



Le modèle MASC et ses utilisations pour l'évaluation de la durabilité des Systèmes de culture

Programme et résumés

9 et 10 mars 2010

**Amphi René Dumont
AgroParisTech
16 rue C. Bernard
75231 Paris Cedex 05**

Sommaire

Programme	3
Résumés	
Utilisation de MASC dans le cadre du RMT Système de Culture	5
Evaluation de systèmes de cultures pratiqués par des agriculteurs innovants de l'Eure	6
Evaluation multicritère de systèmes de culture innovants en Bretagne, à l'aide de MASC	7
Adaptation et utilisation de l'outil MASC pour l'évaluation ex ante de systèmes de culture bananiers innovants en Guadeloupe	11
Appropriation et adaptation de MASC par des conseillers agricoles pour l'évaluation de systèmes de culture biologiques	13
Les modèles Dexi SH*/Dexi-SPCE* pour une évaluation de la durabilité agro-environnementale des systèmes d'élevage	15
Evaluation multicritère de l'intérêt de système de culture en semis direct avec couverture végétale (SCV) dans le contexte de petits producteurs familiaux des Cerrados brésiliens : premières expériences de l'utilisation de MASC	17
DEXi-Fruit : un outil d'aide à la décision multicritère pour convertir un verger en agriculture biologique	19
DEXiPM : un outil pour l'évaluation des systèmes de cultures répondant aux exigences de la production intégrée	21
Analyse de sensibilité du modèle MASC - premiers résultats	23
Entre description et évaluation des systèmes : le goulot d'étranglement du calcul des indicateurs pour MASC	26
Quels apports de l'ergonomie de conception à la dynamique de développement d'un outil comme MASC ?	28

Programme

Afin que l'agriculture satisfasse davantage les attentes de la société, les systèmes de culture doivent évoluer. Les méthodes actuelles de conception de systèmes innovants incluent de plus en plus une phase d'évaluation *ex ante*, nécessairement multicritère, des systèmes candidats. L'outil MASC (pour *Multi-attribute assessment of the Sustainability of Cropping systems*), issu du projet ADD DISCOTECH, est fondé sur un modèle permettant d'évaluer la durabilité globale d'un système de culture. Il s'appuie sur une évaluation des trois dimensions usuellement distinguées dans la durabilité (économique, sociale, et environnementale). La première version de l'outil a été délivrée en 2008 (Sadok *et al*, 2009).

Les systèmes d'élevage et les systèmes de production fruitière ont fait l'objet de démarches d'évaluation multicritère similaires, s'appuyant de surcroît sur la même technologie DEX (Bohanec, 1999) de décomposition des problèmes de décision complexe.

L'objectif principal du séminaire est d'établir un bilan des premières utilisations de MASC. Quels sont les apports à l'approche comparative et argumentée de systèmes de grandes cultures, que ce soit pour guider les professionnels dans leurs stratégies de producteurs, les expérimentateurs dans le choix de scénarios à tester, ou pour apporter un éclairage à la décision publique sous la forme d'une expertise conduite par un panel de scientifiques ? Quelles sont les possibilités réelles et les difficultés de mise en œuvre de MASC ? Qui s'en est emparé, avec quelles préoccupations, et quelles formes d'organisation des collectifs de travail son utilisation a-t-elle suscitées ?

Le deuxième objectif du séminaire est d'identifier les principales voies d'amélioration de MASC. Celles-ci peuvent porter sur la structure même du modèle. En particulier, un premier diagnostic sur l'enrichissement en indicateurs et la restructuration de l'arbre qui lui conféreront une plus grande généralité, est attendu des discussions que susciteront les retours d'expérience. Tout aussi important, les voies d'amélioration peuvent également porter sur les conditions d'utilisation du modèle. En particulier, la nature des aides au calcul ou à l'estimation à dire d'expert des indicateurs de base du modèle est mise ici en débat, en privilégiant l'écoute des partenaires.

Un troisième objectif consiste à discuter les opportunités et modalités de travail collectif sur les outils d'évaluation multicritère de la durabilité des systèmes de culture utilisant la technologie DEX. On s'interrogera sur ce qui fonde une communauté : est-ce l'évaluation multicritère de la durabilité par décomposition/agrégation ? Est-ce l'utilisation de la technologie DEX sur des systèmes agricoles ? La question des intérêts d'une animation collective sera également débattue, en identifiant des objectifs (échange d'expériences, établissement collectif d'une hiérarchie de verrous à lever, etc.), et en discutant des modalités les plus appropriées (club d'utilisateurs, site web, etc.).

Enfin, la construction et l'utilisation d'un outil tel que MASC sont source de challenges pour la recherche. Le quatrième objectif du séminaire est donc d'aborder quelques-uns des fronts scientifiques les plus directement concernés. Le traitement des incertitudes par les analyses de sensibilité appropriées et l'intégration de plusieurs échelles d'approche sociotechniques emboîtées dans l'analyse des performances des systèmes de culture en sont les deux principaux. Une première réponse à la demande d'aide pour le calcul d'indicateurs de base du modèle est en cours de développement. Elle fait ici l'objet d'une présentation particulière. Enfin, si MASC peut être considéré comme une innovation technique pour la mise au point *concertée* de systèmes de culture plus durables, alors les compétences et les innovations organisationnelles qui permettront de l'utiliser efficacement devront être rapidement identifiées. Un regard porté par des ergonomes sur la dynamique de développement et les premières mises à l'épreuve de MASC trouve pleinement sa place dans ce séminaire.

Renseignements :

Responsable scientifique : thierry.dore@agroparistech.fr

Coordination : Bruno.Colomb@toulouse.inra.fr

Secrétariat : santoro@toulouse.inra.fr

Séminaire MASC, 9 et 10 mars 2010, PARIS
Le modèle MASC et ses utilisations pour l'évaluation de la durabilité des systèmes de cultures

J	Heure	Intervenant(s) / animateurs	Titre de l'intervention / objet de la session
9 mars	09:45	Thierry Doré (INRA)	Introduction du séminaire
	10:15	Marie Sophie Petit (CRA Bourgogne)	Utilisation de MASC dans le cadre du RMT Systèmes de Culture Innovants
	10:50	Bertrand Omon (CA Eure), Bénédicte Lagaise et Raymond Reau (INRA)	Intégrer les préférences des acteurs locaux dans l'évaluation des systèmes pratiqués par des agriculteurs innovants.
	11:25	<i>Pause café</i>	
	11:45	Jean-Luc Giteau (CA Cotes d'Armor) & Djilali HEDDADJ	Evaluation multicritère de systèmes de culture innovants en Bretagne à l'aide de MASC
	12:20	Jean-Marc Blazy (INRA) & Jérôme Tirolien	Evaluation multicritère de la durabilité de systèmes de culture bananiers innovants en Guadeloupe : Adaptation et utilisation de l'outil MASC
	<i>Repas en commun</i>		
	14:15	Bruno Colomb (INRA), Matthieu Carof, Anne Aveline, Anne Glandières et Laurence Fontaine	Appropriation et adaptation de MASC par des conseillers agricoles pour l'évaluation de systèmes de culture biologiques.
	14:50	Xavier Coquil (INRA) et Michel Marie	Le modèle DEXi-SH pour une évaluation multicritère de la durabilité agro-écologique des systèmes d'élevage
	15:25	Eric Scopel (CIRAD), Marie-Anne Flandin, José Humberto Valadares Xavier, Marc Corbeels, F. A. Macena da Silva, François Affholder, Frédérique Angevin, Stéphane de Tournonnet, Christophe David.	Evaluation multi-critères de l'intérêt de systèmes de culture en semis direct avec couverture végétale (SCV) dans le contexte de petits producteurs familiaux des Cerrados brésiliens : premières expériences de l'utilisation de MASC et autres outils
	16:00	<i>Pause café</i>	
	16:20	François Warlop (GRAB)	DEXi-Fruit : un outil d'aide à la décision multicritère pour convertir un verger en agriculture biologique.
	16:55	Elise Lô-Pelzer (INRA), Christian Bockstaller, Claire Lamine, Frédérique Angevin et Antoine Messéan	DEXiPM : un outil pour l'évaluation des systèmes de cultures répondant aux exigences de la production intégrée
	10 mars	09:00	Marta Carpani (INRA), Jacques-Eric Bergez et Hervé Monod
09:40		Raymond Reau & Gabriele Fortino (INRA)	Entre description et évaluation des systèmes : le goulot d'étranglement du calcul des indicateurs pour MASC
10:20		Lorène Prost (INRA) & Marianne Cerf	Quels apports de l'ergonomie de conception à la dynamique de développement d'un outil comme MASC ?
11:00		<i>Pause café</i>	
11:20		Anim. B. Colomb (INRA)	Bilan 1 : Intérêts et limites des outils de type MASC pour l'analyse de la durabilité des systèmes. Axes d'amélioration prioritaires
<i>Repas en commun</i>			
14:00		Anim. C. Bockstaller (INRA)	Bilan 2 : Les fronts scientifiques interrogés. Quelles priorités ?
15:15	Thierry Doré (INRA)	Clôture du séminaire	

Utilisation de MASC dans le cadre du RMT Systèmes de culture innovants

M-S. PETIT¹, R. REAU²

¹ Chambre Régionale d'Agriculture de Bourgogne, 3 rue du Golf, F-21800 Quétigny
² INRA, UMR 211 Agronomie, BP 1, F-78850 Thiverval Grignon

Le RMT Systèmes de culture innovants

Le Réseau Mixte Technologique « Systèmes de culture innovants » (RMT SdCi) porte sur la **reconception de systèmes de culture** pour répondre aux enjeux locaux et globaux du développement durable (qualité de l'eau, énergie, biodiversité, ...) en vue de leur mise en œuvre dans les exploitations agricoles et sur les territoires. Il vise à :

- ▶ Développer un **réseau de compétences** pour la conception et l'accompagnement des agriculteurs, des conseillers, des enseignants et des chercheurs dans l'apprentissage des systèmes de culture innovants et performants
- ▶ Proposer des **démarches opérationnelles de conception et d'évaluation de systèmes de culture innovants** pour identifier les plus prometteurs, par rapport aux systèmes actuels
- ▶ Fédérer dans un **réseau multilocal et pluriannuel les expérimentations en parcelles d'agriculteurs et de stations expérimentales ainsi que les suivis en exploitation pour évaluer au champ** les systèmes prometteurs, vérifier leurs performances et leur faisabilité sur le terrain, en vue de les partager et de les transférer aux agriculteurs et acteurs de la recherche, du développement et de la formation.

