



HAL
open science

Construire une image globale des performances des systèmes de cultures par le biais d'une évaluation multicritère. Buts, principes généraux et exemple

Bruno Colomb, Jacques-Eric Bergez

► To cite this version:

Bruno Colomb, Jacques-Eric Bergez. Construire une image globale des performances des systèmes de cultures par le biais d'une évaluation multicritère. Buts, principes généraux et exemple. *Innovations Agronomiques*, 2013, 31 (octobre), pp.45-60. hal-02105002

HAL Id: hal-02105002

<https://hal.science/hal-02105002>

Submitted on 19 Apr 2019

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Distributed under a Creative Commons Attribution - NonCommercial - NoDerivatives 4.0 International License

Construire une image globale des performances des systèmes de cultures par le biais d'une évaluation multicritère. Buts, principes généraux et exemple

Colomb B.¹, Bergez J.E.¹

¹ INRA, UMR 1248 AGIR & INP Toulouse, BP 52627, F-31326 Castanet Tolosan cedex

Correspondance : Bruno.Colomb@toulouse.inra.fr

Résumé

L'évaluation multicritère *ex post* de systèmes de cultures existants a pour objet principal l'élaboration d'une image globale et argumentée sur le degré de satisfaction des objectifs assignés à ces derniers, dans les différents domaines de durabilité économique, sociale et agroenvironnementale. Cette image, composite et intersubjective par son mode d'élaboration, est un préalable à la recherche de solutions innovantes pour améliorer les performances des systèmes, qui combineront des leviers afférant à différents niveaux d'organisation pour être durables. Ce document rappelle l'enchaînement des grandes phases nécessaires à l'élaboration d'une telle image globale, par le biais d'une évaluation multicritère reposant sur un modèle hiérarchique d'indicateurs qualitatifs tel que MASC. La richesse des éléments diagnostics qui peuvent composer l'image globale à l'issue de l'évaluation est illustrée à partir d'une expérience réelle d'évaluation de systèmes de grandes cultures biologiques conduite en Midi-Pyrénées.

Mots-clés : Durabilité, Evaluation multicritère, Indicateur, Système de culture, Agriculture biologique, MASC.

Abstract: Building an overall picture of cropping systems performances thanks to a multicriteria assessment. Goals, general principles and example

The ex-post assessment of existing cropping systems aims firstly at building a comprehensive and well described picture of these cropping systems and how they fit within the different economic, social and agroenvironmental dimensions of sustainability. Due to its creation process, this picture is composite and intersubjective. It is a mandatory prerequisite to find innovative solutions to improve the performances of cropping systems that will combine handles at different levels of organization in order to be sustainable. This paper outlines the sequence of the main phases necessary to develop such a comprehensive picture. The hierarchical qualitative indicators model MASC is chosen as the multi-criteria based methodology. We used an actual assessment process on organic cropping systems in Midi-Pyrenees to present the large set of diagnostic elements resulting from this overall picture.

Keywords: Sustainability, Multicriteria assessment, Indicator, Cropping systems, Organic farming, MASC.

1. Introduction

Les grandes étapes du processus de transformation des agrosystèmes ont été identifiées de longue date (Vereijken, 1992, cité par Meynard, 1998). Une évaluation des pratiques agricoles conduit à une hiérarchisation des éléments des systèmes à améliorer. Celle-ci ouvre la voie à la conception de solutions innovantes, lesquelles font ensuite l'objet d'une évaluation concrète dans le cadre des agrosystèmes contextualisés.

Ce processus est mis en œuvre aujourd'hui par le biais de boucles de conception/évaluation qui fonctionnent de manière synchrone ou asynchrone, au sein d'enceintes de travail dans lesquelles les

degrés d'engagement des producteurs, praticiens, experts et chercheurs s'équilibrent différemment. Lançon et Reau (2008) distinguent deux grands types de boucles qui s'articulent pour conduire à la conception de systèmes innovants (Figure 1). Cette représentation est issue de diverses synthèses méthodologiques conduites à la même époque (Bergez *et al.*, 2010 ; Debaeke *et al.*, 2009 ; Loyce et Wery, 2006 ; Munier-Jolain, 2008). Les deux boucles incorporent des phases d'évaluation dites multicritères (EMC), alors que l'on devrait les qualifier de multidimensionnelles, dans la mesure où elles visent les performances des systèmes dans les domaines économique, social et agroenvironnemental (Sadok *et al.*, 2009 ; Messéan *et al.*, 2010), tout en se référant implicitement à des valeurs culturelles ou éthiques fortes (Burford *et al.*, 2013). Dans le cas des boucles de conception travaillant sur des prototypes virtuels, les EMC ont surtout un caractère *ex ante*. Dans le cas des boucles travaillant sur des prototypes au champ, les EMC ont un caractère mixte *ex ante* et *ex post* qui s'affirme au fur et à mesure que le test en vraie grandeur des systèmes progresse dans le temps. Ces évaluations considèrent en général un petit nombre de prototypes ou scénarios de systèmes de culture, toujours difficiles à concevoir et/ou coûteux à tester. Les deux types de boucles de conception peuvent se nourrir d'une EMC appliquée à des systèmes réels en plus grand nombre, réalisée dans une phase amont, visant à faire apparaître la diversité de leurs performances, les points forts comme les points faibles. Ce type d'EMC, de caractère *ex post*, est susceptible de fournir une image globale et étayée sur les performances des systèmes considérés, utile pour la phase d'identification des changements souhaitables et des solutions possibles.

