

L'évaluation multicritère des rotations en agriculture biologique



© WEBER Jean Inra

La gestion des rotations dans les systèmes de culture biologiques joue un rôle essentiel, au vu des objectifs agronomiques, économiques et environnementaux qu'elles visent. Leur conception et leur évaluation n'en restent pas moins complexes. Une approche multicritère est une réponse à cette complexité.

Les rotations ont un rôle central pour la durabilité des systèmes de cultures biologiques

La notion de rotation comporte l'idée de retour cyclique de cultures sur les parcelles dans un ordre de succession déterminé, afin de satisfaire divers objectifs sociotechniques sur le court et le long terme. Cependant, dans la réalité, ce ne sont pas des cultures précises qui tendent à se répéter de manière régulière, mais plutôt des types de cultures ou des cultures ayant des profils de fonction similaires (culture d'hiver versus culture d'été; légumineuse versus non légumineuse; culture de rapport versus culture de service...).

Outre la fonction de production, les rotations biologiques ont concrètement pour but d'assurer la gestion à long terme de la fertilité des parcelles, la maîtrise des adventices, des parasites et des maladies. Elles sont conçues selon des principes d'économie de ressources non renouvelables (énergie fossile, phosphore), coûteuses (travail) ou parfois rares (eau) et d'autonomie maximale de l'exploitation vis-à-vis des ressources utilisées. Elles doivent tirer partie au mieux des processus biologiques favorables à la production végétale et à sa préservation tout au long des cycles de production, jusqu'à la récolte.

Enfin, les rotations doivent préserver les différents compartiments de l'environnement dans lesquels elles sont insérées (air, sol, eau), et dont elles font partie. La biodiversité cultivée contribue à la biodiversité globale des agro-systèmes, d'où l'intérêt ici des rotations longues et/ou comportant des couverts multi-spécifiques.

Les évaluations multicritères ont pour but d'apporter une vision synthétique des rotations, vis-à-vis des objectifs qui leurs sont assignés

Compte tenu de la multiplicité des objectifs qui leurs sont assignés, de la diversité des contextes et des solutions possibles, la mise au point des rotations est un véritable challenge.

Pour les scientifiques, la conception des rotations est difficile à théoriser au-delà de l'émission de principes de base (Wijnands, 1999). Les outils

d'aide à la conception et à l'évaluation de rotation biologique sont très peu nombreux et restent à l'état de prototype, peu utilisés (Bachinger & Zander, 2007).

En pratique, la conception de rotations multifonctionnelles efficaces est le fait des agriculteurs eux-mêmes, à travers des démarches d'essais-erreurs permanentes, souvent partagées au niveau local. Ces démarches élaborées par les agriculteurs biologiques expérimentés font parfois l'objet d'une formalisation destinée à faciliter leur diffusion et leur mise en œuvre dans d'autres contextes ou par des agriculteurs moins expérimentés (Johnson & Toensmeier, 2009). En complément de ces approches de conception pratique, une démarche d'analyse intégrée des performances des rotations serait utile pour objectiver leurs comparaisons à l'égard du profil de fonctions attendues.

« La mise au point des rotations est un véritable challenge »

Cette fiche a été élaborée dans le cadre du RMT DévAB. Elle est issue d'un document composé de 30 fiches et d'un chapitre introductif définissant l'innovation en AB. Ce document est téléchargeable sur www.devab.org, rubrique Axe 1.

RMT **DévAB**

Rédacteur :

B. Colomb, Inra.

Relecteurs :

C. Cresson, ACTA ; L. Fontaine et L. Fourrié, ITAB; A. Glandières, Chambre d'agriculture Midi-Pyrénées; P. Viaux, Arvalis-Institut du végétal; X. Coquil, Inra.