Ce réseau rassemble des acteurs de : Chambres d'Agriculture, AgroTransfert Ressources & Territoires, CEZ Rambouillet, 3 EPLEFPA, ACTA, ARVALIS, ITB, CETIOM, Institut de l'Elevage, ITAB, 9 laboratoires de l'INRA.

MASC® testé dans le RMT Systèmes de culture innovants

Suite aux présentations du modèle MASC® faite à l'occasion des séminaires du RMT SdCi de 2008 et 2009, il est apparu intéressant de tester MASC® dans le cadre de :

Conception – évaluation de SdCi	<ul style="list-style-type: none">▶ Atelier de conception de systèmes de culture économes en produits phytosanitaires intégrant la maîtrise des bioagresseurs, en particulier des ravageurs▶ Atelier de conception de systèmes de culture efficaces en matière d'énergie et de gaz à effet de serre▶ Atelier de conception de systèmes de culture efficaces par rapport à la biodiversité▶ Conception de systèmes de culture en Bretagne, en préalable à l'expérimentation en stations expérimentales▶ Evaluation multicritère de systèmes de culture actuels avec et sans protéagineux, dans le cadre du PSDR PROFILE¹
Réseau expérimental de SdCi	<ul style="list-style-type: none">▶ Application sur les expérimentations de Bourgogne (Plus d'Agronomie, Moins d'Intrants, EPLEFPA Dijon-Quétigny)▶ Application sur les fermes de l'Eure

Utilisation de MASC® dans le réseau d'expérimentation de SdCi en parcelles

Dans le cadre du réseau expérimental de SdCi en parcelles, la conception et l'évaluation *ex post* des systèmes de culture testés se sont déroulées selon les étapes suivantes :

- ▶ **Etape 1** : Conception de SdCi par rapport aux enjeux de qualité de l'eau (phytos, nitrates), à partir du protocole expérimental général (Réunion du groupe régional « Plus d'Agronomie, Moins d'Intrants », Discussion & échanges entre le conseiller et l'agriculteur)
- ▶ **Etape 2** : Mise en place de l'expérimentation SdCi
- ▶ **Etape 3** : Suivi de l'expérimentation SdCi
- ▶ **Etape 4** : Evaluation multicritère des SdCi testés ⇒ quantitative

¹ Programme de recherche Pour et Sur le Développement Régional « Potentiels et leviers pour développer la production et l'utilisation des protéagineux dans le cadre d'une agriculture durable en Bourgogne » (2008-2011)

- Recensement des méthodes de diagnostic/évaluation de la durabilité
- Choix de critères, en fonction des objectifs de l'étude et des enjeux visés
- Calcul des critères à l'aide du tableur Landaise, d'Indigo®
- ▶ **Etape 5** : Evaluation globale MASC® ⇔ qualitative
 - Réunion de travail (conseillers, chercheurs) pour adaptation de l'arbre MASC : 3 scénarios
 - Evaluation globale et par pilier de la durabilité
- ▶ **Etape 6** : Analyse et synthèse

Utilisation de MASC® dans les ateliers de conception de SdCi à dire d'experts

Les travaux réalisés dans le cadre des ateliers de conception de SdCi sont actuellement en cours de réalisation pour le calcul des critères. Les résultats relatifs au test de MASC® pour les 3 ateliers sont attendus courant 2010.

Discussions, perspectives de travail

A l'issue des différents tests et application de MASC® en situation de conception – évaluation, d'expérimentations au champ, plusieurs pistes de travail et réflexion ont pu être identifiées :

- **Par rapport à l'évaluation multicritère**
- Des critères supplémentaires ou plus adaptés pourraient être intégrés : biodiversité avec une dimension supra-parcellaire, évolution de la flore, de la faune, émission de CO₂, temps de travail, ...
- Certains critères utilisés dans MASC® sont discutables car assez subjectifs ou laissés à l'appréciation de l'utilisateur, comme la pénibilité du travail
- **Par rapport à l'évaluation MASC®**
- La définition des classes est une étape essentielle pour pouvoir évaluer les systèmes de culture.
- Quid de la ramification relative à la « pression en eau » par exemple, pour les systèmes de culture à évaluer qui ne seraient pas irrigués ? quid de sa prise en compte dans l'évaluation ?
- Quid de la construction d'un nouvel arbre d'évaluation MASC® qui serait construit :
 - Avec moins de critères, en axant par exemple sur les critères principaux par rapport aux enjeux visés ?
 - Avec moins « ramifications », qui induisent une pondération parfois « minimisante » ?
 - Par rapport à la problématique relative aux protéagineux, en axant sur azote, énergie, critères sociaux ? Avec quelle cohérence ?
- Un travail de description et d'analyse spécifique sur le jeu des acteurs dans la définition des pondérations de l'arbre, dans l'analyse de l'évaluation MASC® et dans le bilan de cette activité à court et à moyen terme

L'utilisation du modèle MASC® à grande échelle dépend aujourd'hui de l'étape préalable relative aux calculs des critères à partir des données collectées pour chaque système de culture. Pour **fiabiliser et automatiser cette étape de calcul**, il est crucial pour le RMT Systèmes de culture innovants de développer un outil d'évaluation multicritère (projet CRITER en cours de développement) et des interfaces entre les outils de saisie, d'évaluation multicritère et MASC®.

Les applications du modèle MASC® dépendront également de sa **capacité à s'intégrer dans différents répertoires d'action comme les formations** d'agriculteurs, de conseillers, d'étudiants ou encore comme **l'accompagnement de collectifs** rassemblant différents acteurs aux préoccupations variées (agriculteurs, conseillers et représentants professionnels de la Chambre d'Agriculture, conseillers de la coopérative, représentants des Agences de l'eau, des Conseils généraux et régionaux, maires, ...).

Bibliographie

- Delange D., 2009, Plus d'Agronomie, Moins d'Intrants – Evaluation multicritère de systèmes de culture intégrés testés en Bourgogne, Chambre Régionale d'Agriculture de Bourgogne, Mémoire de fin d'études d'ingénieur ENSAIA Nancy, 77 p.
- Dumas M., 2009, Evaluation multicritère et globale de systèmes de culture avec et sans protéagineux dans des exploitations bourguignonnes, Mémoire de fin d'études Agro Campus Ouest, 50 p.
- Reau R., Doré T. Systèmes de culture innovants et durables : Quelles méthodes pour les mettre au point et les évaluer ?. Dijon, France : Editions Educagri, 2008. 175 p.
- Reau R *et al.*, 2006. Faisabilité de la mise en œuvre de systèmes de culture innovants - Compte rendu technique de réalisation des travaux du projet financé par le Cas DAR (15 mars 2005- 14 juillet 2006).
- RMT Systèmes de culture innovants, 2009, Compte-rendu intermédiaire 1er septembre 2009-31 décembre 2008
<http://www.systemesdecultureinnovants.org/>

Evaluation de systèmes de culture pratiqués par des agriculteurs innovants de l'Eure

B. Omon¹, B. Lagaise², R. Reau²

1 Chambre d'Agriculture de l'Eure
2 INRA UMR Agronomie, Versailles-Grignon

Dans l'Eure, 15 agriculteurs mettent en œuvre des systèmes de culture (SC) innovants, visant de hautes performances économiques à bas niveau d'intrants via des rotations diversifiées. Ils gèrent aujourd'hui l'ensemble de leur exploitation avec peu d'engrais azoté, un IFT de 2.5 et des charges opérationnelles très faibles de 250 à 280 €/ha, en obtenant des résultats économiques équivalents à leurs voisins. Au-delà de ces résultats, la question d'une évaluation « plurielle » motive le groupe. Certains de leurs SC ont fait l'objet d'une évaluation de performances.

