements de pratique observés sont celles qui décrivent le fonctionnement intrinsèque des objets. Par exemple, sur la thématique des adventices, deux types de connaissance se sont avérés clé pour avancer vers du changement de pratique : d'une part les mécanismes et dynamiques de constitution des réserves et de repousse des racines du chardon, et d'autre part des traits de vie de plusieurs espèces tels que la proportion de graines enfouies conservant leur pouvoir germinatif d'une année à l'autre, la période de levée, et la profondeur de germination. Lorsque les échanges d'expériences des agriculteurs au sein de collectifs étaient rendus difficiles par les différences entre situations (types de sols, climats, précédents culturels, etc.), ces connaissances ont contribué à interpréter la diversité des expériences particulières. Par exemple plusieurs agriculteurs mettant en œuvre des systèmes de culture intégrés en grandes cultures avaient des résultats très différents pour un même nombre de déchaumages durant l'interculture. C'est la mise en correspondance des périodes de levée des principales adventices dans l'exploitation avec les dates de passage qui a progressivement permis d'affiner une logique agronomique liée à cette technique.

La construction d'une logique agronomique repose sur la mise en relation entre des connaissances sur les objets biologiques et des connaissances sur les actions réalisées ou possibles de l'agriculteur. Dans l'exemple où les agriculteurs essayaient de se débarrasser du chardon, nous avons identifié quatre manières dont se construit ce lien. Première manière, l'action connue (celle des outils de préparation du sol sur la fragmentation des racines du charbon) est mise en relation avec une connaissance sur l'objet (la reprise de croissance de fragments de racines du chardon). La connaissance sur cette action (profondeur connue de travail du sol) amène alors à préciser ou étendre la connaissance sur l'objet biologique (la profondeur à laquelle se trouvent les racines, et la taille minimale d'un fragment pouvant donner une nouvelle pousse). Une deuxième manière dont le lien est construit étend cette fois-ci la connaissance sur les actions possibles : une connaissance sur l'objet (repousse d'un fragment de racine) amène à identifier l'effet possible d'une nouvelle action qui n'a pas encore été réalisée (que devient le nouveau rhizome si on fauche la repousse trois fois de suite ?). Deux autres manières d'établir un lien sont la ré-interprétation de l'effet d'une action déjà réalisée (ex. la dispersion des ronds de chardons causée par les outils à disques fragmentant les rhizomes) et l'identification d'un indicateur (ex. le stade 6-8 feuilles du chardon, coïncidant avec le niveau minimum de ses réserves racinaires, comme un moment propice pour faucher dans une stratégie d'épuisement).

Pour un conseiller, les connaissances « fondamentales » sur des propriétés intrinsèques des objets biologiques mis en jeu dans les changements de pratiques sont donc clés dans les interactions avec l'agriculteur, et ce dès la préparation du changement (phase 1, Tableau 1). Ce ne sont pas n'importe quelles connaissances, mais bien celles qui vont permettre un double mouvement de contextualisation / décontextualisation. Elles doivent ainsi permettre de construire un sens générique à partir d'une diversité d'expériences localisées (décontextualisation), mais aussi être directement reliées à des actions identifiées et réalisables par l'agriculteur dans sa situation particulière (contextualisation). C'est bien dans la façon dont l'agriculteur pourra construire à la fois une connaissance sur ses actions et ses objets que cette contextualisation sera possible.

Discussion et conclusion

Nous avons proposé, dans cet article, d'analyser la re-conception de systèmes de culture comme une activité du point de vue de l'agriculteur, en nous centrant sur les manières de mobiliser des connaissances au cours de ce processus long. Cela nous a amené à décrire une dynamique spécifique des changements de pratiques de re-conception, et à analyser ses implications dans les manières de conceptualiser les indicateurs et les processus de contextualisation de connaissances génériques.