Travail coordonné par :

M. Gerber et L. Fontaine, ITAB ; C. Cresson, ACTA.



© DR

© Commission Européenne

© Commission Européenne

du côté des CHERCHEURS

- L'évaluation de la durabilité des systèmes de grandes cultures à diverses échelles d'approche (de la parcelle au territoire) est un domaine de recherche multidisciplinaire très actif depuis une quinzaine d'années.

- Pour les chercheurs, cette évaluation est assimilable à un problème de décision complexe, qui doit être décomposé successivement en problèmes de plus en plus simples pour pouvoir être traités. Une synthèse récente (Sadok et al., 2008) a montré qu'une grande diversité d'outils d'Aide à la Décision Multicritère (MCDA) pouvait être utilisée à cette fin. Plus d'une dizaine d'approches multicritères ont été publiées, mais peu ont porté sur l'ensemble des dimensions (économique, sociale, environnementale et agronomique) de la durabilité des systèmes de culture, à l'échelle spatiale de la parcelle et temporelle de la rotation.

1. Il s'agit du rapport de l'énergie contenue dans les produits récoltés sur l'énergie utilisée pour la production.

- De plus aucune méthode n'a été explicitement conçue pour réaliser des évaluations qualitatives a priori de systèmes construits à dire d'experts ou d'agriculteurs. Pour répondre à ce besoin, le modèle MASC¹ a été développé récemment par un groupe d'agronomes de l'Inra (Sadok et al., 2009), dans le cadre du programme de recherche Agriculture et Développement Durable financé par l'Agence Nationale de la Recherche.

- MASC est un modèle d'évaluation qualitative, basé sur une arborescence d'indicateurs porteurs de jugement sur des enjeux de nature économique, sociale et environnementale. Son application à l'évaluation de 44 successions quadriennales de grandes cultures biologiques de Midi-Pyrénées a permis de montrer son intérêt pour discriminer leurs performances dans les trois domaines de la durabilité considérés (Colomb et al., 2008).

Une évaluation est dite multicritère lorsqu'elle porte sur deux (ou plus) des dimensions économique, sociale et environnementale de la durabilité¹. Elle peut avoir un caractère *a posteriori*, sur des rotations déjà mises en œuvre. L'évaluation peut s'effectuer *a priori*, en portant sur des systèmes nouveaux pour un contexte territorial donné ou dans le cadre d'une exploitation particulière. Les deux types d'évaluation peuvent être utilisés simultanément pour comparer des systèmes existants à des systèmes alternatifs.

Entreprendre une évaluation multicritère de rotations

L'évaluation multicritère de rotations est un cas particulier de l'évaluation de systèmes de culture à l'échelle des parcelles, pour lequel il n'existe pas de démarche standard éprouvée prête à l'emploi. La constitution d'un groupe de travail collaboratif solide visant à spécifier le modèle d'évaluation puis à le mettre en œuvre est indispensable. Une étape préalable consiste à préciser le ou les types de rotations à évaluer, leur origine, les principaux enjeux à considérer, et les moyens disponibles pour conduire l'évaluation (temps, moyens financiers, accès à des bases de données).

Préparer le modèle d'évaluation

La mise au point du modèle d'évaluation consiste à identifier tous les indicateurs nécessaires et suffisants, puis à les organiser sous une forme qui reflète la hiérarchie des préoccupations identifiées. Par exemple, dans le domaine économique, on choisira d'inscrire un indicateur de rentabilité et un indicateur d'autonomie, reflétant l'importance relative du produit brut et des aides dans la structure des revenus financiers. À ce stade, le mode d'appréciation de chaque indicateur fait l'objet de premières prescriptions, voire de choix définitifs lorsqu'il repose sur des calculs (ou des mesures) simples à mettre en œuvre et consensuels. Pour l'indicateur de rentabilité, on proposera par exemple d'utiliser la marge brute, ou la marge semi-directe moyenne à l'échelle de la rotation.