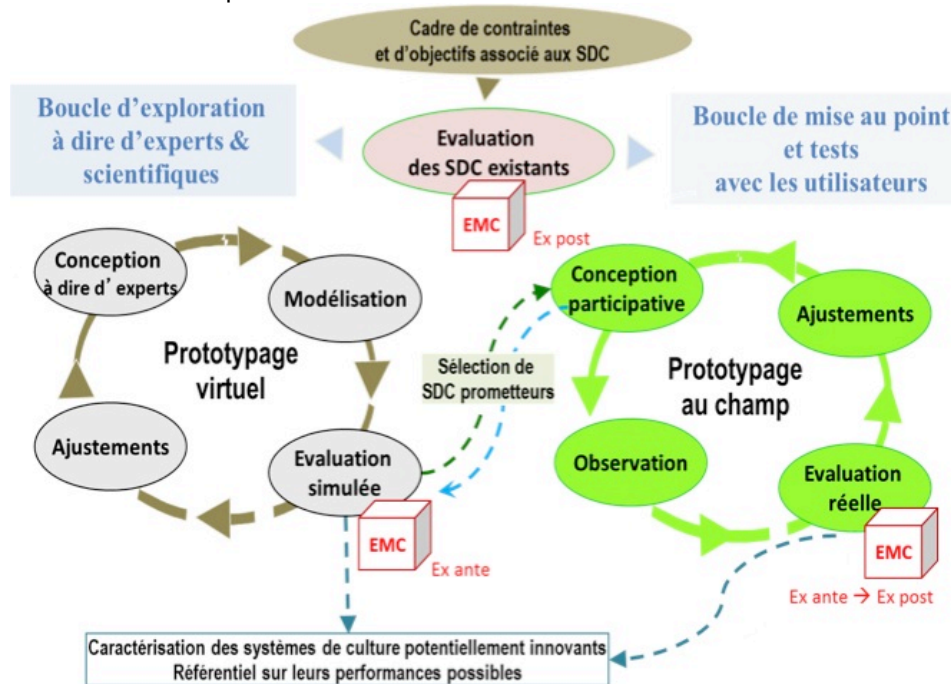


Figure 1 : Articulation de deux types de boucles de conception / évaluation de systèmes de cultures innovants (D'après Lançon *et al.*, 2008) actuellement mises en œuvre dans diverses enceintes de travail. Ces boucles peuvent s'appuyer sur une évaluation multicritère (EMC) *ex post* de systèmes existants (positionnée en haut de la figure). Une telle évaluation, dont le mode de conduite est décrit dans le présent article, apporte une grande diversité d'éléments diagnostics, dont l'ensemble formera une image globale sur les performances des systèmes existants.

Cet article présente la nature et l'enchaînement des grandes phases nécessaires à l'élaboration d'une telle image globale portant sur les systèmes de cultures, par le biais d'une EMC agrégative. Il précise en quoi chacune des phases est déterminante pour la qualité de l'image composite recherchée. En s'appuyant sur une expérience réelle d'évaluation des systèmes de grandes cultures biologiques (SGCB) spécialisés conduite en région Midi-Pyrénées, il illustre la diversité des informations diagnostiques susceptibles de constituer l'image globale recherchée.

2. Phases de conduite d'une évaluation multicritère agrégative

L'objectif principal de l'évaluation multicritère agrégative est l'élaboration d'une image globale et argumentée sur le degré de satisfaction des objectifs assignés à un système de culture, dans les différents domaines de la durabilité, dans un contexte local identifié. L'évaluation est comprise ici comme une phase diagnostique approfondie, « problem-finding », préluant à une phase de type « problem-solving » plus spécifiquement destinée à la recherche de solutions, des actions à entreprendre à différents niveaux de gestion et d'organisation pour faire évoluer les systèmes. Elle intéresse nécessairement plusieurs niveaux de responsabilités (producteurs, acteurs agro-industriels, gestionnaires de ressources, pouvoirs publics ...) ou d'analyse (praticiens, experts, scientifiques). Elle repose sur des évaluations sectorielles distinctes et complémentaires, dans les différents domaines de la durabilité, conduites de manière coordonnée. Le caractère agrégatif de l'évaluation ne se réduit pas à l'agrégation d'un panel d'indicateurs pour obtenir un ou des indicateurs composites synthétiques, bien que cela soit indispensable. Ce qui est agrégé, c'est le produit de diverses phases de travail, dont dépendra la qualité de l'image globale. Pour les besoins de la présentation écrite, les phases seront présentées successivement ci-après. Dans la réalité des projets d'évaluation une ou des itérations d'une étape sur elle-même, sur une étape précédente ou anté-précédente sont parfois nécessaires. En tenant compte des allers-retours possibles, l'ensemble du processus peut se représenter selon la Figure 2.

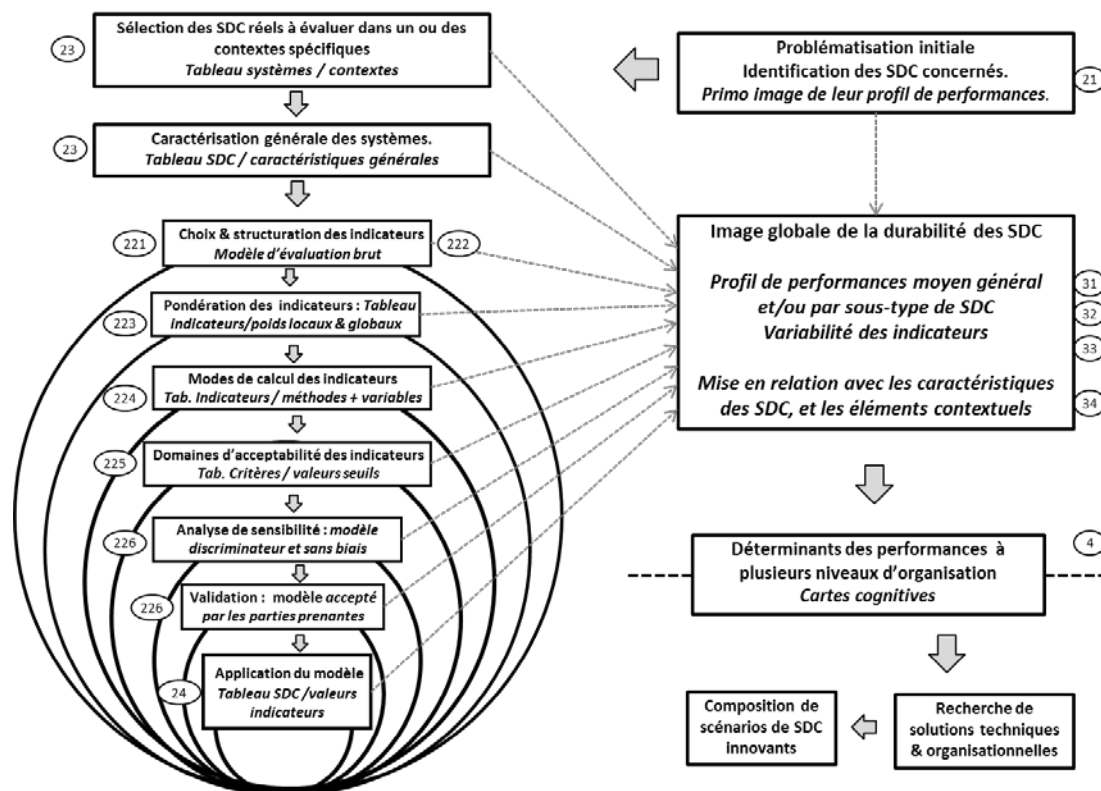


Figure 2 : Ensemble des étapes d'une évaluation multicritère de systèmes de cultures (SDC) visant à l'élaboration d'une image globale et argumentée de leurs performances dans différents domaines de la durabilité. Le processus requiert généralement des itérations d'une étape sur elle-même, sur une étape précédente ou anté-précédente (cercles). La qualité de l'image obtenue *in fine* dépend (flèches en pointillé) de la qualité des matériaux recueillis à chacune des étapes, indiqués en italique dans les différents cadres. Les numéros renvoient aux paragraphes du texte. La recherche des déterminants des performances à plusieurs niveaux d'organisation (4) marque une transition avec la phase de recherche des solutions techniques et organisationnelles et de scénarisation des systèmes de culture innovants, non traitée dans cet article.

