

# Évaluation participative de prototypes de systèmes de culture combinant agriculture de conservation et agriculture biologique

Joséphine Peigné<sup>1</sup>  
 Vincent Lefèvre<sup>1,2</sup>  
 Damien Craheix<sup>3</sup>  
 Frédérique Angevin<sup>3</sup>  
 Mathieu Capitaine<sup>2</sup>

<sup>1</sup> ISARA Lyon  
 23, rue Jean Baldassini  
 69367 Lyon cedex 7  
 France  
 <jpeigne@isara.fr>  
 <lefevrev@yahoo.fr>

<sup>2</sup> VetAgro Sup  
 Clermont Université  
 UMR 1273 AgroParisTech, Inra, Irstea,  
 VetAgro Sup, Métafort  
 BP 35  
 63370 Lempdes  
 France  
 <mathieu.capitaine@vetagro-sup.fr>

<sup>3</sup> INRA  
 UAR 1240 Eco-Innov  
 BP 01  
 78850 Thiverval-Grignon  
 France  
 <damien.craheix@grignon.inra.fr>  
 <frederique.angevin@grignon.inra.fr>

## Résumé

Les acteurs de l'agriculture biologique réfléchissent à leurs systèmes de culture afin de préserver la fertilité des sols, socle de ce mode de production. À cette fin, dans deux régions françaises, des agriculteurs ont conçu, avec des chercheurs, 14 prototypes de systèmes de culture intégrant les principes de l'agriculture de conservation. L'objectif de cet article est de montrer les apports de l'évaluation *ex ante* de prototypes de systèmes de culture dans un processus de co-conception. Pour ce faire, 11 indicateurs provenant du modèle d'évaluation de la durabilité MASC 2.0<sup>®</sup> ont été mobilisés pour évaluer les objectifs fixés par les agriculteurs à leurs prototypes. Cet outil permet d'évaluer des innovations à l'échelle du système de culture et sur les trois piliers de la durabilité. L'évaluation présente des apports à l'échelle individuelle pour les agriculteurs : elle met en évidence les forces et faiblesses des prototypes afin de les améliorer. Ainsi, l'agriculteur est mis en confiance avant de tester le système de culture et peut identifier les points de vigilance à surveiller lors de l'expérimentation. À l'échelle collective, la mise en évidence de points forts partagés par les prototypes conforte les agriculteurs pour changer de systèmes de culture. Par ailleurs, l'identification de points faibles les incite à trouver collectivement une solution. Pour les chercheurs, l'évaluation est une étape clé : la perception positive qu'en ont les agriculteurs est un signe de la réussite du travail. Elle permet aussi de mettre en évidence les combinaisons entre savoirs empiriques et scientifiques, ces derniers étant mobilisés et discutés lors de l'utilisation des indicateurs de MASC 2.0<sup>®</sup>.

**Mots clés :** agriculture biologique ; conception ; conservation des sols ; évaluation ; système de culture.

**Thèmes :** méthodes et outils ; productions végétales ; systèmes agraires.

## Abstract

### Participatory assessment of innovative cropping systems combining conservation agriculture and organic farming

Organic farmers aim at improving cropping systems to preserve soil fertility. To this end, researchers and organic farmers in two French regions have co-designed 14 cropping systems (prototypes) integrating the principles of conservation agriculture. The objective of this article is to show the contribution of prototype multi-criteria evaluation in the co-design process. Several indicators of the MASC 2.0<sup>®</sup> model are mobilized to evaluate the objectives farmers assigned to their prototypes. The evaluation proves useful at the individual level: it highlights the strengths and weaknesses of each prototype, allowing each farmer to improve his prototype while considering these different aspects during the redesigning process. It also gives farmers confidence before testing the prototype on farm, as they have a clearer idea of the key points to watch during the experimentation. At the collective level, highlighting strengths or weaknesses shared by several prototypes reinforces farmers in choices made to improve their cropping systems, and encourages them to find collective solutions when weaknesses are shared. While it was already clear

Tirés à part : J. Peigné

doi: 10.1684/agr.2015.0737

Pour citer cet article : Peigné J, Lefèvre V, Craheix D, Angevin F, Capitaine M, 2015. Évaluation participative de prototypes de systèmes de culture combinant agriculture de conservation et agriculture biologique. *Cah Agric* 24 : 134-41. doi : 10.1684/agr.2015.0737

for researchers that evaluation is a key step in such work, the fact that farmers also have a positive perception of this method is a sign of its success. Multi-criteria evaluation is also a powerful tool to show the tradeoffs between empirical and scientific knowledge in the design of new cropping systems.

**Key words:** assessment; cropping systems; design; soil conservation; organic farming.

**Subjects:** farming systems; tools and methods; vegetal productions.

Aujourd'hui, de nombreux acteurs se questionnent sur la capacité des systèmes de culture pilotés en agriculture biologique à favoriser l'activité biologique des sols. En effet, l'utilisation intensive du travail du sol pour lutter contre les adventices et la spécialisation des systèmes de production avec un abandon de système en polyculture-élevage (Darnhofer *et al.*, 2010) conduisent à une baisse de la fertilité des sols. Pour faire face à cette menace, l'agriculture de conservation, à savoir la combinaison de la réduction de la perturbation mécanique du sol, le maintien d'un couvert végétal à sa surface et la diversification des successions est une solution envisagée en agriculture biologique (Mäder et Berner, 2012). Or, l'introduction des techniques sans labour en agriculture biologique soulève des questions comme la gestion des adventices. Il est ainsi nécessaire de repenser fondamentalement les systèmes de culture dans leur ensemble. Il s'agit alors de concevoir des systèmes de culture *de novo*, c'est-à-dire en rupture forte avec les systèmes existants (Meynard *et al.*, 2012).