Méthodes (définition d'objectifs, collecte et le traitement de l'information, calcul des indicateurs)

L'évaluation a été réalisée dans deux exploitations (L et D). Les SC ont été décrits à partir d'une analyse des enregistrements des pratiques culturales au cours des 6 dernières années dans chacune de leurs parcelles (logiciel Plainciel) et d'une interview des agriculteurs sur leurs règles de décision. L'ensemble a permis de décrire un modèle de leurs différents SC suivant une version « décisionnelle » puis suivant une version « pratique ». L'évaluation se base sur la reconstitution d'une suite pluriannuelle de cultures, et non pas suivant les résultats de l'assolement d'une année.

Sur cette base, les critères d'évaluation nécessaires à MASC ont été calculés à partir de deux outils : le logiciel INDIGO (INRA) d'une part, et le tableur du RMT SdCI. L'évaluation avec MASC a été réalisée à partir d'une analyse des préférences d'un groupe local de porteurs d'enjeux : un agent de l'Agence de l'eau, un agriculteur, un élu local, et de deux agents de la Chambre d'agriculture.

Résultats

Après analyse des pratiques des deux agriculteurs, 4 SC différents ont été identifiés : 1 chez L et 3 chez D. Ce sont des rotations longues de 6 à 8 ans, avec 4 à 5 cultures différentes, où le blé alterne en règle générale tous les deux ans avec du colza, une légumineuse et parfois du lin ou de l'orge.

Les préférences des différents membres du groupe de conception se sont avérées trop différentes pour arriver à faire converger le groupe des porteurs d'enjeux sur un seul et même arbre. C'est pourquoi deux arbres correspondant à deux cadres d'objectifs ont été proposés pour réaliser l'évaluation multicritère avec MASC. Les résultats ont ainsi conduit à 8 évaluations différentes, via le croisement des 4 SC suivant les 2 arbres de préférence. Le SC de L se révèle ainsi d'une très bonne durabilité suivant le premier arbre de préférence, mais de durabilité moyenne suivant le second.

Intérêts et limites de l'outil

L'outil MASC, conçu pour l'évaluation *ex ante* s'avère être un outil intéressant pour l'évaluation *ex post* de SC réellement pratiqués. De plus l'arbre de préférence de MASC s'est révélé comme un objet intermédiaire efficace pour appréhender et débattre des objectifs de durabilité dans leur complexité.

Une interface permettant de représenter de façon synoptique les résultats de chaque SC pour l'ensemble des critères organisés dans l'arbre serait fort appréciée. L'adhésion des acteurs a été forte et aisée ; certains ont témoigné leur intérêt pour réitérer l'opération (Agence Eau Seine Normandie- Conseil général). MASC a aussi été utilisé pour la formation des agriculteurs du groupe.

Enfin, dans ces SC avec de nombreuses cultures et de nombreuses interventions, le calcul des indicateurs reste un exercice fastidieux et source d'erreurs dans la mesure où la double saisie dans les deux outils de caractérisation préalable à l'évaluation multicritère reste obligatoire.

Perspectives, suites envisagées : MASC outil d'échange entres acteurs

Dans l'hypothèse de l'existence d'un outil calculateur en amont, ce test ouvre des perspectives pour l'utilisation de MASC dans le cadre de l'analyse des performances de fermes de références.

Bibliographie

Lagaise, 2008. Evaluation de la durabilité de systèmes de culture dans l'Eure. ESA Angers, stage M1. 57 p.
Lagaise, 2009. Elaboration d'un prototype de description de systèmes de culture innovants. Mémoire ESA Angers, INRA. 162 p.

Evaluation multicritère de systèmes de culture innovants en Bretagne, à l'aide de MASC

JL. Giteau¹, D. Heddadj¹, C. Fisson²

¹ CRA Bretagne, pôle agronomique productions végétales

² Stagiaire CRA Bretagne

Le territoire agricole breton est concerné par différentes problématiques environnementales plus ou moins marquées selon les zones et la sensibilité des milieux : azote (BV contentieux), phosphore (projet Sdage 2009), produits phytosanitaires, algues vertes ... Par ailleurs, les attentes sociétales sont de plus en plus importantes concernant la qualité et sécurité des produits. Les pratiques des agriculteurs évoluent favorablement néanmoins, elles ne permettent pas encore d'atteindre les résultats espérés, notamment en terme de qualité d'eau. Des modifications plus profondes dans la conduite des systèmes doivent être proposées (rotation, techniques alternatives de protection des cultures, ...) en vue d'améliorer la composante environnement tout en préservant les deux autres composantes que sont l'économie et le travail. Elles doivent également permettre d'anticiper sur les nouvelles règles à venir (plan Ecophyto 2018, bilan carbone, énergie). Pour acquérir des références et pouvoir communiquer sur ces approches systèmes, encore nouvelles en Bretagne, deux expérimentations se mettent en place en 2010. L'une porte sur les systèmes de cultures en production porcine (Crécom, dep.22) et consiste à optimiser la valorisation des déjections (systèmes fumier, lisier et mixte). Cette étude s'inscrit dans le prolongement d'une évaluation en bâtiment reposant sur deux conduites : sur caillebotis avec production de lisier et sur paille. La seconde étude porte sur les systèmes de cultures intégrés (Kerguéhenec, dep. 56).

En 2009, un groupe d'experts issus de la CRA Bretagne (pôle agronomie productions végétales), d'Arvalis, du Cetiom et de l'INRA s'est constitué pour réfléchir à la mise en place de ces deux études. Il s'est réuni à différentes reprises pour définir les rotations et les itinéraires techniques pouvant faire l'objet d'une évaluation à priori, à l'aide de l'outil MASC (mémoire C. Fisson et P. Herpin, 2009). L'utilisation de cet outil a nécessité une adaptation ou un paramétrage régional pour définir les limites de classes des différents critères de base et déterminer les pondérations, à chaque niveau d'agrégation.

Les résultats des deux évaluations à priori offrent une analyse assez robuste des différents critères utilisés par MASC. Par contre, l'évaluation ne porte que sur les paramètres intra-parcellaires et ne tient pas compte des bordures de champs, pourtant importantes pour des critères comme la biodiversité et les transferts. Par ailleurs, la notion de durabilité totale ne présente pas d'intérêt car elle dissimule et lisse les écarts entre critères de base, laissant supposer des phénomènes de compensation au sein d'une même branche voire plus globalement. C'est notamment le cas des pertes de phosphore qui apparaissent dans certains systèmes de l'étude de Crécom. Les différents niveaux d'agrégation ne permettent pas de prendre en compte les critères qui génèrent à l'origine de l'étude les enjeux territoriaux les plus importants. Le mode de calcul de certains critères comme la toxicité phytosanitaire pour le travailleur devra être revu. Evalué selon l'indicateur IFT, il ne prend pas en compte l'exposition répétée de l'opérateur lors des préparations de bouillies. Certaines branches doivent également être développées, comme l'acceptabilité sociale ou la pénibilité du travail qui ne tient pas compte de la charge et des pointes de travail, la conservation de la biodiversité qui n'intègre pas les pratiques de fertilisation, de travail du sol

...

Séminaire MASC, 9 et 10 mars 2010, PARIS
Le modèle MASC et ses utilisations pour l'évaluation de la durabilité des systèmes de cultures

En 2010, les deux essais se mettent en place et font l'objet d'une caractérisation du point zéro (sol) et d'un suivi des cultures. Un enregistrement des pratiques est également en cours pour permettre de juger de la faisabilité des itinéraires et règles de décision écrits en 2009. Des réajustements seront proposés si nécessaire pour la campagne suivante. Une évaluation à posteriori sera réalisée à l'issue de chaque rotation soit après 4 années à Crécom et 6 années à Kerguéhennec. A moyen terme, une contrainte supplémentaire devrait s'ajouter au protocole d'étude de Crécom (améliorer l'autonomie alimentaire et renforcer les synergies entre productions animales et végétales), ce qui pourrait générer des changements de rotation pour les systèmes fumier et/ou mixte. Si tel est le cas, une nouvelle évaluation multicritère devra être effectuée.

Adaptation et utilisation de l'outil MASC pour l'évaluation ex ante de systèmes de culture bananiers innovants en Guadeloupe

J .M. Blazy et J. Tirolien

INRA UR ASTRO - Agrosystèmes Tropicaux, Antilles Guyane

Face à la libéralisation du marché mondial, la culture de la banane en Guadeloupe s'est développée selon une logique de monoculture à haut niveau d'intrants chimiques. Si cette production constitue un élément important de l'économie de l'île, elle a néanmoins généré des problèmes environnementaux sévères dans un territoire où sont présents des écosystèmes fragiles. Pour limiter les impacts environnementaux de la culture, un programme de recherche portant sur la conception et l'évaluation de systèmes de cultures à bas niveaux d'intrants chimiques a été entrepris. Les premiers travaux engagés ont permis d'identifier 6 types d'exploitation contrastés en termes de pratiques techniques et de performances. Parallèlement, 18 prototypes de systèmes de culture innovants ont été définis en mobilisant diverses techniques innovantes comme l'introduction de plantes de service cultivées en association ou en rotation et de nouvelles variétés moins sensibles aux ravageurs. Permettant une évaluation globale, hiérarchisée et adaptable de la durabilité des systèmes de culture, l'outil MASC a été utilisé au sein de ce programme de recherche afin de déterminer ex ante quels prototypes seraient les plus appropriés pour chaque type d'exploitation. Pour ce faire nous avons évalué avec MASC les gains de durabilité permis par l'adoption des différents prototypes pour chaque type d'exploitation.