L'ensemble des indicateurs retenus, avec leurs relations de complémentarité et ou de dépendance mutuelles, forment le *modèle d'évaluation*. Pour justifier de l'investissement nécessaire à sa mise au point, le modèle doit avoir un caractère suffisamment générique, c'est-à-dire être réutilisable ou constituer un point de départ pour d'autres projets d'évaluation.

1. Par exemple nommer une opération culturale élémentaire pour aller chercher dans une base de données la consommation d'énergie fossile qui est associée à sa mise en œuvre.





du côté des
AGRICULTEURS
et des
CONSEILLERS

Le modèle d'évaluation doit ensuite être paramétré pour être utilisé dans un contexte particulier. En premier lieu les modes d'évaluation des indicateurs sont déterminés en fonction du temps, des moyens et des compétences disponibles. Seule une approche à dire d'expert est possible dans la majorité des situations, pour les indicateurs clés. Un guide d'évaluation par expertise dirigée doit être élaboré, en tenant compte des facteurs déterminants pour l'effet ou l'impact analysé. Par exemple, pour apprécier l'impact des rotations sur les adventices, on tiendra compte de l'effet concurrentiel exercé par chacune des cultures, mais aussi de l'impact direct des itinéraires techniques sur les adventices, et du degré de respect du principe d'alternance de cultures d'été et de cultures d'hiver dans la rotation. Le recours à des outils diagnostics basés sur des connaissances scientifiques peut être envisagé, pour apprécier certains indicateurs critiques pour les rotations biologiques, tels que l'état organique futur du sol, et/ou le degré de satisfaction des cultures en azote.

Évaluer signifie juger, poser des appréciations à l'aide de qualificatif du type « faible, moyen, élevé » ou « défavorable, favorable, très favorable ». Or de nombreux indicateurs reposent sur des critères quantitatifs. Par exemple le nombre d'opérations culturales annuel moyen est un critère de la complexité de mise en œuvre des rotations. Selon le degré d'intensification des rotations, ce nombre peut varier de 2 à plus de 10 dans le cas de grandes cultures biologiques céréalières. Une partie du travail de paramétrage préparatoire à l'utilisation du modèle consiste à déterminer les valeurs seuils qui permettent de porter les jugements de valeur à partir des critères quantitatifs. Une bonne connaissance de la variabilité des critères dans le contexte d'étude et des marges de progrès possibles facilite le choix des valeurs seuils. Enfin, lorsqu'une agrégation des indicateurs élémentaires est prévue pour parvenir à un indicateur de classement synthétique (sur la durabilité totale), la pondération des indicateurs constitue une autre opération importante du processus de paramétrage. Des discussions intenses sont à prévoir à ce stade pour tenir compte de la diversité des points de vue.

- L'étude des rotations de grandes cultures biologiques est au cœur du projet CASDAR RotAB (Fontaine et al., 2009). Il vise à identifier des rotations

types dans le cadre de diverses régions françaises, à comprendre leurs déterminants et étudier la variabilité de leurs performances.

- Dans le cadre de la région Midi-Pyrénées, un groupe de conseillers de Chambres d'agriculture s'est constitué pour travailler ensemble avec l'appui d'une unité de recherche en agronomie de l'Inra à la mise au point d'une grille d'évaluation qualitative des systèmes de culture biologiques, qui valorise au maximum leurs connaissances expertes (Glandières et al., 2008 ; Projet PSDR Midi-Pyrénées CITODAB, Colomb & Gafsi, 2009a). Les projets RotAB et CITODAB se sont rapprochés pour mettre au point le modèle d'évaluation MASC-AB, à partir du modèle générique MASC proposé par l'Inra.