Pour cela, une méthode spécifique de co-conception de systèmes de culture a été développée et mise en œuvre avec deux groupes d'agriculteurs en agriculture biologique (Lefèvre *et al.*, 2014). Elle vise à favoriser les processus d'innovation vus comme :

- la recherche de systèmes nouveaux plus performants ;
- leur adoption par les praticiens.

Les outils à disposition des agronomes pour évaluer de nouveaux systèmes de production agricoles à l'échelle du système de culture se sont largement développés au cours des quinze dernières années afin de répondre aux enjeux du développement durable (Bockstaller *et al.*, 2009). Ces outils permettent de réaliser une évaluation

*ex ante* et rapide des systèmes de culture avant essai aux champs. Ils renforcent ainsi la place de l'évaluation dans le processus de conception de nouveaux systèmes de culture adaptés à de nouveaux enjeux.

L'objectif de cet article est de présenter comment les résultats d'évaluation obtenus à l'aide d'indicateurs économiques, sociaux et environnementaux provenant d'un outil d'évaluation multicritère ont été mobilisés dans un processus de co-conception de systèmes de culture innovants impliquant des agriculteurs et des chercheurs. Les avantages et les inconvénients de la démarche proposée ici et des indicateurs mobilisés seront ensuite discutés.

## Matériel et méthode

Dans deux régions françaises (Rhône-Alpes et Auvergne), 13 agriculteurs en agriculture biologique (ou en conversion), en collaboration avec trois chercheurs, ont co-conçu 14 prototypes de systèmes de culture combinant les principes de l'agriculture de conservation avec ceux de l'agriculture biologique. Pour les agriculteurs ayant des exploitations de grandes cultures et de polyculture-élevage, la conception s'est centrée sur ces systèmes de production. À travers cet exercice, les systèmes de culture proposés devaient répondre à l'objectif identifié par l'ensemble des participants : augmenter la fertilité du sol, via l'obtention d'une teneur en matière organique des sols et d'un état structural du sol très satisfaisants. Par ailleurs, et en accord avec les exigences exprimées par les agriculteurs, les systèmes de culture nouvellement conçus devaient maintenir des performances économiques et sociales en conservant, par exemple, des marges semi-nettes (tenant compte des charges opérationnelles et de

mécanisation) et un temps de travail jugés « acceptables » par les agriculteurs (Lefèvre *et al.*, 2014).

## Les prototypes de systèmes de culture co-conçus

Un prototype correspond à un système de culture théorique, non mis en œuvre jusqu'alors sur l'exploitation. Il est caractérisé par des objectifs visés, une succession de cultures et des itinéraires techniques pour chaque culture (Reau *et al.*, 2012). Les prototypes conçus intègrent tous les principes de l'agriculture de conservation, à savoir une diversification des cultures (allongement des successions, introduction de nouvelles cultures), une réduction de la perturbation du sol et une utilisation de couverts végétaux. Toutefois, le degré d'application de ces principes et de rupture avec l'existant est plus ou moins important selon les cas. Ainsi, la diversité des pratiques mobilisées s'étend d'un système avec un travail du sol réduit (de type chisel et labour occasionnel) avec peu de couverts végétaux, à un système sans travail du sol avec semis à la volée des cultures principales dans un couvert permanent. La description détaillée de chaque prototype est donnée dans Lefèvre *et al.* (2014).

## Choix des indicateurs d'évaluation

L'évaluation est qualifiée d'*ex ante* car elle porte sur des prototypes qui ne sont pas encore mis en œuvre au champ et vise à estimer leur capacité à répondre aux objectifs définis collectivement. Chaque objectif est divisé en sous-objectifs, afin de pouvoir l'évaluer plus précisément (tableau 1). Les indicateurs retenus sont proposés dans la méthode d'évaluation qualitative MASC 2.0<sup>®</sup> (Craheix *et al.*, 2012).

## Tableau 1. Objectifs et sous-objectifs des prototypes issus de la collaboration entre chercheurs et agriculteurs.

Table 1. Prototype objectives and sub-objectives defined by researchers and farmers during the design of new cropping systems.

| Objectifs             | Sous-objectifs  |
|-----------------------|---|
| Agro-environnementaux | 1) Obtenir une « bonne » teneur en matière organique ( <i>a minima</i> maintenir le bilan humique du sol à l'équilibre)   |
|                       | 2) Maintenir des bilans d'éléments minéraux équilibrés (pas de perte de P ou K par exemple)   |
|                       | 3) Protéger et favoriser la biodiversité et l'activité biologique   |
| Socio-économiques     | 4) Obtenir une structure favorable (poreuse, permettant l'implantation des cultures et la circulation des fluides)  |
|                       | 5) Réduire les risques d'érosion (en favorisant des pratiques agricoles jugées favorables et en maintenant les teneurs en matière organique des sols, ainsi qu'en maintenant un pH favorable - entre 6.2-7.2) |
|                       | 6) Contenir les infestations d'adventices (favoriser des pratiques qui contrôlent la pression adventices)   |
| Agro-environnementaux | 7) Obtenir des marges suffisantes (au dire d'agriculteur)   |
|                       | 8) Réduire la dépendance à l'énergie fossile  |
|                       | 9) Gagner en efficacité : obtenir un temps de travail jugé acceptable, et éviter les pics d'activité  |

P : phosphore ; K : potassium.