L'outil a d'abord été adapté au contexte de la culture de la banane en Guadeloupe en adaptant la structure de l'arbre hiérarchique de représentation de la durabilité, le mode de calcul de certains critères d'évaluation, des pondérations d'agrégation et enfin les seuils de définition des classes qualitatives des critères. Après avoir évalué le niveau de durabilité des systèmes de cultures actuels pour les 6 types d'exploitations à partir de données d'enquêtes, nous avons évalué les niveaux de durabilité obtenus pour les 108 couples « systèmes innovants ; type d'exploitation ». Les attributs d'entrée de MASC ont été définis pour chacun de ces couples à partir d'évaluations à dire d'experts et de données de simulations réalisées avec les modèles SIMBA et BANAD.

Les résultats obtenus montrent que les niveaux de durabilité des systèmes de culture actuels sont « faibles » dans 4 situations et « moyens » dans 2 autres. Parmi les 18 prototypes de systèmes innovants, aucun n'augmente le niveau de la durabilité totale pour les 2 types d'exploitation présentant un niveau actuel de durabilité « moyen » et 4 prototypes peuvent conduire à une baisse du niveau de durabilité. Pour les 4 autres types d'exploitation, 2 systèmes conduisent à un niveau de durabilité au moins « moyen » pour tous les types, et 2 systèmes conduisent à des niveaux de durabilité « élevés » pour 2 types d'exploitations. Les résultats fournis par cette étude montrent l'importance de la prise en compte de la diversité des contextes d'exploitation dans lesquelles les innovations sont insérées et la nécessité d'associer plusieurs innovations pour atteindre les niveaux de durabilité les plus élevés.

L'outil MASC s'est révélé approprié par la relative complétude de son référentiel de représentation de la durabilité et la souplesse de sa structure qui lui permet d'être adapté à des contextes particuliers pour discriminer une large gamme de systèmes de culture innovants. Selon nous, le référentiel gagnerait néanmoins à être enrichi de critères relatifs au potentiel d'adoption des systèmes innovants, à la qualité des produits issus des systèmes et à leur adéquation avec les filières de distribution. Les perspectives de recherche que nous envisageons portent sur ces thématiques ainsi que sur l'implication des acteurs dans le paramétrage de la pondération des critères et sur la prise en compte de la dimension territoriale dans l'évaluation de la durabilité.

Appropriation et adaptation de MASC par des conseillers agricoles pour l'évaluation de systèmes de culture biologiques

B. Colomb¹, A. Aveline², M. Carof³, L. Fontaine⁴,
A. Glandières⁵, L. Prieur⁶, D. Craheix⁷

¹ UMR « AGIR » INP-INRA, Toulouse

² Ecole Supérieure d'Agriculture, Angers

³ Agrocampus Ouest, Laboratoire Science du végétal, Rennes

⁴ Institut Technique de l'Agriculture Biologique, Paris

⁵ Chambre Régionale d'Agriculture de Midi-Pyrénées, Toulouse

⁶ Centre Régional de Recherche et d'expérimentation en AB Midi-Pyrénées, Auch

⁷ Stage de fin d'étude d'ingénieur d'Agrocampus Ouest, Rennes

Introduction

Pour la deuxième année consécutive, le développement de la grande culture biologique est soutenu dans plusieurs régions de France, en écho aux décisions prises après le Grenelle de l'environnement. Ce développement entraîne une demande d'accompagnement adressée par les agriculteurs auprès des conseillers, nouvelle par son ampleur et sa nature. A l'échelle d'une exploitation agricole, la conversion entraîne une reconfiguration profonde du système de production et des systèmes de cultures qui le composent. Le processus peut s'étendre sur plusieurs années (Lamine & Bellon, 2009). Pour les conseillers agricoles, il s'agit d'accompagner les producteurs dans la révision des systèmes de culture suscitée par le projet de conversion, par la sortie du processus de conversion, et ultérieurement par l'apparition de difficultés économiques ou techniques mettant en péril la durabilité du système.

Lors de ces diverses périodes critiques de l'évolution d'une exploitation, un outil d'analyse multicritère et intégrée des performances des systèmes de culture serait utile pour la recherche des solutions les plus satisfaisantes et orienter la décision. Un tel outil pourrait aussi servir au repérage des systèmes de culture les plus innovants, sur lesquels l'activité de conseil doit s'appuyer. A l'issue d'une première application du modèle MASC (Sadok et al., 2009) à l'analyse de systèmes biologiques (Colomb et al., 2009), celui-ci est apparu comme un bon point de départ pour permettre à des acteurs du conseil de construire un outil approprié à leurs besoins.

Démarche

L'appropriation et l'adaptation du modèle sont menées dans le cadre de deux collectifs de travail aux objectifs complémentaires. Le premier collectif, constitué de conseillers de Chambres d'Agriculture (CA) et des responsables des sites expérimentaux français en Agriculture Biologique (AB), travaille dans le cadre du projet CASDAR RotAB (Fontaine, 2009). Il vise à caractériser *ex post* les performances de rotations biologiques relevées dans diverses régions, afin d'illustrer leur variabilité et de faire apparaître les plus performantes. Le deuxième collectif constitué de conseillers en AB venant des CA de Midi-Pyrénées vise à tester MASC comme outil d'appui au conseil auprès des agriculteurs (Glandières et al., 2008). Le travail est mené dans le cadre du programme PSDR III Midi-Pyrénées.

Les travaux conduits en participatif et en collaboratif (selon les étapes) au sein de ces deux collectifs ont consisté (i) à identifier les indicateurs nouveaux à incorporer dans l'arbre d'évaluation, en partant des préoccupations particulièrement importantes pour les systèmes de culture biologiques (ii) à préciser leur mode d'évaluation (iii) à reprendre toutes les fonctions d'utilité du modèle en précisant pas à pas les règles de raisonnement qualitatif qui les constituent (iv) à sélectionner les valeurs seuils qui permettent de passer des critères de base quantitatifs caractérisant les systèmes de culture pour obtenir les variables d'entrée qualitative du modèle.

Résultats : La version adaptée de MASC, provisoirement appelée MASC-OF comporte 48 indicateurs dont 29 basiques, répartis sur 6 niveaux d'arborescence. La majorité des indicateurs sont hérités de MASC, 13 sont issus d'une modification significative d'un indicateur déjà existant, et 11 sont nouveaux. La principale innovation a été l'introduction d'une nouvelle dimension dans MASC, relative à la durabilité agronomique des systèmes de cultures. Celle-ci intègre les préoccupations relatives à la qualité de gestion des adventices et des maladies associée au système de culture dans son contexte de mise en œuvre. Elle intègre aussi les préoccupations fortes concernant l'évolution de la fertilité du sol, analysée en fonction de la qualité de gestion des nutriments, des impacts du système de culture sur l'état organique et sur l'état structural du sol. L'incorporation des nouveaux indicateurs a suscité une restructuration de l'arborescence du modèle en quatre sous-dimensions. L'évaluation de huit indicateurs à dire d'expert a nécessité le développement de sous arbres satellites à MASC pour permettre de capturer et combiner les connaissances scientifiques et expérientielles disponibles. Les premières applications du modèle sur des jeux de cas réels montrent que les adaptations du modèle MASC ont conduit à une amélioration de sa capacité de discrimination des systèmes de culture biologiques « entre eux » sur des points essentiels de leur durabilité. Sur le plan méthodologique, le travail d'appropriation et d'adaptation du modèle MASC a engendré de nombreux apprentissages. La mise en commun des connaissances pour l'évaluation de certains indicateurs à dire d'expert a été particulièrement riche et a abouti à des formalismes qualitatifs simples à mettre en œuvre. Il s'agit cependant d'un processus relativement lourd, qui requiert la participation d'intervenants expérimentés et porteurs d'une très bonne connaissance des enjeux généraux et locaux de la grande culture biologique.

Perspectives

Une utilisation du modèle sur des jeux de cas recueillis dans le cadre du projet RotAB est planifiée pour 2010 pour une première approche de la diversité des profils de performances des systèmes de culture biologiques, et fournir les premiers éléments interprétatifs de cette diversité. Au sein du collectif Midi-Pyrénées l'étape à venir porte sur l'analyse comparative des rotations actuelles de quelques exploitations, et de diverses rotations alternatives conçues avec les agriculteurs. Il s'agit ici de tester MASC-OF dans son aptitude à rendre compte d'une évolution possible des performances des systèmes de culture à l'échelle d'une exploitation et à aider le tandem conseiller/agriculteur dans le repérage des alternatives les plus satisfaisantes.

L'adaptation du modèle MASC pour juger des systèmes biologiques n'est cependant pas achevée. L'incorporation dans le modèle d'indicateurs plus pertinents relatifs à la valorisation des services écologiques et à l'impact des systèmes sur la biodiversité, tels que ceux développés dans le cadre du projet DEXiPM, apparaît de ce point de vue indispensable. Plus généralement, les adaptations apportées à MASC dans le cadre de travail, confrontées avec celles réalisées dans d'autres projets, peuvent contribuer à l'identification des voies d'amélioration du caractère générique de MASC.