2.1 Problématisation initiale et émergence d'un projet d'évaluation

La problématisation initiale et l'émergence d'un projet s'effectuent généralement au sein d'un noyau primitif de collectif de travail, où s'opère un partage des préoccupations associées à un ou des types de systèmes de cultures. Le noyau élabore une première image sur les forces et faiblesses des systèmes, et fait émerger progressivement l'idée d'un projet d'évaluation. Tout en cherchant à s'élargir, le collectif de travail spécifie par la suite son projet d'évaluation, s'assure de sa légitimation dans un cadre programmatique et de financement. Des clarifications doivent être apportées sur la nature des systèmes à étudier, les contextes et la période à considérer, mais aussi sur les aspects pratiques du projet (participations attendues; livrables; moyens et compétences nécessaires; calendrier).

La primo image établie par le collectif est susceptible d'impacter fortement et durablement le processus d'évaluation ultérieur, donc l'image globale qui en ressortira *in fine*. Il n'est pas toujours aisé de définir les contours des systèmes à étudier : sur quelles bases peut-on affirmer qu'un système relève de l'agriculture de conservation, ou de tout autre type d'agriculture économe en énergie ou en pesticides ? Les défauts de spécification portant sur les différents aspects du projet peuvent être générateurs de difficultés dans la conduite des phases ultérieures.

2.2 Construction du modèle d'évaluation

2.2.1 Le choix des indicateurs

Le choix doit faire écho aux diverses préoccupations portant sur le degré de satisfaction des objectifs assignés aux systèmes de culture. Une revue incomplète des préoccupations (étape précédente) peut conduire à négliger des indicateurs importants. Des difficultés peuvent apparaître dans la définition de certains indicateurs, correspondant à des préoccupations mal formulées. Ainsi, plusieurs indicateurs différents de productivité des systèmes peuvent être envisagés selon les préoccupations dominantes, sociales ou agronomiques. Les indicateurs doivent pouvoir être mis en lien avec les pratiques et leurs conditions de mise en œuvre, ce qui renvoie à leur mode d'appréciation (cf 2.2.4). Les indicateurs doivent constituer un panel ni trop restreint, ni trop important. Des indicateurs trop nombreux augmentent les risques de redondance excessive et/ou d'incohérence d'échelle entre indicateurs.

2.2.2 Organisation des indicateurs

Cette étape a pour but de créer une structure d'indicateurs qui reflète les liens de dépendance des préoccupations sous-jacentes entre elles, leurs emboitements possibles en termes d'enjeux de plus en plus larges. Bien que contraintes par la décomposition classique de la durabilité en trois domaines, et par des découpages usuels en sous-domaines (e.g. l'impact des systèmes sur le sol, l'eau, l'air), il y a de multiples solutions possibles, correspondant à des hiérarchies des préoccupations différentes, des liens de causalités appréciés différemment. La structuration peut être complète (i.e. concerne tous les indicateurs), et prend souvent dans ce cas la forme d'une arborescence qui reliera un indicateur synthétique dit de durabilité totale, à un ensemble d'indicateurs organisés en branches et sous branches thématiques, correspondant aux différents domaines de durabilité. Les indicateurs situés à l'extrémité des branches sont dits basiques, car correspondant aux plus petites unités de découpage de la durabilité, et serviront, par agrégation progressive, à évaluer les indicateurs synthétiques relatifs aux différents domaines de la durabilité. Le modèle MASC (Sadok *et al.*, 2009 ; Craheix *et al.*, 2012) est représentatif de ce type de structuration.

Divers défauts peuvent affecter la cohérence de ce type de structure par rapport à la hiérarchie des préoccupations dessinée à l'étape de problématisation. Le mauvais positionnement d'un indicateur ou sous-ensemble d'indicateurs dans la structure est le plus fréquent. Trop de niveaux peut conduire à la dilution des contributions de certains indicateurs par rapport à des indicateurs synthétiques de performances.

2.2.3 Pondération des indicateurs

Dans une structure hiérarchique, la pondération a pour but de déterminer l'importance respective, directe ou indirecte, de chacun des indicateurs dans l'évaluation des indicateurs agrégés qui leur sont parentaux, dont l'indicateur synthétique ultime. Le poids relatif des indicateurs fait l'objet d'une grande diversité de vues entre et au sein des parties prenantes, ou entre les acteurs de l'analyse de la durabilité. Il existe une littérature immense sur les voies et moyens de réaliser une pondération en sollicitant l'avis de plusieurs personnes, par le biais de méthodes de travail collaboratives ou participatives (Bouyssou *et al.*, 2006 ; Bell et Morse, 2008). Dans le cas des modèles hiérarchiques complets (tous les indicateurs sont reliés les uns par rapports aux autres), il y a lieu de distinguer, pour chaque indicateur, son poids local vis-à-vis de l'indicateur immédiatement parental dans la structure, de son poids global vis-à-vis de l'indicateur le plus synthétique de la structure (i.e. de durabilité totale pour MASC). Des difficultés techniques peuvent apparaître pour implémenter une pondération définie *a priori*, car la structure du modèle précontraint la pondération des indicateurs qu'il contient¹.

Une recherche de consensus mal conduite ou inachevée peut conduire à une pondération incohérente par rapport aux préférences des parties prenantes. Un consensus est parfois impossible à établir. Deux ou plusieurs systèmes de préférence donneront lieu à autant de jeux de pondérations qui conduiront à plusieurs évaluations, seul moyen de représenter la diversité des points de vue exprimés.