Pour les agronomes qui accompagnent ces changements de pratique, l'accompagnement ne suppose pas d'être le meilleur connaisseur de la technique qui pourrait être mise en application, mais plutôt d'être compétent pour identifier la dynamique de construction de connaissances en cours et la posture de réflexion-action dans laquelle est l'agriculteur, afin d'être utile à la construction de « l'aptitude au changement » de l'agriculteur (Dulcire, 1997). Pour cela, nos résultats montrent que sont en jeu, non seulement des « compétences sociales et facilitatrices », mais des manières d'identifier, choisir et mettre en discussion des connaissances en rapport avec les dynamiques de changement en jeu. Il s'agit alors de concevoir les fonctions des indicateurs – qui appellent par exemple à faire des « tours de plaine à froid » (Guillot *et al.*, 2013) – les processus de contextualisation, les liens à construire entre l'expérience vécue et les observations faites dans l'action et de nouvelles connaissances sur les processus au cœur de ce qui est piloté. Cela n'implique pas qu'il n'y ait plus de prescription de la part du conseiller, mais que celle-ci soit davantage liée à une situation de changement de pratique dont fait

partie, non pas seulement le contexte biotechnique de l'exploitation, mais surtout l'agriculteur, sa trajectoire et sa capacité de développement personnel, les questions spécifiques qu'il se pose par rapport à l'évolution de l'agroécosystème qu'il observe, ce qu'il cherche à maîtriser ou évaluer.

Cela implique de ne pas mettre au centre de l'échange les alternatives techniques possibles en fonction du contexte biotechnique et socio-économique de l'exploitation, mais bien le parcours de l'agriculteur dans sa trajectoire de changement, et les indicateurs qu'il mobilise et qui font sens pour lui. Il convient alors de lier à la fois les évolutions biophysiques et écologiques de l'agroécosystème, et les dynamiques en cours dans le développement de nouvelles logiques agronomiques que l'agriculteur se construit (ce qu'il observe pour cela, ce qu'il valide dans la logique agronomique et ce qu'il cherche à adapter dans son contexte). Les propositions faites dans ce texte vont dans le sens de rendre possible et conserver ce lien. Le lien entre la recherche (production de nouvelles connaissances par les scientifiques) et le développement (mobilisation des connaissances produites et combinaisons avec celles des agriculteurs) est ainsi directement questionné dans ses modalités par la manière dont on comprend les processus de re-conception.

Mais au-delà d'une reconfiguration des pratiques d'accompagnement, l'étude de la re-conception de systèmes de culture du point de vue de l'activité de l'agriculteur amène à suggérer aux agronomes d'être réflexifs sur les choix épistémiques qui dominent dans leur discipline et leurs métiers. En particulier, elle montre qu'au-delà d'incorporer à la fois des connaissances scientifiques et expertes dans des outils ou modèles, notamment dans l'objectif de les contextualiser, d'autres catégorisations des connaissances peuvent être mobilisées pour comprendre les légitimations pour l'action dans le changement de pratique. Elle questionne aussi la tendance à faire reposer la construction d'une compréhension systémique sur des modèles toujours plus complexes cumulant des connaissances sur les processus élémentaires sans intégrer la pratique.

Références

- Bos, A. P., P. W. G. Groot Koerkamp, J. M. J. Gosselink, and S. Bokma. 2009. Reflexive interactive design and its application in a project on sustainable dairy husbandry systems. *Outlook on Agriculture* 38: 137–145.
- Caron, Patrick, Estelle Bienabe, and Etienne Hainzelin. 2014. Making transition towards ecological intensification of agriculture a reality: the gaps in and the role of scientific knowledge. *Current Opinion in Environmental Sustainability* 8: 44–52.
- Cash, David W., William C. Clark, Frank Alcock, Nancy M. Dickson, Noelle Eckley, David H. Guston, Jill Jäger, and Ronald B. Mitchell. 2003. Knowledge systems for sustainable development. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 100: 8086–8091. doi:10.1073/pnas.1231332100.
- Chantre, E., M. Cerf, and M. Le Bail. 2015. Transitional pathways towards input reduction on French field crop farms. *International Journal of Agricultural Sustainability* 13: 69–86. doi:10.1080/14735903.2014.945316.
- Colbach, N., C. Dürr, J. ROGER-ESTRADE, and J. Caneill. 2005. How to model the effects of farming practices on weed emergence. *Weed Research* 45: 2–17.
- Coquil, X. 2014. Transition des systèmes de polyculture elevage laitiers vers l'autonomie. Une approche par le développement des mondes professionnels. *ABIES-AgroParisTech, Paris*: 228.
- Dalgaard, Tommy, Nicholas J Hutchings, and John R Porter. 2003. Agroecology, scaling and interdisciplinarity. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 100: 39–51. doi:10.1016/S0167-8809(03)00152-X.