Références

- Colomb B., F. Angevin, JE Bergez, M. Blouin, A. Glandières, L. Prieur. 2009 Using MASC to evaluate the sustainability of cropping systems: Application to multicriteria assessment of organic cropping systems in Southern France AgSAP Conference 2009, Egmond aan Zee, the Netherlands. 2p.
- Fontaine L., 2009. Peut-on construire des rotations et assolements qui limitent les impacts environnementaux tout en assurant une viabilité économique de l'exploitation? Institut Technique de l'Agriculture Biologique. <http://www.itab.asso.fr/programmes/rotation.php>
- Glandières A., Arino J., Caldéran P., Colomb B., Collet S., Rossignol E., 2008. Analyse des systèmes de culture biologique dans le Sud-Ouest de la France : aide à la conception, à l'évaluation et à une large utilisation. Colloques sur les Recherches en Agriculture biologique. DinABio. 19 et 20 mai 2008. Centre INRA de Montpellier. Résumés, p 70. <http://www1.montpellier.inra.fr/dinabio/?page=sessions>
- Lamine C., Bellon S., 2009. Conversion to organic farming: a multidimensional research object at the crossroads of agricultural and social sciences. A review. *Agron. Sustain. Dev.* 29, 97-112.
- Sadok W., Angevin F., Bergez J.E, Bockstaller C., Colomb B., Guichard L., Reau R., Messéan A. and Doré T. 2009. MASC: a qualitative multi attribute decision model for ex ante assessment of the sustainability of cropping systems. *Agron. Sustain. Dev.* (29) 447-461 .

Les Modèles Dexi SH*/Dexi-SPCE* pour une évaluation de la durabilité agro-environnementale des systèmes d'élevage

X. Coquil, M. Marie

INRA UR055 ASTER, Mirecourt

L'évaluation de la durabilité agro-environnementale des systèmes de polyculture élevage s'inscrit au sein d'un projet plus global de conception/évaluation de systèmes agricoles au sein de l'UR ASTER-Mirecourt, centré sur un essai système. Deux systèmes bovins laitiers biologiques et autonomes sont testés sur une installation expérimentale de 240 ha depuis 2004 : un système herbager (SH) et un système de polyculture élevage (SPCE). La conduite de ces systèmes est réalisée selon des objectifs fixes et une conduite modulée selon les conditions de milieu.

Les objectifs visés par ces systèmes sont d'ordres environnementaux et agricoles : protection des ressources en eau et en air, amélioration de la biodiversité et de la fertilité des sols, limitation du recours à l'énergie fossile et production de lait, de céréales et de viande. *La mise au point d'une méthode d'évaluation multicritère de la durabilité agro-environnementale des SPCE laitiers vise 2 objectifs : (i) l'évaluation ex ante de systèmes de polyculture élevage alternatifs, conçus selon différentes méthodes, pouvant être mis en œuvre sur le dispositif d'essai long terme (expérimentation virtuelle) (ii) l'évaluation ex post de la durabilité agro-environnementale des systèmes testés sur l'installation, afin d'obtenir un tableau de bord rendant compte du degré d'atteinte des objectifs qu'ils visent.*

Les multiples objectifs visés par les deux systèmes testés sur l'installation expérimentale de Mirecourt ont été déclinés par les ingénieurs et scientifiques (agronomes, zootechniciens) en charge de leur conduite et de leur suivi. Les arborescences d'évaluation de la durabilité agro-environnementale ont été construites afin d'évaluer le degré de réalisation de ces objectifs. Elles ont été conçues selon une alternance entre démarche « top-down », partant de la déclinaison de la durabilité agro-environnementale selon l'arborescence proposée par Sadok *et al.* (2007), et une démarche « bottom-up » basée sur le recensement d'indicateurs existants permettant l'évaluation de l'atteinte des objectifs visés.

Les créations successives des arborescences d'évaluation de la durabilité agro-environnementale du SH puis du SPCE nous ont permis de recenser et sélectionner des indicateurs nécessaires à l'évaluation de la durabilité agro-environnementale des systèmes d'élevage laitiers, des surfaces en herbes (prairies permanentes et temporaires), puis nous inspirant des travaux en cours sur MASC, des surfaces en grandes cultures. L'arborescence Dexi-SH* (Gerber *et al.*, 2009) agrège 16 indicateurs et 7 critères experts, Dexi-SPCE* agrège 20 indicateurs et 39 critères (majoritairement à construire). Les indicateurs mobilisés proviennent des méthodes INDIGO, PLANETE, IDEA et TGI35.

Ces arborescences visent une évaluation à l'échelle de l'exploitation agricole et sur un pas de temps pluriannuel (succession culturale la plus longue pour les SPCE). Nous proposons des règles afin de considérer l'ensemble de la surface de l'exploitation en mobilisant des indicateurs initialement prévus à l'échelle de la parcelle (ex : INDIGO) : (i) création de « méta-parcelles » pour chaque indicateur, tenant compte de la sensibilité de l'indicateur aux conditions de milieux/aux pratiques (ex : I_{MO}, regroupement de parcelles selon types de sols/travail du sol et apports de MO) (ii) calcul d'une valeur à l'échelle de l'exploitation en distinguant des modalités d'agrégation des notes/méta-parcelle/an selon les types d'impact considérés.

Ce travail conceptuel est à finaliser par la création de critères experts pour Dexi-SPCE* mobilisables pour une évaluation des 2 systèmes testés sur l'IE de ASTER-Mirecourt. Dexi-SPCE* s'adresse à la recherche : sa conception repose sur les informations disponibles et mobilisables sur le dispositif de Mirecourt et stockées dans les bases de données ALADIN (données zootechniques) et ASTER-ix (données agro-environnementales). Une perspective de ce travail consiste à concevoir des modules de calcul des indicateurs de Dexi-SPCE à partir des données de ces bases de données afin de finaliser, sur le plan informatique, la mise en place d'un tableau de bord de l'essai système.

Références

- Gerber et al., 2009. Le modèle Dexi-SH* pour une évaluation multicritère de la durabilité agro-écologique des systèmes d'élevage bovins laitiers herbagers. *Innovations Agronomiques*,4 : 249-252.
- Sadok et al., 2007. An indicator-based MCDA framework for *ex ante* assessment of the sustainability of cropping systems. FSD, Catania.

**Évaluation multicritère de l'intérêt de systèmes de culture
en semis direct avec couverture végétale (SCV) dans le contexte de petits
producteurs familiaux des Cerrados brésiliens :
premières expériences de l'utilisation de MASC.**

E. Scopel, M.A. Flandin, J.H.V. Xavier, M. Corbeels, F.A.M. da Silva,
F. Affholder, F. Angevin, S. de Tourdonnet, C. David

CIRAD

Dans la région des Cerrados, large écosystème de savanes tropicales occupant tout le centre-ouest du Brésil, on constate que les petits producteurs familiaux n'utilisent pratiquement pas des systèmes de culture en semis direct avec couverture végétale (SCV) alors que ces derniers sont quasi systématiques (90% des surfaces) chez les gros producteurs de grains voisins. Pourtant, leurs sols sont souvent encore plus propices à des processus naturels de dégradation (érosion ou pertes de matière organique) que ceux des plateaux valorisés par les exploitants intensifs mécanisés.

Depuis 2005, l'EMBRAPA et le Cirad essaient de développer ensemble, et avec les petits producteurs de la région d'Unaí (Minas Gerais), de nouveaux SCV adaptés à leurs conditions et compatibles avec leurs objectifs. Toutefois, même si ces systèmes conduisent à une gestion plus durable de la fertilité des sols, ils modifient profondément les modes de gestion des cultures ainsi que ceux des facteurs de production disponibles sur l'exploitation ou mobilisables par le producteur. Ils interfèrent donc fortement sur les performances et impacts économiques, environnementaux ou sociaux de l'exploitation.

Avec l'objectif d'accompagner la réflexion des producteurs sur les avantages de tels systèmes de culture en comparaison avec leurs modes traditionnels de production, une démarche d'évaluation multicritère a été développée au sein du projet. Deux approches ont été choisies : une approche descendante visant à tester et adapter l'outil MASC aux conditions spécifiques des petits producteurs des Cerrados et une approche ascendante visant à construire de façon participative avec les producteurs, un outil plus proche de leur vision et de leurs préoccupations.

La démarche descendante a montré que dans MASC :

- La nature des indicateurs, surtout les environnementaux, est parfois trop complexe pour les acteurs locaux, que ce soit les techniciens ou a fortiori les producteurs.
- Leur mode de calcul est complexe et parfois non adapté au milieu tropical
- A partir du moment où certains indicateurs sont remis en question, la façon dont ils sont structurés dans l'arbre et leur poids relatif (fonctions d'utilité) sont à reconsidérer.
- Néanmoins, le modèle constitue bien une vision assez exhaustive de la durabilité des systèmes de culture et peut donc servir de base à la réflexion pour construire un modèle local.

La démarche ascendante de construction participative a elle montré que :

- Le modèle construit est bien différent de MASC, beaucoup plus simple en termes de nombre de critères, avec un nombre d'indicateurs économiques bien supérieur et inversement un nombre d'indicateurs environnementaux plus faible, même si non négligeable.
- Les producteurs s'approprient beaucoup plus facilement l'outil et la démarche.
- En revanche, c'est une démarche coûteuse en temps et technique en termes d'outils d'animation participative.