2.2.4 Choix des variables proxi et des méthodes d'évaluation des indicateurs

Il existe une très grande diversité des méthodes d'évaluation des indicateurs : mesures, modèles mécanistes ou statistiques, schémas d'expertise qualitative plus ou moins élaborés, et méthodes mixtes combinant mesures, modèles et expertises. La plupart requiert plusieurs variables ou variables proxi, représentatives des processus biophysiques (flux de composés minéraux ou organiques), des caractéristiques des pratiques ou du milieu (sol, climat) de mise en oeuvre, du contexte socio-économiques (coûts). Une tension entre deux attitudes apparaît souvent dans le choix des méthodes. La première, de type normative, restreint le choix à des procédures d'évaluation préalablement fixées, ayant fait l'objet d'applications antérieures. Elle s'appuie essentiellement sur une littérature scientifique conventionnelle. La seconde attitude, plus pragmatique, ouvre le choix à des procédures plus diverses, éventuellement originales et établies spécifiquement pour le projet d'évaluation. Le choix est alors dicté soit par l'originalité de la question posée, soit par les moyens et informations disponibles (compétences, références et données nécessaires). Elle n'hésite pas à s'appuyer sur de la littérature grise. L'une et l'autre des attitudes ont des avantages et des inconvénients. Dans la pratique, les choix retenus pour les divers indicateurs dans le cadre d'un même projet relèvent de l'une ou de l'autre attitude.

La non pertinence des méthodes vis-à-vis des questions posées (renvoyant aux finalités des systèmes) d'une part, des variables et variables proxi vis-à-vis des méthodes retenues d'autre part, sont les deux principaux risques attachés à cette étape. L'équilibre entre normativité et pragmatisme pour l'évaluation des indicateurs influera sur le degré de fiabilité et de complétude accordé à l'image globale, sur son acceptabilité, sur la facilité de communication et les possibilités de publication.

2.2.5 Définition des domaines d'acceptabilité des valeurs prises par les indicateurs

Cette étape consiste à définir le domaine d'acceptabilité des indicateurs de performances. Concrètement, cela revient à définir les valeurs hautes et basses de la ou des principales variables proxi sur lesquelles reposent directement ou indirectement les indicateurs.

¹ Le poids global d'un indicateur dépend de plusieurs facteurs, dont sa profondeur de positionnement dans l'arbre, le nombre d'indicateur situés au même niveau et le poids local donné à chacun d'eux. Une fois la structure du modèle définie, seul le dernier facteur peut être modifié.

Les enjeux associés à cette étape sont importants car les domaines quantifient les performances à atteindre pour les systèmes de culture (quel niveau de rendement des cultures pour considérer les systèmes comme suffisamment productifs par exemple). La définition des domaines a un caractère intrinsèquement subjectif, bien que contrainte par des connaissances scientifiques ou des injonctions réglementaires. L'ensemble des domaines constitue un système de préférences particulier indissociable du projet d'évaluation, sans portée générale autre que celle de l'exemplarité pour des projets menés en d'autres circonstances.

L'étape s'appuie sur des connaissances expertes et scientifiques pour la définition des performances satisfaisantes et accessibles. Comme la précédente, elle requiert la mobilisation de méthodes particulières pour la recherche de consensus et assurer la transparence procédurale. Une recherche de consensus mal conduite ou interrompue trop tôt peut conduire à la sélection de domaines irréalistes. Une définition des domaines d'acceptabilité des indicateurs conduite indépendamment dans les différents domaines de performances sociales, économiques ou agroenvironnementales peut induire à des compromis déséquilibrés entre les niveaux des performances recherchés. Comme pour les pondérations, un consensus sera parfois impossible à établir, avec les mêmes conséquences.

2.2.6 Tests avant mise en œuvre du modèle d'évaluation

L'ensemble structuré des indicateurs retenus et assortis des méthodes d'évaluation² propres constitue la base d'un modèle d'évaluation multicritère agrégatif des performances des systèmes de culture. La définition des pondérations et des domaines d'acceptabilité des indicateurs constitue son paramétrage. Divers types d'opérations permettent de vérifier la pertinence du modèle paramétré, avant sa mise en œuvre. Les analyses de sensibilité et la validation par les parties prenantes de l'évaluation en sont les principales.

Les analyses de sensibilité visent à préciser l'effet de la structure du modèle et des variables d'entrée (indicateurs basiques pour MASC) sur les diagnostics de performances intermédiaires et finales si le modèle est hiérarchisé. Elles permettent de vérifier que le modèle ne souffre pas de biais importants et présente une capacité de discrimination adéquate des performances des systèmes de culture. Les analyses de sensibilité sur des ensembles d'indicateurs discrets et organisés en arborescence reposent sur des techniques récemment mises au point (Carpani *et al.*, 2012) et à disposition des utilisateurs de modèles hiérarchiques et qualitatifs tels que MASC. L'absence d'analyse de sensibilité peut rendre difficile la compréhension des diagnostics délivrés par le modèle, lorsque ce dernier est très structuré (nombre de niveaux ≥ 4) et comporte de nombreux indicateurs.

La validation du modèle consiste à s'assurer de la bonne compréhension du modèle et de son acceptation par les différentes parties prenantes. Une compréhension complète demande une ré-explicitation du modèle à tous lorsque celui-ci est stabilisé. L'acceptation pleine et entière repose sur la vérification du réalisme des appréciations émises par le modèle, par confrontation avec des appréciations émises *a priori* par les parties prenantes sur des systèmes bien connus. En cas de décalage important et inexplicable entre les unes et les autres, il convient de revenir sur le modèle ou sur son paramétrage. La cohérence entre les unes et les autres prouve aux parties prenantes que le modèle peut restituer leurs perceptions sur des cas qui leurs sont familiers.

L'acceptation de l'idée que le modèle peut aussi être utilisé sur des cas moins bien connus ou *a priori* innovants est alors facilitée. Compréhension partielle et acceptation non affirmée conduisent à un manque de confiance dans le modèle, qui s'exprimera ultérieurement par des remises en cause peu fondées des diagnostics de performances.

² La méthode d'évaluation choisie peut aider à préciser le sens de l'indicateur pour ceux qui ne l'ont pas élaboré, à mieux comprendre la préoccupation ou la finalité du système de culture auquel l'indicateur se réfère.

2.3 Choix et caractérisation des systèmes de cultures réels à évaluer

La constitution du jeu de cas doit viser à la représentativité des systèmes, en termes d'appartenance à une ou plusieurs des catégories de systèmes ciblées par l'évaluation (cf 2.1), et vis-à-vis des préoccupations associées à ces catégories. On cherchera à obtenir une diversité suffisante des systèmes, pour assurer une approche statistique des profils de performances, ou une approche de la gamme de variation des performances lorsqu'il s'agit d'une première évaluation. Une représentativité et une diversité insuffisante peuvent limiter la fiabilité et la robustesse de l'image globale, par la négligence de cas révélateurs du champ des possibles, par leurs performances et leurs déterminants.