Ils sont compatibles avec une utilisation :

- *ex ante* ;
- à l'échelle du système de culture ;
- ils couvrent une gamme de performances relatives au développement durable (économiques, sociales, environnementales et agronomiques).

MASC 2.0<sup>®</sup> propose 39 domaines d'évaluation appelés critères. Onze critères ont été retenus (*tableau 2*). À chaque critère correspond un ou plusieurs indicateurs. Les indicateurs sont agrégés pour donner un résultat global par critère. La pondération entre indicateurs est spécifique au critère (*tableau 2*). Les pondérations proposées par MASC 2.0<sup>®</sup> n'ont pas été modifiées. Mais, contrairement à MASC 2.0<sup>®</sup>, les critères n'ont pas été agrégés pour arriver à une évaluation unique du système de culture. La hiérarchisation et les arbitrages entre

critères se font en fonction des attentes propres à chaque agriculteur. Le faible nombre de critères retenus permet de les visualiser sur deux diagrammes radar, et ainsi, pour l'agriculteur, de prendre une décision en tenant compte de l'ensemble des critères retenus.

Les indicateurs proposés dans MASC 2.0<sup>®</sup> offrent la possibilité aux utilisateurs d'adapter les évaluations à leur situation, en considérant dans l'estimation des performances, le contexte pédoclimatique et socio-économique. L'évaluation a été ainsi réalisée pour chaque système de culture dans les conditions propres de l'agriculteur qui le propose. Lors des ateliers de conception, les agriculteurs ont fourni :

- une description détaillée de la succession des cultures et des itinéraires techniques pour chaque prototype ;
- des références contextuelles permettant d'adapter le paramétrage pro-

posé par défaut, en mobilisant des résultats d'analyses de sol, des données climatiques de stations proches des exploitations et des données socio-économiques (ex. relatives aux prix moyen de vente des productions, temps de travail moyen pour certaines interventions).

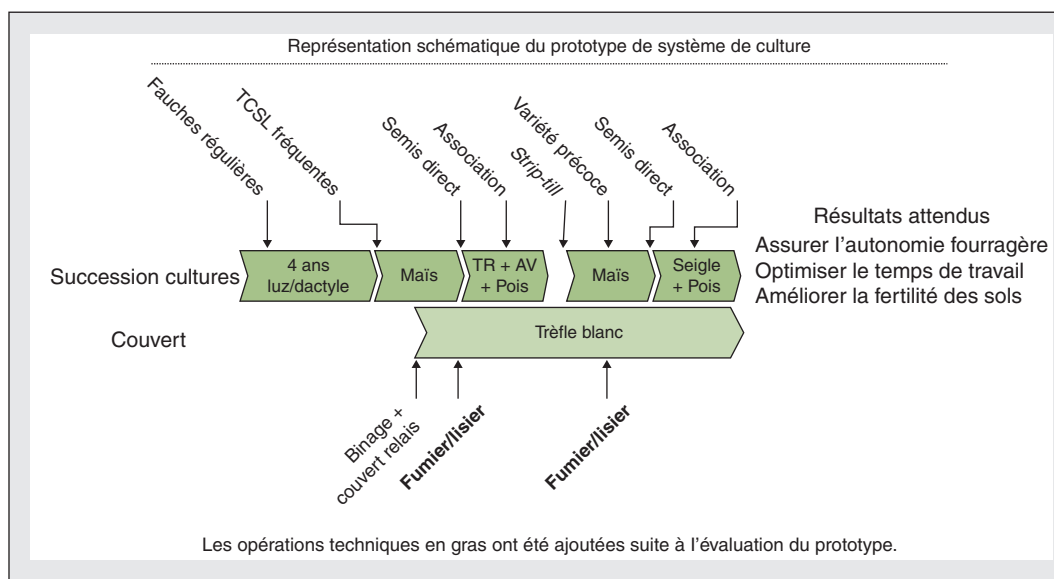
L'outil MASC 2.0<sup>®</sup>, étant un outil d'évaluation qualitatif (résultats du type « faible », « moyen », « élevé »), des valeurs-seuils sont utilisées pour discrétiser les valeurs quantitatives calculées. Cette procédure permet d'homogénéiser les résultats, de porter un jugement sur les performances des critères étudiés et de discriminer les systèmes évalués entre eux. Dans notre étude, certaines valeurs-seuils ont été adaptées aux attentes des agriculteurs et aux potentialités locales, par exemple les valeurs-seuils relatives aux marges économiques.