Quel que soit le modèle utilisé, les SCV avec introduction de plantes de couverture apparaissent comme plus intéressants que les systèmes conventionnels alors qu'une certaine réticence à leur adoption est plutôt constatée sur le terrain. Cela pose la question de savoir, quelle que soit la méthode, s'il n'y a pas des critères dont le poids a été sous-évalué et lesquels.

A l'avenir la réflexion va s'orienter :

- Vers une modification du modèle MASC pour tenir compte des spécificités locales ;
- Vers une comparaison plus systématique des deux types de modèles obtenus ainsi que de leurs résultats ;
- Vers une adaptation des démarches et des outils en fonction des objectifs de l'évaluation envisagée.

DEXi-Fruit :
un outil d'aide à la décision multicritère
pour convertir un verger en agriculture biologique.

F. Warlop
Groupe de Recherche en Agriculture Biologique, Avignon

Le conseil individualisé en cultures spécialisées est aujourd'hui en crise, alors que les agriculteurs ont plus que jamais besoin d'appui technique pour innover et adapter leurs pratiques. La forte demande sociale et professionnelle pour l'Agriculture Biologique (AB), doit s'accompagner d'un niveau technique et des compétences chez les agriculteurs, pour garantir le succès d'une conversion, et des années suivantes. En arboriculture fruitière, les conversions sont peu nombreuses en raison de fortes contraintes techniques, liées notamment à un matériel végétal souvent mal adapté à l'AB. La conversion doit donc être soignée, et bien réfléchie.

L'outil d'aide à la décision proposé ici tente d'accompagner l'arboriculteur dans son choix de conversion, à la parcelle, en intégrant et pondérant les paramètres principaux qui ont été jugés comme déterminants lors de la conversion.

Ce projet a été développé dans le cadre du projet européen Isafruit (6^e PCRD). La construction de l'outil a été réalisée en plusieurs phases, initialement avec des chercheurs slovènes familiers de l'outil (Črtomir Rozman, Univ. Maribor). Cette première étape a permis l'élaboration de l'architecture de base de l'arbre d'évaluation et d'identifier les principaux indicateurs de base et intermédiaires utiles à l'analyse de la « convertibilité » d'un verger. Concrètement, des sessions de travail successives ont été organisées dans et hors du cadre d'Isafruit, pour avancer sur les modules économiques, techniques ou écologiques de l'outil, avec les experts identifiés. Ceux-ci ont été identifiés et invités en fonction des modules précis traités, afin de bien cibler le travail à réaliser selon les compétences apportées.

Il apparaît que le travail doit être mené en réunions physiques, avec moins de 6-8 personnes, pour permettre les discussions nécessaires à l'affinement de l'outil. Ce travail à l'échelle européenne a été mené avec difficulté pendant deux ans, pour des raisons évidentes d'éloignement physique entre participants.

Malgré des présentations lors de congrès ou séminaires scientifiques (Lô-Pelzer E., 2009, Warlop F., 2008), le modèle qualitatif multi-attribut reste un concept flou et mal cerné pour la communauté de chercheurs, ce qui n'a pas permis de cristalliser une dynamique forte pour la construction de Dexi-fruit dans le cadre du projet Isafruit. Toutefois, le travail accompli a suscité l'intérêt d'un premier groupe d'experts français (Daniel Plénet, Aude Alaphilippe, Sylvaine Simon, Pierre-Eric Lauri, INRA) qui s'est réuni en janvier 2010 pour avancer sur diverses parties techniques.

Dans sa version actuelle, le modèle d'évaluation comporte 37 indicateurs de base et 22 indicateurs agrégés, ce qui en fait un modèle plutôt simple si on le compare à d'autres. Cependant le modèle n'est pas encore finalisé, car les attributs doivent être pondérés, et les règles de décision rediscutées.

A l'issue du travail de finalisation de cette première version, des tests seront entrepris afin de comparer les réponses ex-ante au comportement réel de diverses situations de terrain récemment converties en arboriculture fruitière.

Bibliographie

- E. Lô-Pelzer, F. Warlop, 2009, Modèles hiérarchiques qualitatifs comme outils d'aide à la décision : quels intérêts en agronomie ? Séminaire Modelia, Paris, 29 sept
- Rozman C., K. Pazek, 2005. Application of computer supported multi-criteria decision models in Agriculture. *Agriculturae Conspectus Scientificus*, vol. 70 (4), pp. 127-134.
- Warlop F. Can Models be useful for deciding to convert to organic fruit growing? Presentation in Weinsberg, Feb. 2008: www.ecofruit.net
- Warlop F. Can Models be useful for deciding to convert to organic fruit growing? Presentation at IFOAM OWC, Modena, June 2008, www.modenabio2008.org

DEXiPM : un outil pour l'évaluation des systèmes de cultures répondant aux exigences de la production intégrée

E. Lô-Pelzer¹, Ch. Bockstaller², C. Lamine³, F. Angevin³, A. Messéan³

¹ INRA UMR AgroParisTech – INRA, Thiverval-Grignon

² INRA UMR Nancy-Université - INRA, Colmar

³ INRA UAR Eco-Innov, Thiverval-Grignon

Contexte et objectifs

L'un des objectifs du réseau d'excellence européen ENDURE est d'évaluer les systèmes de cultures actuels et de proposer des systèmes économes en pesticides. Pour cela, des groupes de discussion ont été constitués autour des cultures d'hiver (Colza-blé-orge) et du maïs, composés de chercheurs de disciplines variées (agronomes, malherbologues, pathologistes et épidémiologistes) et de conseillers agricoles. DEXiPM a été développé pour l'évaluation *ex ante* de la durabilité des systèmes de culture proposés. Dans le processus de conception de systèmes de culture économes en pesticides, cet outil doit permettre de sélectionner *a priori* des systèmes qui pourront être testés au champ et d'identifier les conditions facilitant l'adoption de stratégies spécifiques.

Méthodologie

DEXiPM est un modèle hiérarchique multicritère et qualitatif qui permet l'évaluation de systèmes de culture selon les trois piliers usuels de la durabilité, environnemental, social et économique. Il a été développé par des agronomes et une sociologue, et l'arbre a été soumis à l'expertise de scientifiques d'autres disciplines afin de valider le choix et la hiérarchie des critères.

Résultats et discussion

DEXiPM présente 74 attributs basiques et 85 attributs agrégés. Les attributs basiques ne sont pas des indicateurs calculés mais une description technique du système de culture ainsi qu'une description du contexte de l'évaluation (contexte pédoclimatique, économique, social, politique). Les attributs agrégés sont des indicateurs qualitatifs de durabilité. DEXiPM est basé sur le modèle MASC (Sadok et al. 2009), et sur d'autres modèles, méthodes et études (e.g. Bohanec et al. 2008). Grâce à l'intervention d'experts de divers disciplines et domaines, la majorité des connaissances sur la durabilité a été regroupée dans l'arbre de DEXiPM, ce qui permet lors de l'évaluation de systèmes de culture d'avoir un tableau de bord complet des critères de durabilité, générant aussi des discussions autour des systèmes de cultures innovants proposés. Une attention particulière a été portée aux aspects biodiversité et durabilité sociale. L'évaluation des systèmes de grandes cultures proposés dans le cadre d'ENDURE a montré l'intérêt du modèle, mais aussi certaines limites, liées entre autres à la taille de l'arbre. Le modèle est donc en cours d'amélioration, en fonction des retours des utilisateurs ENDURE et de son analyse de sensibilité, et une deuxième version du modèle sera disponible fin 2010.

Perspectives

Le développement de DEXiPM et son extension à d'autres filières doivent se poursuivre dans le cadre du réseau ENDURE et du projet PURE que l'INRA a déposé auprès de l'UE en janvier 2010.

References

- Bohanec, M. et al. 2008. A qualitative multi-attribute model for economic and ecological assessment of genetically modified crops. *Ecological Modelling*, 215, 247-261.
- Sadok, W. et al. 2009. MASC: a qualitative multi-attribute decision model for ex ante assessment of the sustainability of cropping systems. *Agronomy for Sustainable Development* 29, 447-461.

Analyse de sensibilité du modèle MASC - premiers résultats

J.E. Bergez¹, M. Carpani¹, H. Monod²

¹INRA UMR AGIR, Toulouse

²INRA UMR MIA, Jouy-en-Josas

Introduction

L'évaluation multidimensionnelle de la durabilité est nécessaire pour mettre en œuvre des formes nouvelles d'agriculture durable (den Biggelaar et al., 1995; Gafsi et al., 2006), et cette évaluation peut être accomplie au travers de modèles intégratifs (Rothmans, 2002). Le modèle MASC® (Multi-attribute Assessment of the Sustainability of Cropping systems ; Sadok et al., 2009) est un modèle créé pour l'évaluation *a priori* de la durabilité des systèmes de culture innovants. L'arbre décisionnel qui constitue le modèle est formé des trois branches principales, représentant les dimensions de la durabilité : économique, sociale et environnementale. L'arbre possède 31 variables de base (feuilles) qualitatives, ordonnées et agrégées selon les règles de décision (fonctions d'utilités) établies par les utilisateurs, jusqu'à déterminer la valeur de la durabilité totale du système de culture analysé.

Comme pour tous les modèles, l'Analyse de Sensibilité (AS) est un instrument très puissant qui permet d'avoir confiance dans le fonctionnement du modèle ; donc le but des travaux est de présenter les premiers résultats de l'AS du modèle MASC® et de fournir une méthodologie applicable aux différents modèles MASC adaptés à différents cas d'étude.