La caractérisation des systèmes s'attache à la description de leurs propriétés intrinsèques (composition culturelle et itinéraire technique) et de leurs conditions de mise en place. Cette description doit être nécessaire et suffisante pour permettre le calcul des indicateurs et pour fournir des éléments de compréhension des appréciations émises par le modèle. Les défauts de caractérisation pour la qualité de l'image globale recherchée sont principalement associés à la nécessité de simplifier la réalité des systèmes de cultures réels soumis aux aléas de réalisation. L'excès de simplification peut nuire à la qualité d'évaluation de certains indicateurs, et au-delà générer une image globale réductrice pour l'ensemble du jeu de cas analysé. Une caractérisation minimaliste, limitée au recueil des informations nécessaires au calcul des indicateurs, peut obérer les possibilités d'approfondissement ultérieur des appréciations émises par le modèle, lorsqu'on tentera de les relier aux pratiques agricoles.

2.4 Soumission des jeux de cas au modèle d'évaluation et production des diagnostics bruts de performances

Cette phase comporte un ensemble d'étapes très techniques, depuis l'assemblage des données nécessaires au calcul des divers indicateurs de chacun des cas à évaluer, jusqu'à l'édition du tableau brut associant à ces derniers les valeurs nominales ou ordinales des indicateurs, résultantes de l'application du modèle. Elle est dépendante des technologies employées pour la gestion des données, des outils existants éventuellement utilisés pour le calcul des indicateurs, de l'implémentation informatique du modèle multicritère. Les dangers associés à cette phase pour la qualité de l'image globale finale sont identiques à ceux associés à l'utilisation d'un modèle de simulation dans le cadre d'une expérimentation numérique classique. Les erreurs de codification, de transfert des données entre étapes du processus sont difficiles à identifier *a posteriori*. Elles peuvent avoir des conséquences dommageables ou non sur le profil de performances des systèmes évalués.

3. Etablir une image globale et étayée des performances par l'exemple

Il n'y a pas de format standard préfigurant la composition d'une image globale et étayée des performances des systèmes de culture en relation avec les pratiques et leurs conditions de mise en œuvre. Elle résultera en fait de la prise en considération de l'ensemble des matériaux produits au cours des étapes précédemment décrites, et de matériaux diagnostiques dérivés issus de leur mise en relation mutuelle. Matériaux bruts et matériaux dérivés pourront ensuite être mis en relation avec des connaissances et de l'expertise d'origine extérieure à l'évaluation elle-même, afin d'ouvrir cette dernière sur la phase de construction des solutions innovantes. La démarche utilisée dans le cadre du projet PSDR 3 CITODAB pour produire une image globale des systèmes de grandes cultures biologiques (SGCB) sans élevage, est présentée ci-après pour illustrer une manière de faire. L'évaluation des systèmes concernés (Tableau 1) a été réalisée avec le modèle d'évaluation MASC-AB (Colomb *et al.*, 2013) représenté sur la Figure 3, spécifiquement mis au point par des conseillers de Chambres d'Agriculture de la région Midi-Pyrénées, à partir de la première version de MASC (Sadok *et al.*, 2009).

PRA	Sol	Séquence culturale	FER	IRR	DURTOT	DURECO	ACSOC	DURAGRO	DURENV
Lauragais	LM	SOJ 1/BTH 3/LEN 3/POI 9	F	I	3	1	6	3	5
Lauragais	AC	SOJ 3/BTH 3/SOJ 5/BTH 5	F	I	3	3	4	3	5
Lauragais	LM	MAI 4/TOU 3/BTH 3/SOJ 3	F	I	3	3	3	5	6
Coteaux de Gascogne	LM	POI 5/BTH 7/SOJ 3/SOJ 6	F	I	4	3	6	3	5
Lauragais	LM	FEV 1/LEN 6/SOJ 1/BTH 4	F	I	4	3	6	4	7
Terrasses garonnaises	ALO	FEV 8/BTH 8/SOJ 1/BTH 5	F	I	4	3	5	4	6
Terrasses garonnaises	ALO	SOJ 2/FEV 5/BTH 5/BD 7	F	I	4	4	5	3	6
Coteaux de Gascogne	LM	BTH 5/FEV 10/SOJ 3/SOJ 6	F	I	4	4	6	4	5
Lauragais	AC	BTH 5/SOJ 4/SOJ 7/BTH 5	F	I	4	4	5	4	5
Lauragais	AC	SOJ 6/SOJ 6/LEN 5/BTH 5	F	I	4	4	4	4	5
Coteaux du Gers	AC	BTH 4/LEN 4/BTH 5/SOJ 5	F	I	4	4	4	4	6
Terrasses garonnaises	LM	BTH 5/SOJ 8/BTH 7/SOJ 8	F	I	4	5	4	5	4
Terrasses garonnaises	LM	TV 1/BTH 8/SOJ 8/BTH 7	F	I	4	5	3	6	4
Lauragais	AC	SOJ 4/LEN 5/SOJ 7/SOJ 7	NF	I	4	5	4	3	4
Terrasses garonnaises	ALO	TOU 4/ORH 5/LEN 3/BTH 1	F	NI	4	1	5	5	7
Plaine albigeoise	LM	LEN 4/TOU 5/BTH 7/LEN 3	F	NI	4	2	5	4	7
Razes	AC	BTH 5/POI 2/BTH 4/TOU 6	F	NI	4	3	4	3	7
Terrasses garonnaises	AC	MAI 5/LEN 3/BTH 2/SOR 4	F	NI	4	3	4	4	7
Razes	AC	BTH 5/TOU 6/BTH 4/FEV 4	F	NI	4	3	4	5	7
Razes	AC	TOU 6/BTH 4/LEN 3/BTH 5	F	NI	4	3	4	5	7
Coteaux du Gers	AC	FEV 4/ORP 6/FEV 4/BTH 5	F	NI	4	3	4	5	7
Lauragais	AC	SOJ 4/BTH 5/LEN 4/BTH 5	F	NI	4	4	4	3	6
Gaillacois	AC	TOU 5/BTH 5/FEV 4/BTH 5	F	NI	4	4	4	4	7
Terrasses garonnaises	AC	BTH 3/TOU 2/BTH 4/BTH 5	NF	NI	4	3	5	4	7
Coteaux de Gascogne	AC	FEV 2/BTH 5/SOJ 7/SOJ 7	F	I	5	5	6	4	5
Terrasses garonnaises	LA	LEN 6/BTH 8/SOJ 8/SOJ 8	F	I	5	7	5	4	4
Coteaux du Gers	AC	BTH 5/SOJ 5/BTH 5/SOJ 4	NF	I	5	4	5	4	7
Lauragais	AC	SOJ 3/SOJ 4/SOJ 5/TOU 8	NF	I	5	5	5	4	4
Coteaux de Gascogne	LM	SOJ 7/TV 1/SOJ 7/SOJ 7	NF	I	5	6	4	5	5
Lauragais	AC	BTH 5/SOJ 3/TOU 5/FEV 3	F	NI	5	3	5	5	7
Lauragais	AC	LEN 4/BTH 5/TOU 5/FEV 3	F	NI	5	3	5	5	7
Coteaux du Gers	AC	FEV 3/ORH 6/LUZ 1/BTH 6	F	NI	5	3	5	5	7
Plaine albigeoise	LM	LEN 4/BTH 5/TOU 3/BTH 4	F	NI	5	3	4	6	7
Coteaux du Gers	AC	TOU 4/FEV 2/BTH 5/TOU 3	F	NI	5	3	5	6	7
Coteaux du Gers	AC	PC 4/BTH 7/LEN 5/ORH 5	F	NI	5	4	5	3	7
Lauragais	AC	POI 7/BD 6/PC 2/TOU 7	F	NI	5	4	6	4	7
Lauragais	AL	BD 4/LEN 4/BTH 6/FEV 1	NF	NI	5	4	5	3	7
Coteaux du Gers	AC	BD 8/ORH 10/FEV 4/POI 3	NF	NI	5	4	6	4	7
Lauragais	LA	LEN 9/BD 4/TOU 4/SOJ 5	NF	I	6	5	6	4	7
Coteaux du Gers	AC	BTH 4/SOJ 6/BTH 4/SOJ 5	NF	I	6	5	5	4	7
Gaillacois	AC	BTH 5/TOU 5/BTH 5/TOU 5	F	NI	6	4	5	7	7
Coteaux du Gers	AC	FEV 4/ORH 5/POI 8/EPP 9	NF	NI	6	5	6	5	7
Coteaux du Gers	AC	BTH 7/LEN 5/BTH 7/CHA 10	F	NI	7	5	6	6	7
Coteaux du Gers	AC	LUZ 4/TOU 8/EPP 7/TOU 5	NF	NI	7	5	6	7	7