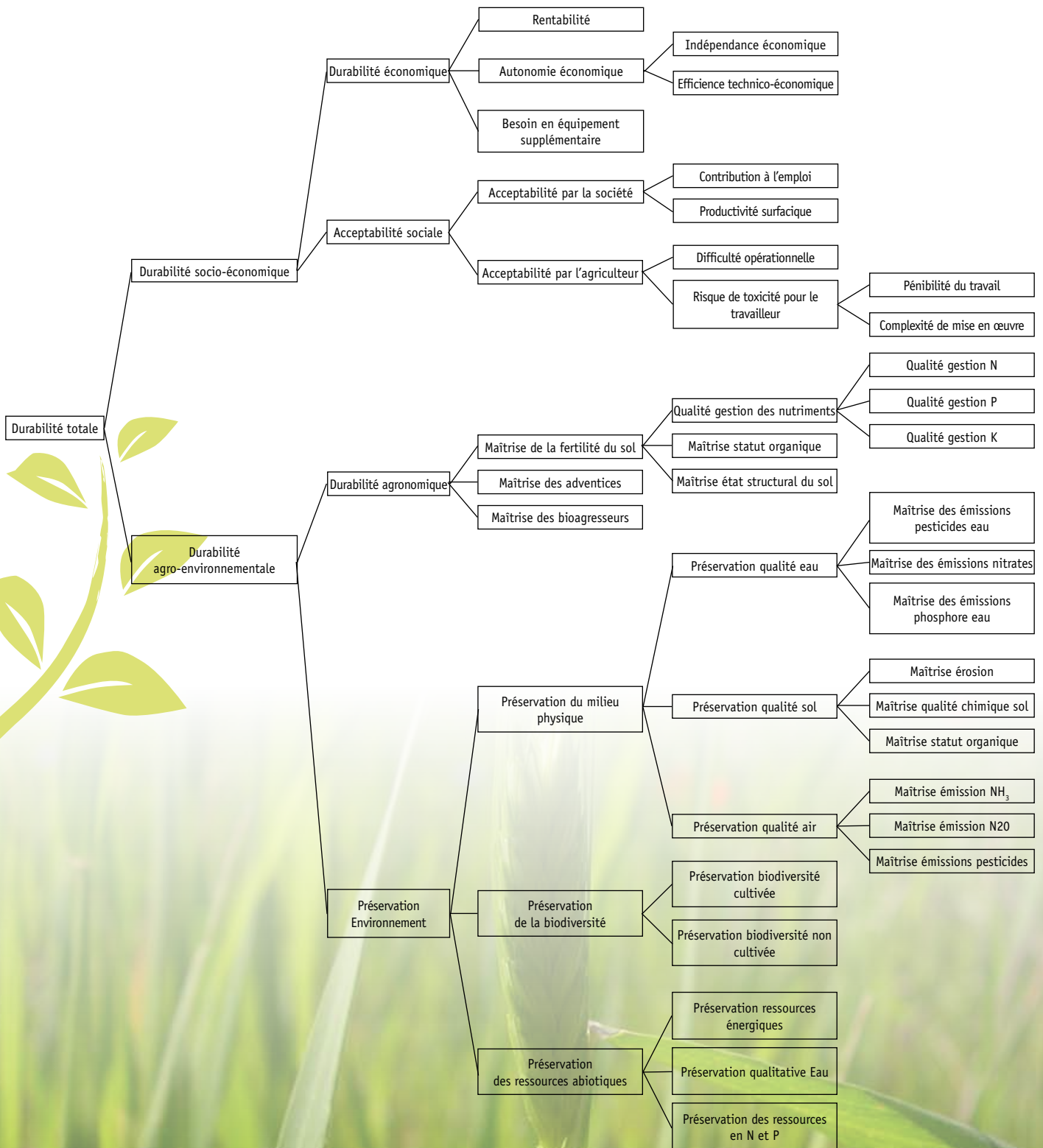
- La principale innovation apportée au modèle MASC par les conseillers concerne l'introduction d'une branche dédiée à la durabilité agronomique des systèmes de culture biologiques (cf. Figure 1), en réponse aux préoccupations des agrobiologistes quant à l'évolution du potentiel productif des parcelles soumises à de tels systèmes. L'analyse de la durabilité agronomique proposée s'appuie sur l'examen du degré de maîtrise des adventices, des bioagresseurs et de la fertilité du sol. L'approche de la fertilité repose sur l'examen de la qualité de gestion des nutriments tout au long des successions culturales, du degré de maîtrise du statut organique et de l'état structural du sol que les rotations permettent d'obtenir sur le moyen et le long terme.