**Tableau 2. Les 11 critères de MASC 2.0<sup>®</sup> retenus pour évaluer les objectifs assignés par les chercheurs et agriculteurs aux prototypes de systèmes de culture.**

Table 2. The 11 criteria of MASC 2.0<sup>®</sup> used for assessing the prototype objectives.

| Objectifs             | Sous-objectifs                         | Critères de MASC 2.0 <sup>®</sup> retenus | Nature de l'indicateur        | Indicateurs et leurs méthodes d'évaluation |  |
|-----------------------|--|---|-------------------------------|--|--|
| Agro-environnementaux | Améliorer la fertilité des sols        | 1 : Matière organique                     | Maîtrise du statut organique  | Quantitatif                                | Indicateur I <sub>MO</sub> de la méthode INDIGO <sup>®</sup> (Bockstaller <i>et al.</i> , 1997)  |
|                       |  | 2 : Fertilité P et K                      | Maîtrise de la fertilité P-K  | Qualitatif                                 | État de fertilité initial (35 %) ; pouvoir tampon du sol (15 %) ; bilan cultural P-K (33 %) ; recyclage interne (16 %)   |
|                       |  | 3 : Activité biologique                   | Macrofaune du sol             | Qualitatif                                 | Effet du travail du sol (40 %) ; effet des apports de matières organiques (35 %) ; IFTI : indice de fréquence des traitements avec insecticides (25 %)                 |
|                       |  | 3 : Activité biologique                   | Micro-organismes              | Qualitatif                                 | Diversité des familles cultivées (25 %) ; effets des apports de matières organiques (50 %) ; IFTT : indice de fréquence de tous les traitements phytosanitaires (25 %) |
|                       |  | 4 : Structure du sol                      | Maîtrise de l'état structural | Qualitatif                                 | Dégradation de l'état structural (50 %) ; régénération structure du sol (50 %)   |
| Socio-économiques     | Maîtriser la production                | 5 : Érosion des sols                      | Maîtrise de l'érosion         | Qualitatif                                 | Couverture du sol en période à risque (55 %) ; effet du travail du sol (35 %) ; compaction du sol (10 %)   |
|                       |  | 6 : Adventices                            | Maîtrise des adventices       | Qualitatif                                 | Diversité des dates de semis (50 %) ; effet du labour (20 %) ; effet des interventions mécaniques, chimiques et du contrôle par la couverture végétale (30 %)          |
|                       |  | 7 : Marges                                | Rentabilité                   | Quantitatifs                               | Marge semi-nette permettant de considérer les aides publiques et les charges de mécanisation (€ .ha <sup>-1</sup> .an <sup>-1</sup> )                                  |
| Socio-économiques     | Ne pas impacter les marges économiques | 7 : Marges                                | Surcoût en matériels          | Qualitatif                                 | Coût supplémentaire associé à l'achat d'un nouveau matériel  |
|                       |  | 8 : Énergie                               | Consommation en énergie       | Quantitatif                                | Indicateur I <sub>EN</sub> de la méthode INDIGO <sup>®</sup> (Bockstaller <i>et al.</i> , 1997) basé sur la consommation d'énergie directe et indirecte                |
| Socio-économiques     | Optimiser le temps de travail          | 9 : Temps de travail                      | (Contribution à l'emploi)     | Quantitatif                                | Nombre d'heures de travail moyen (h .ha <sup>-1</sup> .an <sup>-1</sup> )  |

Les indicateurs quantitatifs sont transformés via l'utilisation de valeurs-seuils en indicateurs qualitatifs. Ainsi, tous les critères sont évalués suivant quatre classes : « très faible » ; « faible à moyen » ; « moyen à élevé » ; « très élevé ».  
P : phosphore ; K : potassium.



**Figure 1.** Présentation simplifiée du prototype 11 : système de culture avec semis direct.

**Figure 1.** Scheme of prototype 11: cropping system with direct sowing.

TCSL : techniques culturales sans labour ; TR : triticales ; AV : avoine ; Luz : luzerne

Nb : Le trèfle blanc est semé à la volée lors du dernier binage sur le premier maïs. Il est maintenu durant les trois cultures suivantes puisqu'il n'est détruit que très partiellement sur les

lignes de semis par les outils. La première année, le trèfle blanc est broyé. Lors des deux intercultures suivantes, le trèfle blanc est récolté en foin.

De même, le critère évaluant le temps de travail pour les agriculteurs n'existe pas explicitement dans MASC 2.0<sup>®</sup>. Bien qu'un indicateur relatif au « nombre d'heures travaillées/ha/an » soit proposé dans cet outil, celui-ci est utilisé dans MASC 2.0<sup>®</sup> pour renseigner le critère « contribution à l'emploi ». Dans ce cas, plus il y a d'heures de travail/ha/an, plus le système sera exigeant en main-d'œuvre et plus forte sera sa contribution à l'emploi. Cet indicateur a donc été remobilisé et modifié, en inversant l'échelle de jugement, pour considérer cette fois-ci que plus le nombre d'heures de travail/ha/an est élevé, moins le critère est bon. Enfin, des hypothèses ont pu être faites pour évaluer les performances. Elles concernent principalement l'estimation des rendements des cultures. Ces estimations ont été effectuées avec les agriculteurs lors des ateliers de conception, en prenant en compte le potentiel des sols et l'impact des facteurs limitants majeurs du rendement des cultures biologiques, à savoir la concurrence des adventices, la disponibilité en azote du système et les compétitions avec les couverts. Pour ce faire, des connaissances scientifiques disponibles ont été mobilisées, ainsi que des connaissances empiriques d'autres agriculteurs, identifiés comme étant « pionniers » sur ces techniques culturales.

En conclusion, les prototypes ne sont pas évalués en comparaison de systèmes de culture pratiqués dans les exploitations agricoles, mais sur des références. Ces dernières sont soit incluses dans MASC 2.0<sup>®</sup>, soient apportées par les chercheurs de l'étude et par discussion avec les agriculteurs.