Tableau 1 : Caractéristiques

stiques des systèmes de cultures biologiques sans élevage de la région Midi-Pyrénées évalués dans le cadre du projet PSDR CITODAB (D'après Colomb *et al.*, 2013). Les chiffres associés aux codes des cultures indiquent leur niveau de productivité noté de 1 (très faible, à 10 très élevé). Les systèmes peuvent être fertilisés (F) ou non (NF), irrigués (I) ou non (NI). Les indicateurs de durabilité totale (DURTOT), économique (DURECO), sociale (ACSOC) et environnementale (DURENV) sont notés sur une échelle de 1 (très faible) à 7 (très élevé). Code des cultures dans la séquence culturale : BD blé dur ; BTH blé tendre d'hiver ; CHA chanvre ; EPP épeautre ; FEV féverole ; LEN lentille ; LUZ luzerne ; MAI maïs ; ORH orge d'hiver ; PC pois chiche ; POI pois d'hiver ; SOJ soja ; SOR sorgho ; TOU tournesol ; TV trèfle violet.

Attribute	Scale
Durabilité Totale	tres faible; faible; assez faible; moyenne; assez elevee; elevee; tres elevee
Durabilité socio-economique	tres faible; faible; assez faible; moyenne; assez eleve; elevee; tres elevee
Durabilité économique	tres faible; faible; assez faible; moyenne; assez eleve; elevee; tres elevee
Rentabilité	tres faible; faible; moyenne; elevee
Autonomie économique	tres faible; faible; moyenne; elevee
Indépendance économique	faible; moyenne; elevee
Efficience technico-économique	faible; moyenne; elevee
Besoin en équipement supplémentaire	tres eleve; eleve; moyen; faible
Acceptabilité sociale	tres faible; faible; assez faible; moyenne; assez eleve; elevee; tres elevee
Acceptabilité par la société	tres faible; faible; moyenne; elevee; tres elevee
Contribution à l'emploi	tres faible; faible a moyenne; moyenne a elevee; tres elevee
Productivité surfacique	tres faible; faible; moyenne; elevee; tres elevee
Acceptabilité par l'agriculteur	tres faible; faible; moyenne; elevee; tres elevee
Difficulté opérationnelle	tres elevee; moyenne a elevee; faible a moyenne; tres faible
Penibilité du travail	elevee; moyenne; faible
Complexité de mise en oeuvre	elevee; moyenne; faible
Risque de toxicité pour le travailleur	eleve; moyen; faible; nul
Durabilité agro-environnementale	tres faible; faible; assez faible; moyenne; assez elevee; elevee; tres elevee
Durabilité agronomique	tres faible; faible; assez faible; moyenne; assez eleve; elevee; tres elevee
Maîtrise de la fertilité du sol	tres faible; faible; moyenne; elevee
Qualité gestion des nutriments	tres defavorable; defavorable; favorable; tres favorable
Qualité gestion N	tres defavorable; defavorable; favorable; tres favorable
Qualité gestion P	tres defavorable; defavorable; favorable; tres favorable
Qualité gestion K	tres defavorable; defavorable; favorable; tres favorable
Maîtrise Statut organique	tres faible; faible a moyenne; moyenne a elevee; tres elevee
Maîtrise état structural du sol	tres faible; faible a moyenne; moyenne a elevee; tres elevee
Maîtrise des adventices	tres faible; faible; moyenne; elevee
Maîtrise des bioagresseurs	tres faible; faible; moyenne; elevee
Préservation Environnement	tres faible; faible; assez faible; moyenne; assez eleve; elevee; tres elevee
Préservation du milieu physique	tres faible; faible; moyenne; elevee
Préservation Qualité Eau	tres faible; faible a moyenne; moyenne a elevee; tres elevee
Maîtrise des émissions pesticides eau	tres faible; faible a moyenne; moyenne a elevee; tres elevee
Maîtrise des émissions nitrates	tres faible; faible a moyenne; moyenne a elevee; tres elevee
Maîtrise des émissions phosphore eau	tres faible; faible a moyenne; moyenne a elevee; tres elevee
Préservation Qualité Sol	tres faible; faible a moyenne; moyenne a elevee; tres elevee
Maîtrise Erosion	tres faible; faible a moyenne; moyenne a elevee; tres elevee
Maîtrise Qualité Chimique Sol	tres faible; faible a moyenne; moyenne a elevee; tres elevee
Maîtrise Statut organique	tres faible; faible a moyenne; moyenne a elevee; tres elevee
Préservation Qualité Air	tres faible; faible a moyenne; moyenne a elevee; tres elevee
Maîtrise émissions NH3	tres faible; faible a moyenne; moyenne a elevee; tres elevee
Maîtrise émissions N2O	tres faible; faible a moyenne; moyenne a elevee; tres elevee
Maîtrise émissions Pesticides air	tres faible; faible a moyenne; moyenne a elevee; tres elevee
Préservation de la biodiversité	tres faible; faible; moyenne; elevee
Préservation Biodiversité cultivée	tres faible; faible a moyenne; moyenne a elevee; tres elevee
Préservation Biodiversité non cultivée	tres faible; faible a moyenne; moyenne a elevee; tres elevee
Préservation des ressources abiotiques	tres faible; faible; moyenne; elevee
Préservation ressources énergétiques	tres faible; faible a moyenne; moyenne a elevee; tres elevee
Préservation quantitative Eau	tres faible; faible a moyenne; moyenne a elevee; tres elevee
Préservation des ressources en N et P	tres faible; faible a moyenne; moyenne a elevee; tres elevee