- Dogliotti, S., M. K. Van Ittersum, and W. A. H. Rossing. 2005. A method for exploring sustainable development options at farm scale: a case study for vegetable farms in South Uruguay. *Agricultural Systems* 86: 29–51.
- Doré, Thierry, David Makowski, Eric Malézieux, Nathalie Munier-Jolain, Marc Tchamitchian, and Pablo Tittonell. 2011. Facing up to the paradigm of ecological intensification in agronomy: Revisiting methods, concepts and knowledge. *European Journal of Agronomy* 34: 197–210. doi:10.1016/j.eja.2011.02.006.
- Dulcire, M. 1997. A partnership to achieve an impact: what kind of agronomic research can contribute to the evolution of agricultural practices. *Workshop "Linking Participatory Methodologies with People's realities"*, Brighton, GB.
- Duru, Michel, Olivier Therond, Guillaume Martin, Roger Martin-Clouaire, Marie-Angéline Magne, Eric Justes, Etienne-Pascal Journet, et al. 2015. How to implement biodiversity-based agriculture to enhance ecosystem services: a review. *Agronomy for Sustainable Development* 35: 1259–1281. doi:10.1007/s13593-015-0306-1.
- Faugère, Elsa, Mireille Navarrete, Marie Charles, Michel Étienne, Joël Fauriel, Jacques Lasseur, Élisabeth Lécrivain, Martine Napoléone, and Réjane Paratte. 2011. Des connaissances scientifiques en quête de connaissances d'acteurs. *Natures Sciences Sociétés* 18: 395–403. doi:10.1051/nss/2011002.
- Gardarin, Antoine, Carolyne Dürr, and Nathalie Colbach. 2012. Modeling the dynamics and emergence of a multispecies weed seed bank with species traits. *Ecological Modelling* 240: 123–138.
- Girard, Nathalie, and Mireille Navarrete. 2005. Quelles synergies entre connaissances scientifiques et empiriques?? L'exemple des cultures du safran et de la truffe. *Natures Sciences Sociétés* Vol. 13: 33–44.
- Guillot, Marie-Noëlle, Marianne Cerf, Marie-Sophie Petit, Paul Olry, and Bertrand Omon. 2013. Développer la capacité des conseillers à agir face à la diversité des situations de conseil en grande culture. *Économie rurale* n° 337: 59–74.
- Heink, Ulrich, and Ingo Kowarik. 2010. What are indicators? On the definition of indicators in ecology and environmental planning. *Ecological Indicators* 10: 584–593. doi:10.1016/j.ecolind.2009.09.009.
- Hill, S. B., and R. J. MacRae. 1995. Conceptual framework for the transition from conventional to sustainable agriculture. *Journal of Sustainable Agriculture* 7: 81–87.
- Ingram, Julie. 2008. Are farmers in England equipped to meet the knowledge challenge of sustainable soil management? An analysis of farmer and advisor views. *Journal of Environmental Management* 86: 214–228. doi:10.1016/j.jenvman.2006.12.036.
- Lamine, Claire. 2012. «?Changer de système?»: une analyse des transitions vers l'agriculture biologique à l'échelle des systèmes agri-alimentaires territoriaux. *Terrains & travaux* n° 20: 139–156.
- Lançon, Jacques, Raymond Reau, Michel Cariolle, N. Munier-Jolain, B. Omon, Marie-Sophie Petit, Philippe Viaux, and Jacques Wery. 2008. Elaboration à dire d'experts de systèmes de culture innovants. *Systèmes de culture innovants et durables: quelles méthodes pour les mettre au point et les évaluer*. 91–107.
- Lundvall, Bengt-åke, and Björn Johnson. 1994. The Learning Economy. *Journal of Industry Studies* 1: 23–42. doi:10.1080/13662719400000002.
- Marchand, Fleur, Lies Debruyne, Laure Triste, Catherine Gerrard, Susanne Padel, and Ludwig Lauwers. 2014. Key characteristics for tool choice in indicator-based sustainability assessment at farm level. *Ecology and Society* 19. doi:10.5751/ES-06876-190346.
- Meynard, J.M., F. Aggeri, J. B. Coulon, R. Habib, and J. P. Tillon. 2006. Recherches sur la conception de systèmes agricoles innovants. *Rapport du groupe de travail*.
- Meynard, J.M., Benoit Dedieu, and A. P. (Bram) Bos. 2012. Re-design and co-design of farming systems. An overview of methods and practices. In *Farming Systems Research into the 21st Century*:

The New Dynamic, ed. Ika Darnhofer, David Gibbon, and Benoît Dedieu, 405–429. Springer Netherlands.

Nicholls, Ci, and Ma Altieri. 2016. Agroecology: Principles for the Conversion and Redesign of Farming Systems. *Journal of Ecosystem & Ecography* 1. doi:10.4172/2157-7625.S5-010.

Prost, Lorène, Elsa TA Berthet, Marianne Cerf, Marie-Hélène Jeuffroy, Julie Labatut, and Jean-Marc Meynard. 2016. Innovative design for agriculture in the move towards sustainability: scientific challenges. *Research in Engineering Design*: 1–11.

Ravier, Clémence, Lorène Prost, Marie-Hélène Jeuffroy, Alexander Wezel, Laurette Paravano, and Raymond Reau. 2015. Multi-criteria and multi-stakeholder assessment of cropping systems for a result-oriented water quality preservation action programme. *Land Use Policy* 42: 131–140.

Raymond, Christopher M., Ioan Fazey, Mark S. Reed, Lindsay C. Stringer, Guy M. Robinson, and Anna C. Evely. 2010. Integrating local and scientific knowledge for environmental management. *Journal of Environmental Management* 91: 1766–1777. doi:10.1016/j.jenvman.2010.03.023.

Reau, Raymond, L.A. Monnot, A. Schaub, N. Munier-Jolain, I. Pambou, C. Bockstaller, M. Cariolle, A. Chabert, and P. Dumans. 2012. Les ateliers de conception de systèmes de culture pour construire, évaluer et identifier des prototypes prometteurs. *Innovations agronomiques*: 5–33.

Rusch, Adrien, Muriel Valantin-Morison, Jean-Pierre Sarthou, Jean Roger-Estrade, and others. 2010. 6 Biological Control of Insect Pests in Agroecosystems: Effects of Crop Management, Farming Systems, and Seminatural Habitats at the Landscape Scale: A Review. *Advances in agronomy* 109: 219.

Toffolini, Quentin, Marie-Hélène Jeuffroy, and Lorène Prost. 2015. Indicators used by farmers to design agricultural systems: a survey. *Agronomy for Sustainable Development* 36: 1–14. doi:10.1007/s13593-015-0340-z.

de Tourdonnet, Stephane, Hélène Brives, Michel Denis, Bertrand Omon, and Frédéric Thomas. 2013. Accompagner le changement en agriculture: du non labour à l'agriculture de conservation. www.agronomie.asso.fr/carrefour-inter-professionnel/evenements-de-lafa/revue-en-ligne.

Vereijken, P. 1997. A methodical way of prototyping integrated and ecological arable farming systems (I/EAFS) in interaction with pilot farms. In *Developments in Crop Science*, ed. M.K. van Ittersum and S.C van de Geijn, Volume 25:293–308. Elsevier.

Wustenberghs, Hilde, Ilse Delcour, Karoline D'Haene, Ludwig Lauwers, Fleur Marchand, Walter Steurbaut, and Pieter Spanoghe. 2012. A dual indicator set to help farms achieve more sustainable crop protection. *Pest Management Science* 68: 1130–1140. doi:10.1002/ps.3332.