## Résultats

Dans ce travail, des boucles conception/évaluation *ex ante* ont été utilisées de manière individuelle et collective. L'ensemble des prototypes a été évalué, puis les résultats ont été présentés de façon individuelle. Chaque agriculteur a reçu l'évaluation du ou des prototypes qu'il avait conçu(s). Ensuite, les prototypes ont été regroupés sous forme de stratégies d'intervention ou d'action et l'évaluation de ces stratégies a été présentée au groupe.

### L'évaluation individuelle

Afin de simplifier la présentation des résultats, seul le processus d'évaluation du prototype 11 sera présenté dans cet article (figure 1). Il a été proposé par un polyculteur-éleveur. Ce prototype répond aux trois principales attentes de l'agriculteur :

- assurer l'autonomie alimentaire de son troupeau (via le recours à quatre années de prairies temporaires, puis la récolte de maïs grain humide et d'un mélange céréales/protéagineux) ;
- optimiser son temps de travail ;
- préserver la fertilité de ses sols.

Pour atteindre ces deux derniers objectifs, l'agriculteur a mobilisé plusieurs principes de l'agriculture de conservation, tels que le travail du sol sans labour, le semis direct et le couvert permanent (trèfle blanc).

L'évaluation de ce prototype montre les points faibles du système envisagé par l'agriculteur (figures 2 A P11 et 2 B P11), à savoir des problèmes de compaction des sols (sols sensibles au tassement, se régénérant peu sous l'action du climat), de fertilité phospho-potassique et un surcoût en matériel (plusieurs outils nouveaux sont nécessaires). Les points forts du prototype sont une très bonne conservation des organismes vivants du sol ainsi que la maîtrise du statut organique et de l'érosion. Ce système est aussi très économe en énergie puisqu'il n'y a pas de recours à des engrais organiques extérieurs, qui nécessitent une consommation d'énergie indirecte pour leur production et leur transport. L'autonomie alimentaire n'a pas été évaluée par manque d'indicateur adéquat et parce que la démarche



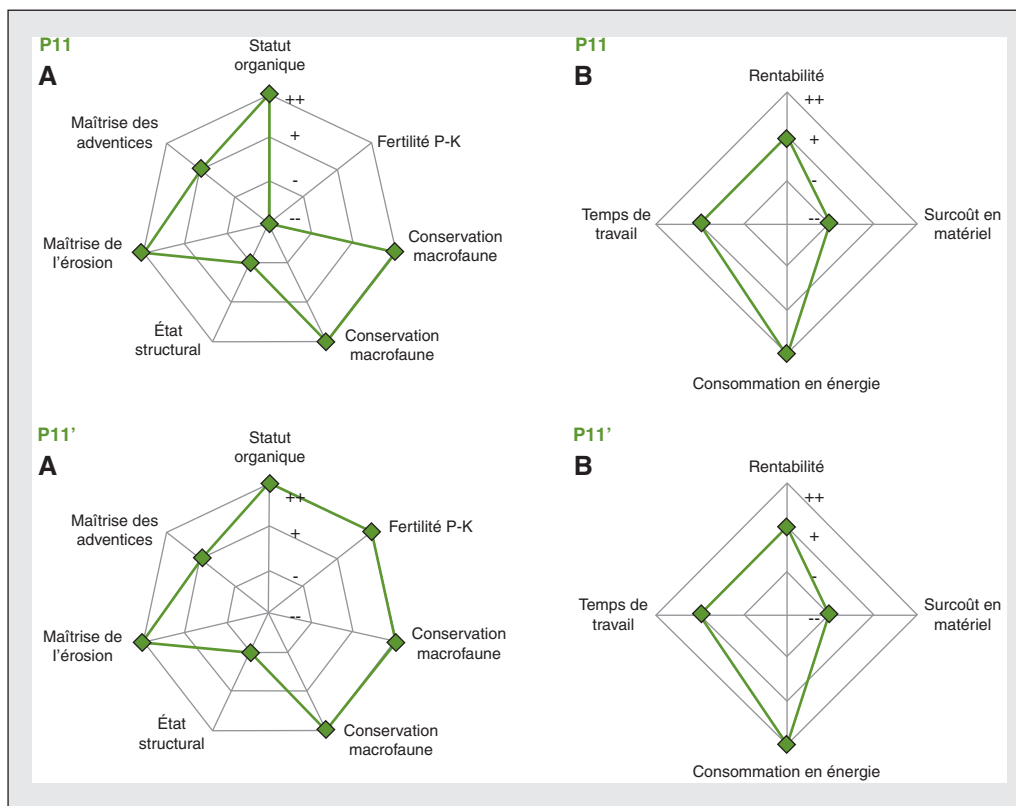


Figure 2. Évaluation des performances agro-environnementales (A) et socio-économiques (B) du prototype après conception (P11) puis reconception (P11').

Figure 2. Agro-environmental (A) and economic (B) performances assessment of prototype after design (P11) and re-design (P11').