- Les indicateurs nouveaux introduits font référence à des questions complexes, pour lesquelles il n'existe pas de connaissances scientifiques organisées sous forme d'outils de diagnostic génériques éprouvés, de modèle mécanistes, ou de possibilité de mesures directes rapides. Les conseillers ont donc établi des schémas d'évaluation qualitative, à partir de leurs connaissances expertes du domaine, le plus souvent sous la forme d'arbres satellites à l'arbre principal (cf. Figure 2).

- Une opération « mentale » de base fréquemment utilisée par les conseillers pour instruire les schémas d'évaluation des indicateurs consiste à catégoriser les cultures quant à leur sensibilité ou exigence vis-à-vis de différents facteurs, à leur impact sur l'environnement ou sur les composantes de la fertilité des sols (effet concurrentiel sur les adventices, effets sur la structure du sol, consommation d'eau en période critique...).

- Les actes techniques élémentaires ou les itinéraires techniques peuvent être catégorisés de façon similaire quant à leur contribution à certaines fonctions importantes pour la durabilité des rotations. Les conseillers ont établi par ailleurs des seuils pour les critères quantitatifs sous-jacents aux indicateurs qualitatifs du modèle.

Figure 1. MASC-AB, un modèle d'évaluation multicritère de rotation biologique.



- Ce travail s'est effectué essentiellement à l'échelon du collectif de Midi-Pyrénées pour servir d'exemple au processus, en mobilisant les référentiels économiques ou techniques disponibles dans la région. Par exemple, une étude avait montré que l'efficacité énergétique des rotations était inféodée à leur degré d'intensification (présence ou non d'irrigation et de fertilisation) et variait dans la plage 3 à 12 MJ/MJ (Colomb et al., 2009b). Sur cette base, des valeurs seuils de 5 et 8 MJ/MJ ont été proposées pour discriminer les efficacités énergétiques faibles, moyennes ou élevées.

- Le sous modèle d'approche de la durabilité agromonomique s'est révélé capable de différencier efficacement des systèmes de grandes cultures biologiques relativement proches, provenant d'une même région, dès lors qu'un paramétrage attentif est préalablement réalisé par des conseillers connaisseurs du contexte (Craheix, 2009).

- Le modèle MASC-AB dans son ensemble fait actuellement l'objet de tests complémentaires pour évaluer sa capacité à établir un profil de performances discriminatoire de rotations biologiques typiques provenant de diverses régions de France (Projet RotAB). Des travaux complémentaires sont actuellement menés en Midi-Pyrénées pour identifier comment et à quelles conditions MASC-AB peut être utilisé dans le cadre d'une activité de conseil personnalisé auprès des agriculteurs et pour la sensibilisation de ces derniers à l'agriculture biologique (Projet CITODAB).