Figure 3 : Le modèle d'évaluation MASC-AB mis au point et paramétré pour l'évaluation des systèmes de cultures biologiques (Colomb et al., 2013), à partir du modèle MASC 1.0 (Sadok et al, 2009). Une branche d'indicateurs relatifs à des préoccupations agronomiques (maîtrise de la fertilité des sols, gestion des adventices, des ravageurs), distinctes des préoccupations environnementales, a été insérée dans le modèle, ainsi qu'un indicateur de productivité des systèmes, au niveau de l'acceptabilité pour la société globale.

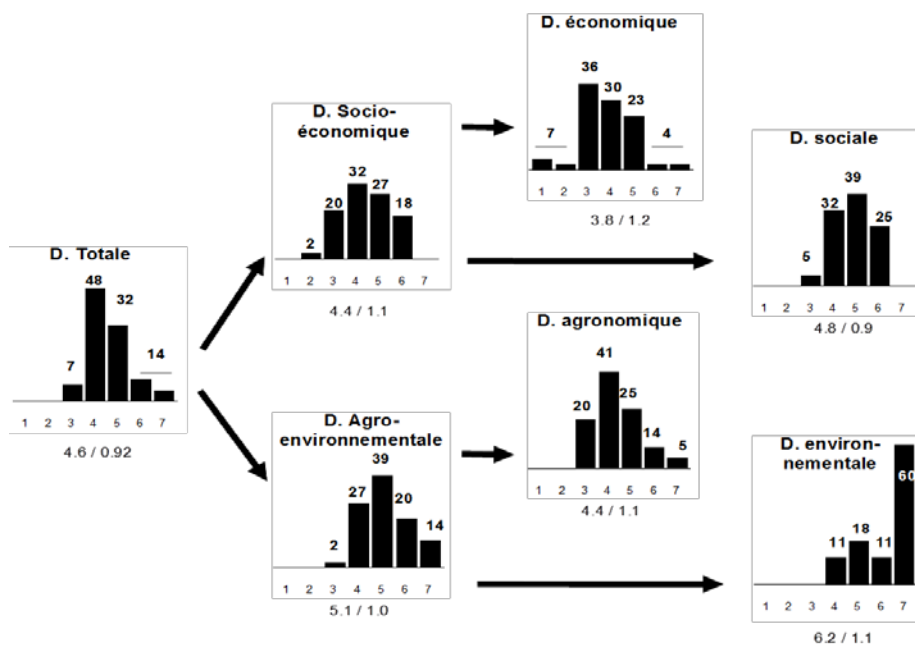


Figure 4 : Distributions des notes des indicateurs de durabilité des systèmes de grandes cultures biologiques de la région Midi-Pyrénées, obtenues avec le modèle MASC-AB. Les nombres en dessous des histogrammes correspondent, de gauche à droite, à la moyenne et à l'écart-type des notes obtenues pour les 44 systèmes étudiés. Les indicateurs de durabilité ont été notés sur une échelle de 1 (très faible) à 7 (très élevée) conformément à la Figure 3.

3.1 Apports diagnostics issus de l'analyse de l'indicateur synthétique de durabilité

La mise en relation des matériaux bruts recueillis entre eux est grandement facilitée par l'utilisation d'un modèle hiérarchique complet, débouchant sur l'appréciation d'un indicateur synthétique de durabilité. L'examen de la variabilité de l'indicateur de durabilité totale de MASC-AB pour l'ensemble des systèmes étudiés constitue le point d'entrée logique de l'analyse (Figure 4). On identifiera les classes de durabilité représentées et si l'effectif de systèmes le permet comme ici, leur fréquence d'apparition.

Dans le cas des systèmes biologiques midi-pyrénéens, les classes « très faible » et « faible » ne sont pas observées. La classe « moyenne » est la plus fréquente (48% des cas). Pour chacune des classes, on cherchera à identifier si une ou plusieurs grandes caractéristiques des systèmes leur sont associées. Pour cela, on se reportera au tableau descriptif des systèmes, regroupant leurs principales caractéristiques ainsi que les appréciations obtenues pour les indicateurs de durabilité, les lignes du tableau étant triées de manière croissante ou décroissante sur ces appréciations, éventuellement traduites en notes (Tableau 1). Si une telle caractéristique est identifiée, elle permettra de partitionner le jeu de systèmes en deux sous-types, pour lesquels on comparera les fréquences prises par les différentes classes de durabilité totale. On constate par exemple qu'en Midi-Pyrénées, les classes de durabilité totale « très élevée », « élevée » et « un peu élevée » regroupent 56 % des systèmes biologiques non irrigués, mais seulement 33 % des systèmes qui sont irrigués. On cherchera à identifier les caractéristiques particulières des systèmes jugés les plus performants, ceux dont la durabilité totale est jugée élevée ou très élevée. Il est intéressant de noter par exemple que les deux systèmes biologiques midi-pyrénéens de durabilité très élevée comportent chacun une culture de niche, exceptionnelle dans le jeu de cas, et pour l'un d'eux une luzerne pluriannuelle comme précédent, dont la présence est tout aussi exceptionnelle dans le Lot (Tableau 1).