Plus l'aire est grande, meilleure est la performance du système de culture : -- note « très faible » ; - note « faible à moyenne » ; + note « moyenne à élevée » ; ++ note « très élevée ». Les modifications apportées par l'agriculteur ont permis d'améliorer les performances au niveau de la fertilité P-K passant de « très faible » (figure A P11) à « très élevée » (figure A P11').

d'évaluation choisie est limitée au système de culture. Cependant, l'estimation des productions obtenues par ce prototype satisfait les attentes de l'agriculteur. Par rapport aux objectifs visés, ce prototype répond à l'enjeu « temps de travail » du fait du faible nombre de passages, et à celui de la préservation de la fertilité biologique du sol. Suite à cette phase d'évaluation, le prototype a été retravaillé avec l'agriculteur pour améliorer sa conformité aux objectifs. L'agriculteur a notamment recherché des leviers pour corriger les carences phospho-potassiques potentielles. Pour cela, il a ajouté deux fertilisations organiques (figure 1 – opérations en gras), issues de son élevage. Le prototype a de nouveau été évalué (figure 2 A P11' et 2 B P11') afin de vérifier que l'action corrective envisagée avait bien permis d'atteindre l'objectif souhaité sans dégrader les autres critères. Toutefois, les adaptations proposées n'ont pas permis de corriger tous les points

faibles identifiés. Ainsi, l'agriculteur garde l'idée du non-labour, malgré le risque d'accroître le tassement des sols et le surcoût financier engendré par la nécessité d'acheter du matériel supplémentaire (outils de non-labour type chisel et semoir en semis direct spécifique). L'évaluation lui a montré les points à surveiller lors de la mise en œuvre de ce prototype et une partie des difficultés potentielles auxquelles il devra faire face.

### L'évaluation collective

La discussion collective des résultats de l'évaluation *ex ante* a permis à chacun de bénéficier des échanges. Les résultats ont globalement conforté la vision individuelle qu'avaient les agriculteurs des performances des différents prototypes. Par exemple, suite aux résultats « élevés à très élevés », des évaluations des systèmes de culture prototypes mobilisant le semis direct, le

*strip till* ou le semis à la volée sur la macrofaune du sol, un agriculteur a annoncé « je peux scientifiquement prouver que je respecte la macrofaune (...) c'est mon objectif du non-labour ». Néanmoins, le processus d'évaluation et les échanges ont aussi conduit les agriculteurs à revoir les systèmes de culture qu'ils avaient conçus. Par exemple, beaucoup d'entre eux avaient introduit des prairies temporaires dans leur prototype avec une récolte fréquente des fauches pour produire du fourrage soit intracommunautaire, soit vendu. L'évaluation de l'effet de cette pratique sur la qualité biologique et chimique des sols a fait apparaître un impact négatif pour une grande majorité de prototypes, sous-estimé par les agriculteurs. Ils ont alors proposé collectivement de réduire les exportations des prairies temporaires ou de les compenser par des apports supplémentaires de matière organique fraîche. Ainsi, un agriculteur a conclu son travail par « pour moi, cela a été une

*vraie réflexion, j'ai compris les points faibles et les points forts, je vais retravailler mon schéma* (NDLR : prototype) ».

L'évaluation *ex ante*, par l'identification des principales faiblesses des prototypes, a permis de souligner les défis importants restant à relever pour favoriser l'adoption de ces nouvelles combinaisons de pratiques. En effet, des critères évalués comme mauvais n'ont pas pu être corrigés : le surcoût en matériel et l'état structural du sol en semis direct, le temps de travail en travail du sol réduit et la rentabilité en semis à la volée. Les agriculteurs font alors des compromis entre les points forts et faibles. Ces derniers sont soit acceptés en tant que tel, soit repérés comme des points de vigilance pour la mise en place des prototypes sur le terrain.

## Discussion

### Première estimation des performances des systèmes de culture innovants et des questions qui se posent pour les concevoir

Grâce aux indicateurs, les agriculteurs ont été en mesure d'identifier les systèmes de culture étant *a priori* les plus prometteurs et d'en améliorer certains, sans avoir à tester au champ toutes les alternatives possibles. L'évaluation *ex ante* s'est donc ici révélée être une alternative intéressante au manque de références scientifiques et techniques inhérent à la conception de systèmes de culture innovants en rupture avec les pratiques existantes. Il existe en effet très peu d'informations sur les impacts environnementaux, agronomiques et économiques des systèmes de culture en non-labour, intégrant des couverts végétaux en agriculture biologique. Les travaux conduits sur ce sujet en Europe ont principalement été effectués sur des sites expérimentaux nécessitant beaucoup de temps (la durée de la rotation) et de moyens (Mäder et Berner, 2012). Ils ne permettent pas d'extrapoler les résultats obtenus à l'ensemble des combinaisons de pratiques possibles en agriculture de conservation et à d'autres contextes pédoclimatiques.

L'évaluation conduite dans cette étude montre qu'une intervention culturale peut être bénéfique au regard de certains critères et préjudiciable pour d'autres. L'attribution de valeurs permet d'estimer l'ampleur de ces antagonismes avec un niveau de précision relatif, compatible avec la nature des informations disponibles dans le cadre d'une évaluation *ex ante*. Les résultats obtenus ont notamment mis en avant la variabilité des performances associées à la mise en œuvre des principes de l'agriculture de conservation en agriculture biologique, suivant les systèmes de culture proposés par les agriculteurs et les objectifs qu'ils se fixent. Cette variabilité des performances est particulièrement intéressante à discuter dans les phases d'échange collectif : elle a notamment permis de montrer qu'il n'y a pas qu'une façon de faire de l'agriculture de conservation. De ce constat, les agriculteurs peuvent réviser leur jugement sur une pratique (considérée de manière isolée) et échanger avec d'autres acteurs pour trouver des leviers aux obstacles rencontrés.