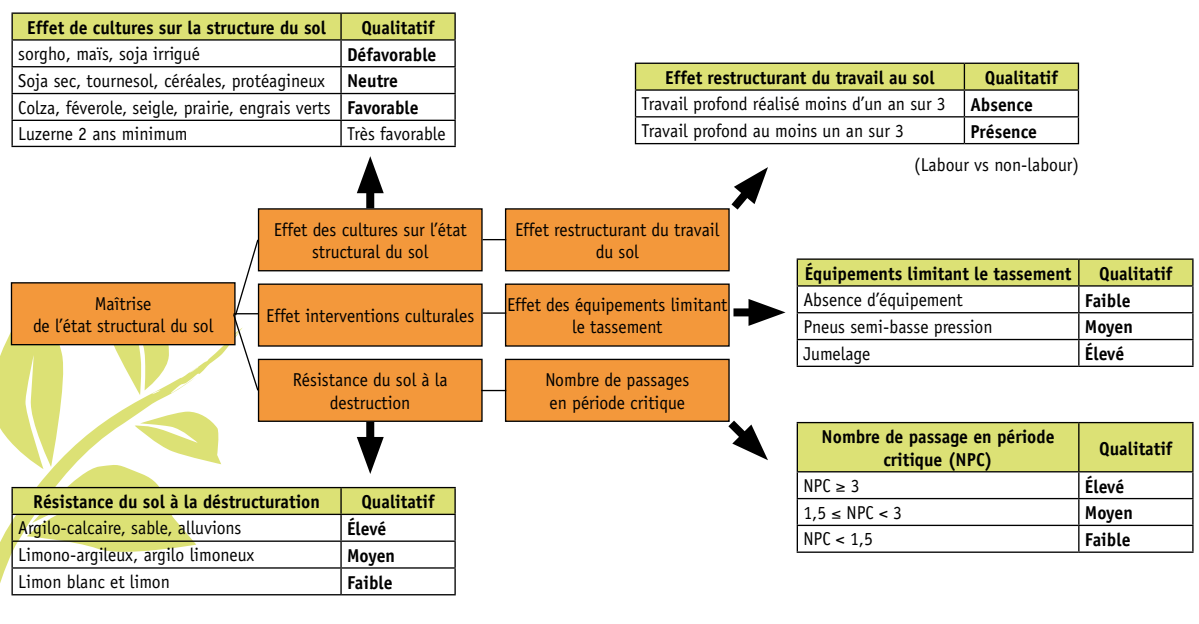
Conduire l'évaluation

L'évaluation proprement dite de rotations existantes ou innovantes repose sur leur description préalable. Cette description soulève des difficultés spécifiques, dans la mesure où il y a généralement un écart entre les rotations souhaitées et les rotations réellement appliquées par les agriculteurs, compte tenu d'une multiplicité d'aléas. Concernant les rotations innovantes que l'on souhaite évaluer a priori, les itinéraires techniques associés apparaissent difficiles à spécifier complètement, sans faire nombre d'hypothèses.

Gérer ces incertitudes, par le biais de simplifications non réductrices, est inhérent à cette étape de caractérisation des systèmes de cultures. À cela s'ajoute l'absence d'un vocabulaire de description suffisamment bien stabilisé, permettant de faire un lien direct entre les caractéristiques des rotations décrites et les données de références nécessaires à l'évaluation des indicateurs². L'essentiel du travail réside dans le calcul ou l'évaluation des indicateurs avec les approches expertes mises au point et ou les outils de diagnostics sélectionnés. Il n'existe pas d'outil capable d'effectuer ce travail simultanément pour tous les indicateurs, à partir d'une description et d'une saisie unique des caractéristiques des rotations. Le développement d'utilitaires basés sur les choix du groupe de travail est donc une nécessité inhérente à cette étape.

2. MASC est un acronyme dérivant du nom anglais du modèle (Multi attribute decision model for ex ante Assessment of the Sustainability of Cropping systems).

- Figure 2. Un exemple de schéma d'appréciation qualitative d'un indicateur de MASC-AB. L'impact d'une rotation sur la structure du sol.





L'étape finale consiste à établir un rapport d'évaluation qui facilite l'ouverture et la conduite des discussions préparant les décisions. Ce rapport doit faire ressortir clairement les principales forces et faiblesses de chacune des rotations par rapport à la diversité des enjeux pris en compte.

La contribution à la rentabilité de l'exploitation est-elle suffisante? Si oui, quel est le niveau de dépendance au système d'aides financières actuel? Appliquée dans tel contexte, la rotation est-elle porteuse d'un risque de dérive pour le potentiel de production futur? Si oui, est-ce un problème de gestion des matières organiques du sol, ou bien un développement trop important de vivaces est-il à craindre?