Matériel et Méthodes

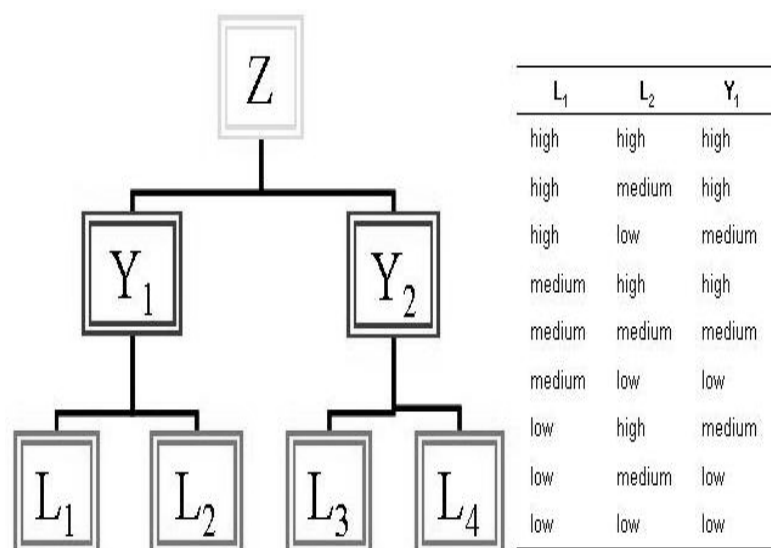


Figure 1 - Exemple de la structure du modèle MASC et de la fonction d'utilité (β) pour Y₁.

La plateforme DEXi (Bohanec et al., 2008), développée pour créer des modèles d'aide à la décision à travers le classement des différentes options, est la base du modèle hiérarchique, qualitatif et multi-attribut MASC®. Sa structure à arbre (Figure 1) est constituée de 52 variables; 31 variables de base (feuilles, L) et 21 variables agrégées (Y). La variable résultat Z est aussi appelée variable racine (durabilité totale). Les variables agrégées dérivent des feuilles au travers des fonctions d'utilité.

Chaque variable du système a 3, 4 ou 5 modalités ; ces modalités typiquement prennent les valeurs 'faible', 'moyenne', ou 'élevée' avec parfois l'ajout des cas 'très faible' et 'très élevée'. MASC® peut être représenté selon la formule suivant:

$$Z = f(L, \beta) \quad (1)$$

où Z est le résultat du modèle (la variable racine), L représente les variables d'entrée (variables feuilles), β sont les paramètres du modèle (les fonctions d'utilité), f symbolise la structure arbre (branches, profondeur et nombre de modalités des variables).

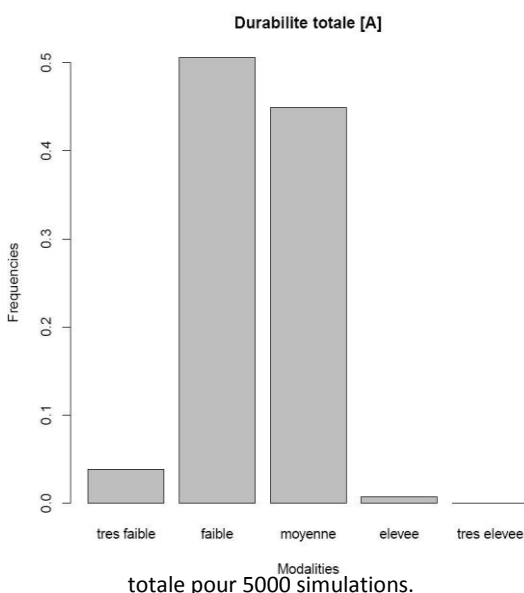
Dans MASC® les modalités des variables sont ordonnées et donc il est possible de les considérer comme des séquences cardinales qui vont de 1 à n ; ça permet de calculer la variance, l'espérance et les Indices de Sensibilité (IS). Les IS calculés sont de premier ordre, donc ils mesurent l'influence des descendants L sur les variables agrégées, Y. La représentation de l'IS proposé par Saltelli et al. (2000) est celle d'une mesure d'importance:

$$IS(L;Y) = \frac{Var(E(Y|L))}{Var(Y)} \quad (2)$$

où $E(Y|L)$ désigne l'espérance de Y conditionnée par L.

L'AS de MASC® a été faite en comparant trois approches différentes: le plan factoriel complet combiné avec l'analyse de la variance (ANOVA), échantillonnage Monte Carlo (MC), et le calcul des probabilités conditionnelles basé sur la structure hiérarchique de MASC®. La comparaison entre les approches a été développée avec un algorithme créé en R.

Résultats et discussion



Le plan fractionnaire complet serait bien adapté aux variables qualitatives et donnerait des IS exacts, mais vu le nombre élevé d'analyses requises (plus de 3^{31}), il n'est pas applicable ici. Le plan fractionnel n'est pas non plus une alternative parce que de larges interactions existent entre les facteurs. L'approche des probabilités conditionnelles est applicable et a permis de calculer les IS exacts pour toutes les variables du système. L'approche MC donne des résultats (Figure 2) similaires, et nécessite un temps de calcul aussi bref que celui des probabilités conditionnelles. Cette approche semble plus flexible que celle des probabilités conditionnelles si les corrélations entre variables sont considérées.

Dans toutes les approches d'AS considérées, en attribuant des distributions uniformes aux variables feuilles, les distributions des variables les plus agrégées deviennent fortement concentrées autour de leur moyenne. La distribution de la variable racine paraît être plus influencée par la distribution de l'acceptabilité sociale étant donné que leurs distributions sont

assez similaires. De même, l'IS de l'acceptabilité sociale est plus élevé que celui des autres variables du modèle. De plus, on peut envisager l'existence du principe de précaution dans la définition de la durabilité totale, comme montré par la distribution obtenu et confirmé par une analyse attentive de la règle d'agrégation qui définit la racine.

Conclusions

L'AS *a posteriori* aide à avoir une meilleure compréhension du modèle et de ses résultats et à évaluer les effets des variables sur le résultat en fonction de leur sensibilité, qui apparemment est influencée aussi par leur niveau de profondeur dans la structure du modèle. Une analyse *a priori*, pendant la construction du modèle, guide sa définition en déterminant, par exemple, les niveaux de profondeur et de précision les mieux adaptés pour chaque variable du système. L'utilisation de l'AS dans une approche participative permet ensuite d'obtenir un modèle qui décrit efficacement le système analysé, de tester différentes solutions, comme différentes fonctions d'utilité, et permet ainsi de modifier le modèle pour le rendre plus conforme aux objectifs.

Références

- Dent J.B., Edward-Jones G., McGregor M.J., 1995. Simulation of ecological, social, and economic factors in agricultural systems, *Agr. Syst.* 49, 337–351.
- Gafsi M., Legagneux B., Nguyen G., Robin P., 2006. Towards sustainable farming systems: Effectiveness and deficiency of the French procedure of sustainable agriculture, *Agr. Syst.* 90, 226–242.
- Sadok W., Angevin F., Bergez J.-E., Bockstaller C., Colomb B., Guichard L., Reau, R., Messéau A., Doré T, 2009. MASC: a qualitative multi-attribute decision model for ex ante 1 assessment of the 2 sustainability of cropping systems, *Agron. Sust. Dev.*, 29: 447-461.
- Saltelli A., Chan K., Scott M., Editors, 2000. "Sensitivity Analysis", John Wiley & Sons publishers, Probability and Statistics series.

Entre description et évaluation des systèmes : le goulot d'étranglement du calcul des indicateurs pour MASC

R. Reau, G. Fortino

INRA UMR Agronomie, Versailles-Grignon

L'évaluation avec MASC intéresse non seulement les chercheurs mais aussi les ingénieurs de la recherche-développement qui y voient un moyen pour apprécier la multifonctionnalité des systèmes de culture (SC) qu'ils imaginent, qu'ils expérimentent, ou que testent des agriculteurs innovants.

Si la technologie DEX, à la base de MASC, est très pratique, l'élaboration du vecteur des 31 critères basiques qui caractérisent les SC est une étape chronophage et relativement fastidieuse. Résoudre ce goulot d'étranglement rendrait la démarche d'évaluation plus rapide et aisée.

Méthodes : rassembler sous une interface de saisie unique les critères nécessaires à MASC

Par rapport à d'autres outils issus de la technologie DEX, l'utilisateur de MASC ne doit pas rentrer dans l'arbre d'évaluation par des techniques culturales et des éléments du contexte, mais directement par les valeurs prises par les différents critères. Ce choix a en effet l'avantage de séparer l'explicitation d'un cadre d'objectifs (traduit en un arbre de préférences) de la caractérisation des performances des SC (par la définition des 31 critères de base).

Afin de rendre opérationnelle la phase de caractérisation, un outil permettant l'estimation des critères de nature quantitative a été conçu. Le calcul est effectué à partir des interventions au champ au cours d'une succession de cultures ou d'une rotation (SC pratique).

A partir du modèle conceptuel des données, l'outil CRITER a été développé sous Java.