Grâce à leur transparence et leur flexibilité lors de leur utilisation, les indicateurs issus de MASC 2.0<sup>®</sup> ont permis d'intégrer dans l'évaluation des préférences d'acteurs et des connaissances expertes, en particulier pour les indicateurs socio-économiques. Comme le soulignent Colomb et Bergez (2013), lorsqu'il s'agit d'évaluer certaines performances socio-économiques, les acteurs de l'évaluation sont souvent confrontés à la manipulation d'informations un peu plus subjectives (ex. choix des valeurs-seuils qui permettent de porter un jugement sur la rentabilité des cultures). La possibilité de considérer des connaissances empiriques provenant de l'expertise des agriculteurs a permis d'évaluer certains critères difficiles à renseigner *ex ante* à l'échelle du système de culture, parce que dépendant de l'ensemble du système technique de production (par exemple, l'estimation des pics de travail engendrés par la mise en œuvre d'un système innovant dépend du reste des activités de l'exploitation). Cette spécificité offre la possibilité de mieux prendre en compte à la fois les particularités locales et les besoins des agriculteurs impliqués. En accord avec Colomb et Bergez (2013), les

habituelles critiques de subjectivité et d'incertitudes qui en découlent ont été discutées en toute transparence avec les agriculteurs. Celles-ci étant explicites et connues des participants, l'interprétation a pu être menée en toute connaissance de cause. Cela a même favorisé les échanges avec les agriculteurs sur les freins et moteurs de l'adoption de systèmes de culture innovants. Par exemple, ce travail a amené les agriculteurs à se poser de nouvelles questions telles que « *pouvons-nous accepter une baisse de productivité pour favoriser la protection des sols et optimiser les services induits à plus long terme ?* »

Toutefois, il existe des limites à cette évaluation comme le manque de connaissances scientifiques actuellement disponibles pour estimer et prédire les performances de systèmes de culture innovants. De nombreuses hypothèses ont été faites au niveau de l'estimation des rendements en réponse à l'application de combinaisons de pratiques complexes. De même, les effets agronomiques et environnementaux de la combinaison de pratiques telles que le semis direct, l'implantation de couverts végétaux et l'absence d'utilisation d'herbicides sont *a priori* actuellement insuffisamment étudiés pour permettre d'apporter un jugement précis. Les combinaisons de pratiques imposent de nouveaux équilibres incertains à court terme, du fait d'un faible niveau de maîtrise technique et du temps nécessaire à l'expression de processus biologiques. Les recherches sur de nombreuses thématiques comme l'identification et la compréhension des processus biologiques impliqués dans l'agriculture de conservation sont à poursuivre. L'interprétation des résultats obtenus, même traduits en valeurs qualitatives, doit par conséquent être effectuée avec prudence. L'échelle du système de culture offre une résolution spatiale fine et une échelle temporelle longue pour estimer les impacts des interventions culturales et de la succession culturale sur les performances agronomiques et environnementales. Néanmoins, les données mobilisables pour renseigner les indicateurs sont essentiellement limitées aux informations disponibles à la parcelle. Or, certains objectifs ne peuvent être évalués sans tenir compte de l'échelle de l'exploitation

agricole ou tout du moins des interactions entre systèmes de culture et/ou d'élevage. Il convient d'analyser les marges de manœuvre des agriculteurs pour modifier un système de culture au regard d'autres systèmes de l'exploitation agricole (Papy, 2001). Par exemple, l'apport d'effluents organiques pour équilibrer les bilans en phosphore et potassium nécessitent soit l'achat d'éléments fertilisants, soit la relocalisation d'amendements organiques produits sur la ferme et, initialement, épandus sur d'autres parcelles. Les agriculteurs en ont tenu compte dans la conception des prototypes, toutefois il n'est pas possible de formaliser cette approche avec ce travail. Il convient ainsi de poursuivre ces travaux. Il serait intéressant, par exemple, d'analyser les verrous autant techniques que socio-économiques à l'adoption de systèmes de culture innovants à l'échelle de l'exploitation agricole et des territoires (Duru *et al.*, 2014).

## Qu'en font les agriculteurs ?

L'évaluation a permis de reconcevoir les systèmes de culture avec les agriculteurs pour corriger des points faibles. Toutefois, l'apport aux agriculteurs est plus large. En effet, les résultats, dans une grande majorité de cas, ont surtout conforté les agriculteurs dans leur propre évaluation des prototypes conçus. Cette mise en confiance a permis aux agriculteurs de mettre en place des expérimentations sur leurs parcelles. Ainsi suite à l'évaluation, un agriculteur a indiqué : « cela complexifie encore les choses, cela me donne un goût d'inachevé, mais cela me donne envie d'aller plus loin ». L'évaluation leur montre les points de vigilance et les composantes du système de culture à considérer afin de répondre aux objectifs.