Une structure hiérarchisée des indicateurs facilite grandement l'interprétation agrégée des résultats. Elle permet un classement des rotations sur un indicateur global de durabilité, tout en offrant la possibilité d'expliquer celui-ci et de remonter jusqu'aux causes des bonnes ou mauvaises performances constatées, dans le choix des cultures et dans les itinéraires techniques de pilotage envisagés.

Un exemple de démarche d'évaluation est présenté dans les encarts *Du côté des chercheurs* et *Du côté des agriculteurs et des conseillers*.

Conclusion

Les systèmes de culture biologiques présentent une particularité essentielle par rapport à des systèmes conventionnels. Ils doivent assurer leur propre pérennité sans recours à des intrants de synthèse, en privilégiant les ressources à la fois renouvelables et d'origine locale. Cette nécessité rend plus complexe la conception et l'évaluation des rotations de grandes cultures biologiques. Seules les démarches en partenariat incluant agriculteurs, conseillers, experts des filières concernés et scientifiques sont à même de produire des représentations et des outils susceptibles de faciliter l'une et l'autre, compte tenu de la diversité des connaissances et des points de vue à intégrer.

La mise au point et l'utilisation d'un modèle d'évaluation permettent de valoriser les référentiels partiellement constitués par le suivi d'exploitations biologiques, les dispositifs d'expérimentation aux champs ou en fermes pilotes, les travaux scientifiques, et surtout l'expérience irremplaçable des agriculteurs. Elle oblige à une réflexion approfondie sur les objectifs assignés aux rotations, et sur les indicateurs mobilisables pour vérifier leur degré d'achèvement.

Pour en savoir +

- Bachinger J., Zander P. 2007. ROTOR, a tool for generating and evaluating crop rotations for organic farming systems. *European Journal of Agronomy*, (26) 2 130-143.
- Colomb B., F. Angevin, JE Bergez, M. Blouin, A. Glandières, L. Prieur. 2008. 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. <http://www.conference-agsap.org/index.htm>
- Colomb B., Gafsi M., 2009a. Contribution des innovations techniques et organisationnelles à la durabilité de l'agriculture biologique. CITODAB project. In Galliano D. & Nolot J. M., Scientific coordinators, PSDR Midi-Pyrénées Program. INRA Toulouse Center. http://www.toulouse.inra.fr/le_centre_ses_partenaires/psdr_midi_pyrenees/les_8_projets_du_programme_psd
- Colomb B., Glandières A., Carpy-Goulard F., Lecat N., Pelletier A., Prieur L., 2009b. Analyse énergétique des systèmes de grandes cultures biologiques. Impact du niveau d'intensification. *Innovations Agronomiques* 4, 176-181. http://www.inra.fr/ciag/layout/set/print/revue_innovations_agronomiques/volume_4_janvier_2009
- Craheix D. 2009. Contribution à la mise au point d'un modèle d'évaluation multicritère des systèmes de cultures biologiques: introduction d'indicateurs relatifs à la qualité de la gestion agronomique. Mémoire de fin d'étude. Diplôme d'Ingénieur Agronome de l'Institut supérieur des Sciences Agronomiques AGROCAMPUS OUEST- ITAB-INRA. 89 pages.
- 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>
- Johnson S., Toensmeier E., 2009. Crop Rotation on Organic Farms: a planning manual. Natural Resource, Agriculture, and Engineering Service (NRAES).177. Ithaca, NY. <http://www.neon.cornell.edu/croprotonation/>
- 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
- Wijnands F. G., 1999. Crop rotation in organic farming: theory and practice. In: J.O. Olesen, R. Eltun, M.J. Gooding, E. Steen Jensen, U. Köpke (Eds.). *Designing and testing crop rotations for organic farming*. Danish Research Centre for Organic Farming, pp. 21-34.