Les algorithmes à la base du calcul sont pour la plupart issus du tableur « Landaise » utilisé par le RMT SdCI et du logiciel Indigo, certains d'entre eux ayant été adaptés pour passer de l'échelle de la culture à l'échelle pluriannuelle du SC (Guichard, 2008).

Résultats : le logiciel CRITER développé en « Java »

L'exposé présente l'interface de saisie de CRITER, qui permet de décrire les « SC pratiques » et le contexte dans lequel se situent, à savoir, certaines caractéristiques de l'exploitation et de la parcelle.

A la sortie de l'outil, les résultats sont rassemblés sous la forme d'une matrice directement utilisable pour renseigner 24/31 critères de base de MASC. Les 7 critères de MASC restants sont à estimer de façon qualitative directement par le réalisateur de l'évaluation.

Un outil pour faciliter le couplage du prototypage à dire d'experts et l'évaluation multicritère

Pouvoir calculer une large gamme d'indicateurs à partir d'une unique interface de saisie relativement simple est un point clé pour réduire le temps de saisie, les risques d'erreurs et faciliter la conception en boucle, très utile aux processus d'innovation.

De plus, la décomposition de l'évaluation en deux étapes, chacune avec un outil adapté, permet de faire intervenir de manière bien distincte les connaissances relatives aux systèmes bio-physique et technique (Le Gal *et al.*, 2009) et celles qui sont à la base des préférences exprimées dans MASC. Ce qui revient au final à ne pas confondre l'activité et le rôle des scientifiques avec celui des porteurs d'enjeux dans le processus de prototypage et de conception innovante.

Perspectives

Le prototype sera testé en 2010 pour l'évaluation des SC innovants conçus dans la cadre du RMT.

Bibliographie

- Guichard L. 2008. Persyst, un outil d'évaluation des performances économiques et environnementales des systèmes de culture. Projet PRAITERRE, Livrable du WP1. 13 p.
- Lagaise B., 2009. Elaboration d'un prototype de description de systèmes de culture innovants. Mémoire ESA Angers, INRA. 162 p.
- Le Gal P.Y., Mérot A., Moulin C.H., Navarrete M., Wery J., 2009. A modelling framework to support farmers in designing agricultural production systems. *Environmental Modelling & Software* 25 (2010) 258–268.
- Reau R., Angevin F., Bergez J.E., Blouin M., Bockstaller C., Colomb B., Doré T., Guichard L., Landé N., Messéan A., Munier-Jolain N., Petit M.S., 2009. A methodology for prototyping sustainable cropping systems based on a combination of design process and multicriteria assessment. *Farming system design*, Monterey.

Quels apports de l'ergonomie de conception à la dynamique de développement d'un outil comme MASC ?

L. Prost et M. Cerf

INRA UR SenS, Versailles-Grignon

Nombreux sont les chercheurs qui ont produit des outils d'aide à la décision ou à l'évaluation et qui ont été déçus par la faible utilisation de ces outils. Mais que signifie réellement faible utilisation ? Les travaux sur l'utilisation de la méthode du bilan prévisionnel pour la fertilisation azotée (Jeuffroy et al., 1987) ou sur l'utilisation d'indicateurs de pilotage des cultures (Jubil, cuvette jaune, modèles agro-climatiques, kit, etc.) (Cerf & Meynard, 2006) nous ont permis d'aborder cette question sous un certain angle : celui de la façon dont un outil rencontre un usage qui n'est pas nécessairement celui anticipé par le concepteur de l'outil. C'est en approfondissant cette question de la rencontre, du couplage entre un outil, des usages et des utilisateurs, que nous avons conduit des travaux qui mettent ce couplage au cœur même des processus de conception des outils. Pour nous, il s'agissait de développer des démarches opérationnelles permettant de faire exister ce couplage dans la démarche de conception, mais aussi d'aller vers une conceptualisation des processus de conception qui rende compte de ce qui se joue dans ces processus.

Nous avons ainsi conduit un projet avec des acteurs engagés dans l'évaluation variétale autour de la mise au point d'un outil d'aide à l'évaluation des variétés de blé tendre qui caractérise les résistances des nouvelles variétés à des facteurs limitants du rendement. Par ailleurs, nous avons mené, dans le cadre du projet ANR-Discotech, une réflexion avec des chercheurs engagés dans des projets de co-conception de technologies en agriculture, afin d'en dégager quelques éléments conceptuels utiles pour piloter de tels projets. De nouveaux projets sont en cours pour continuer à avancer sur quatre points particuliers : les dynamiques collectives de la conception, les instruments de la conception, la prise en compte du travail des agriculteurs dans des processus de conception, les conséquences de ces démarches sur le travail du chercheur. L'ensemble doit pour nous contribuer à une production de connaissances scientifiques dans le champ des « *design studies* ». Mais ce travail peut aussi permettre, comme nous l'avons initié dans le cadre de Discotech, d'aider d'autres chercheurs à conduire le travail de conception d'outils en lien avec des utilisateurs. C'est ainsi que nous comprenons notre présence dans ce séminaire. Voici quelques éléments que nous mobiliserons lors du séminaire pour vous proposer une lecture de ce qui est en jeu dans les dynamiques en cours autour de MASC.

L'outil cristallise un modèle de l'évaluation et des systèmes de culture

Dans un outil se trouvent représentés : (i) l'objet sur lequel porte l'action de celui qui utilise l'outil, (ii) la finalité de l'action, (iii) la façon dont sera utilisé l'outil pour atteindre cette finalité. Concrètement, dans le cas de MASC, le choix d'une arborescence hiérarchique avec pondération, avec les indicateurs au niveau des feuilles et les critères de plus en plus agrégés, est un choix qui traduit une représentation de la durabilité et, ce que signifie « évaluer un système de culture » (e.g. la finalité de l'action). Le choix des indicateurs, en orientant la façon de caractériser le système de culture, définit aussi une certaine représentation de l'objet sur lequel porte l'action, e.g. le système. En ce qui concerne la façon d'utiliser l'outil pour atteindre la finalité, le fait d'avoir ouvert à l'utilisateur la possibilité de « jouer » avec les critères et les pondérations, tout en ne laissant pas toute marge d'action, constitue une certaine représentation de l'usage et de l'utilisateur. Comment ces points sont-ils objet de dialogue ou de choix de dispositif de travail dans le cadre des différentes expériences autour de MASC ?

L'outil s'inscrit dans un milieu de travail

Un outil comme MASC est destiné à aider des professionnels à évaluer des systèmes de culture. Mais n'y avait-il pas déjà un travail d'évaluation des systèmes avant que MASC ne soit disponible ? Comment et avec quels outils se faisait ce travail d'évaluation et en quoi MASC vient-il modifier ce qui existait ? Au-delà, tout outil implique une organisation socio-technique. Que l'on pense à Farmstar qui mobilise des capteurs, des outils d'interprétation, mais aussi des intermédiaires comme les coopératives ou les chambres d'agriculture, des agriculteurs, etc. Un outil a ses alliés comme ses opposants. Bref, il contribue à révéler des positions et il nécessite une structuration des acteurs pour lui donner une existence dans des activités professionnelles. Comment peut-on percevoir ces dynamiques à l'œuvre au sein des expériences qui sont en cours autour de MASC ?

Un outil doit aussi rencontrer des usages et des utilisateurs. Si l'on dit souvent que l'outil est détourné de ses usages, on peut aussi considérer qu'il est approprié, voire que les utilisateurs continuent le travail de conception en lui attribuant des fonctionnalités et des modes opératoires efficaces pour leur propre activité professionnelle. Ce processus que Rabardel (1995) qualifie de genèse instrumentale, que peut-on en dire à partir des expériences en cours et comment est-il mis à profit dans ces expériences pour faire évoluer tant l'outil que les pratiques d'évaluation des systèmes de culture, ou que la façon de considérer des indicateurs, des critères, des pondérations (bref, le modèle qui sous-tend l'outil) ?

L'outil est le produit d'un processus qui s'opère dans un collectif distribué

Si une première étape de construction de MASC s'est réalisée dans le cadre d'un groupe restreint de chercheurs ou ingénieurs, aujourd'hui, plusieurs expériences sont en cours qui permettent de faire évoluer une version initiale dans différentes directions éventuellement, en relation avec différents usages, différents utilisateurs, etc. Comment le collectif qui est présent à ce séminaire se situe-t-il par rapport à ces dynamiques « locales » ? Quelle place souhaite-t-on donner aux utilisateurs dans l'évolution de MASC ? Faut-il ou non constituer une communauté MASC ? Qu'est-ce que cela signifierait (par exemple, pour cela, faut-il pouvoir tracer ce qui se joue dans les dynamiques locales ? Faut-il prévoir des procédures de validation des versions produites localement ?).

Références

- Jeuffroy, M-H., Meynard, J-M., Sevat, B., 1987. Identification des obstacles à la mise en œuvre des méthodes de fertilisation raisonnée : une enquête réalisée par le COMIFER avec les lycées agricoles, *Bulletin Technique d'Information*, 420, 241-245.
- Cerf M., Meynard J.M. (2006) Diversité d'usages des outils d'aide à la décision en conduite de cultures : quels enseignements pour une création conjointe des outils et de leurs usages ? *Natures, Sciences, Sociétés*, 14, 19-29.
- Rabardel, P., 1995. *Les hommes et les technologies. Approche Cognitive des instruments contemporains*. Paris: Armand Colin.