L'évaluation a été perçue par les agriculteurs (et les chercheurs) comme un support facilitant les échanges. Ainsi, un agriculteur a précisé : « avec le système que j'envisage de mettre, si à chaque fois on a des petites barres (NDRL : note très faible), on se dit quand même qu'il y a un souci (...) donc si un de nous avait eu à chaque fois une évaluation complète (NDRL : note très élevée), on se dit que cela peut être intéressant

d'aller voir chez lui ce qu'il y a à prendre ». La principale limite reste le côté « théorique » de l'évaluation *ex ante* : « il y a des disparités assez fortes, c'est toujours intéressant d'avoir un regard même si comme le dit B., il y a une part de théorique ».

## Conclusion

Il est très difficile de se baser sur des résultats d'expériences pour appréhender la performance de systèmes de culture intégrant les principes de l'agriculture de conservation en agriculture biologique, et surtout les plus novateurs, peu mis en œuvre jusqu'ici. Les résultats de l'évaluation *ex ante* permettent :

- d'appréhender les performances de systèmes de culture prototypes « en rupture », avant leur mise en œuvre sur le terrain ;
- de réaliser des modifications pour les améliorer ;
- de comparer les performances d'une large gamme de systèmes de culture innovants dans un temps court.

En cela, l'évaluation *ex ante* est une étape clé dans un travail de co-conception.

Au-delà de ces résultats concrets, l'utilisation d'une approche multicritère *ex ante* a permis de produire des résultats qui ne doivent pas être perçus comme intangibles, mais plutôt comme un support de réflexion et de partage de connaissances entre les participants. Cet échange est bénéfique aux chercheurs, qui identifient les manques de connaissances et les questions restant en suspens, pour aider *in fine* les agriculteurs à modifier leurs pratiques agricoles. En retour, il est aussi bénéfique aux agriculteurs, car il les conforte dans leur recherche d'alternatives à leurs pratiques habituelles. Il leur permet de confronter leur point de vue à des résultats qui peuvent remettre en question leurs choix et aboutir à améliorer leur système. Ainsi, suite à ce travail, la majorité des agriculteurs a décidé de tester les prototypes conçus sur une partie de leur exploitation. En complément de l'expérimentation à l'échelle du système de culture, des travaux pourraient être mis en œuvre pour aider à l'insertion de ces systèmes innovants à l'échelle de l'exploitation agricole. ■

## Remerciements

Nous adressons nos remerciements aux agriculteurs qui ont collaboré à notre étude. Nous remercions aussi l'ADEME et le pôle ESTIVE pour le financement de la thèse de doctorat de V. Lefèvre. Cette étude a été financée en partie par le projet PEPITES (ANR) et TILMAN-Org (projet européen CORE Organic 2).

## Références

- Bockstaller C, Girardin P, van der Werf HM, 1997. Use of agro-ecological indicators for the evaluation of farming systems. *European Journal of Agronomy* 7:261-70. doi: 10.1016/S1161-0301(97)00041-5
- Bockstaller C, Guichard L, Keichinger O, Girardin P, Galan MB, Gaillard G, 2009. Comparison of methods to assess the sustainability of agricultural systems. A review. *Agronomy for Sustainable Development* 29:223-35. doi: 10.1051/agro:2008058
- Colomb B, Bergez JE, 2013. Construire une image globale des performances des systèmes de culture par le biais d'une évaluation multicritère. Buts, principes généraux et exemple. *Innovations Agronomiques* 31:45-60.
- Craheix D, Angevin F, Bergez JE, Bockstaller C, Colomb B, Guichard L, *et al.*, 2012. MASC 2.0, un outil d'évaluation multicritère pour estimer la contribution des systèmes de culture au développement durable. *Innovations Agronomiques* 20:35-48.
- Darnhofer I, Lindenthal T, Bartel-Kratochvil R, Zollitsch W, 2010. Conventionalisation of organic farming practices: from structural criteria towards an assessment based on organic principles. A review. *Agronomy for Sustainable Development* 30:67-81. doi: 10.1051/agro/2009011
- Duru M, Farez M, Therond O, 2014. Un cadre conceptuel pour penser maintenant (et organiser demain) la transition agroécologique de l'agriculture dans les territoires. *Cahiers Agriculture* 23:84-95. doi: 10.1684/agr.2014.0691
- Lefèvre V, Capitaine M, Peigné J, Roger-Estrade J, 2014. Farmers and agronomists design new biological agricultural practices for organic cropping systems in France. *Agronomy for Sustainable Development* 34:623-32. doi: 10.1007/s13593-013-0177-2
- Mäder P, Berner A, 2012. Development of reduced tillage systems in organic farming in Europe. *Renewable Agriculture and Food Systems* 27:7-11. doi: 10.1017/S1742170511000470
- Meynard JM, Dedieu B, Bos AP, 2012. Re-design and co-design of farming systems: an overview of methods and practices. In : Darnhofer I, Gibbon D, Dedieu B, eds. *Farming systems research into the 21st century: the new dynamic*. Dordrecht: Springer;407-32.
- Papy F, 2001. Interdépendance des systèmes de culture dans l'exploitation agricole. In : Malézieux E, Trébuil G, Jaeger M, eds. *Modélisation des agro-écosystèmes et aide à la décision*. Collection Repères, Éditions CIRAD-INRA, 2001:51-74.
- Reau R, Monnot LA, Schaub A, Munier-Jolain N, Pambou I, Bockstaller C, *et al.*, 2012. Les ateliers de conception de systèmes de culture pour construire, évaluer et identifier des prototypes prometteurs. *Innovations Agronomiques* 20:5-33.