3.2 Analyse des indicateurs de durabilité économique, sociale, agro-environnementale

A ce niveau de l'analyse deux aspects complémentaires seront examinés. Le premier porte sur l'étude de la variabilité de chacun des indicateurs (Figure 4) et, comme à l'étape précédente, sur l'identification d'une ou plusieurs caractéristiques des systèmes susceptibles d'être associées aux classes d'appréciation. Si une telle caractéristique a été identifiée à l'étape précédente, il y a de fortes chances de la retrouver à ce niveau d'analyse, pour une ou plusieurs dimensions. Ainsi les systèmes biologiques midi-pyrénéens irrigués apparaissent plus durables économiquement que les systèmes non irrigués.

Si les effectifs le permettent, on étayera le diagnostic relationnel d'une approche statistique élémentaire, par un test de comparaison des moyennes des notes des systèmes typés par la présence ou l'absence de la caractéristique distinctive (Tableau 2).

Tableau 2 : Moyenne et écart-type des notes obtenues dans les différents domaines de durabilité avec le modèle MASC-AB pour les systèmes irrigués et non irrigués biologiques de la région Midi-Pyrénées (D'après Colomb *et al.*, 2013). ¹Les indicateurs ont été notés de 1 à 7 comme indiqué dans la légende du Tableau 1.

Indicateurs	Systèmes irrigués		Systèmes non irrigués		Comparaison des moyennes
	Moyenne	Ecart-type	Moyenne	Ecart-type	t-test p.value
Durabilité totale ¹	4.3	0.9	4.8	0.9	0.05
Durabilité économique ¹	4.2	1.3	3.4	1.0	0.03
Durabilité sociale ¹	4.8	1.0	4.9	0.8	0.82
Durabilité agronomique ¹	4.0	0.8	4.7	1.2	0.03
Durabilité environnementale ¹	5.3	1.1	7.0	0.2	0.00

Le deuxième aspect de l'analyse porte sur le rapprochement des appréciations relatives aux différents indicateurs de durabilité économique, sociale, agronomique et environnementale entre elles. Ce rapprochement est réalisé en considérant soit l'appréciation la plus fréquente associée à chacune des dimensions, soit la moyenne des notes quantitatives associées. Certains indicateurs critiques relevant de différents domaines sont généralement antagonistes, car les finalités des systèmes correspondantes sont difficiles à satisfaire pleinement et simultanément. Un certain déséquilibre est donc de règle entre les diverses composantes de la durabilité, et l'identification de celui-ci est à la base même de la notion de profil de performances des systèmes de cultures. L'étude CITODAB a révélé que pour les SGCB, les objectifs économiques étaient les plus difficiles à assurer, suivis des objectifs destinés à assurer la durabilité agronomique des systèmes. Les performances sociales sont plus favorablement notées, mais moins que les performances environnementales. Entre les composantes de la durabilité, on a donc obtenu le système d'inéquations suivant :

Dur. Economique < Dur. Agronomique << Dur. Sociale < Dur. Environnementale

Le profil particulier étant mis en évidence, on s'interrogera sur son degré de généralité, soit par comparaison avec des études précédentes ayant examiné au moins deux dimensions de la durabilité pour des systèmes de même nature, soit des études ayant utilisé un système d'évaluation similaire sur un jeu de cas totalement indépendant. En l'occurrence, le profil obtenu pour les SGCB midi-pyrénéens conforte, en la précisant, l'esquisse de profil établie antérieurement (David, 2009). Par ailleurs, le modèle MASC-AB, paramétré de manière différente dans le cadre du projet CASDAR RotAB, a délivré un profil de performance identique pour un ensemble de systèmes de grandes cultures types provenant de cinq autres régions françaises (ITAB, 2011). Il est utile d'analyser aussi la sensibilité du profil de performances à la présence d'une ou plusieurs caractéristiques distinctives des systèmes. En Midi-Pyrénées, la durabilité économique des systèmes biologiques irrigués est mieux notée que la durabilité agronomique, alors que l'inverse est observé pour les systèmes non irrigués. On peut s'interroger sur la généralité d'un tel constat. Ce type de question renvoie à la comparabilité des systèmes de cultures distingués sur une modalité technique majeure (e.g. irrigués vs. non irrigués, labourés vs. non labourés ...) sachant que les comparaisons ne peuvent pas se faire « toutes choses égales par ailleurs » (les sols, les cultures ne sont généralement pas statistiquement les mêmes).

3.3 Analyse des performances observées pour les indicateurs de base et leurs contributions explicatives à celles des indicateurs de durabilité

Le nombre d'indicateurs de base du modèle MASC-AB est important. Dans ce cas, il est utile de mobiliser une ou plusieurs représentations graphiques pour faciliter l'analyse des notes obtenues pour les indicateurs, et de leur contribution explicative à celle des indicateurs de durabilité parentaux. Le fait que les indicateurs de base soient tous appréciés avec une échelle identique (même nombre de qualificatifs et qualitatifs) facilite la représentation et la lecture des résultats sous la forme d'un graphique radar. Dans le cas contraire, il faut procéder à une normalisation préalable des notes pour les ramener à une échelle unique, mais cela peut provoquer des distorsions des résultats. Parfois, il faut passer d'un indicateur à son antonyme (complexité de mise en œuvre vs. facilité de mise en œuvre des systèmes), noté de façon inverse, afin d'avoir un ensemble d'indicateurs influant sur l'indicateur de durabilité, de manière positive croissante, du centre du graphique à sa périphérie. Il est préférable de réaliser un graphique par dimension de la durabilité. Chaque figure pourra réunir les résultats relatifs à un ou des groupes de systèmes différenciés par une caractéristique particulière.

Si les effectifs s'y prêtent, il est possible de procéder à un test de comparaison des notes moyennes obtenues pour les différents indicateurs entre les types de systèmes différenciés, et de faire apparaître sur les figures radars le degré de signification éventuel des différences. Par exemple, la Figure 5a montre que la rentabilité des systèmes biologiques irrigués et l'indépendance économique qu'ils

procurent sont significativement supérieures à celle des systèmes non irrigués, expliquant ainsi la meilleure durabilité économique précédemment relevée. Inversement (Figure 5c), les indicateurs de biodiversité (cultivée ou non), d'impact sur les ressources en eau et en énergie, distinguent plus favorablement les systèmes non irrigués des systèmes irrigués. La durabilité environnementale des premiers est mieux assurée que celle des seconds³.

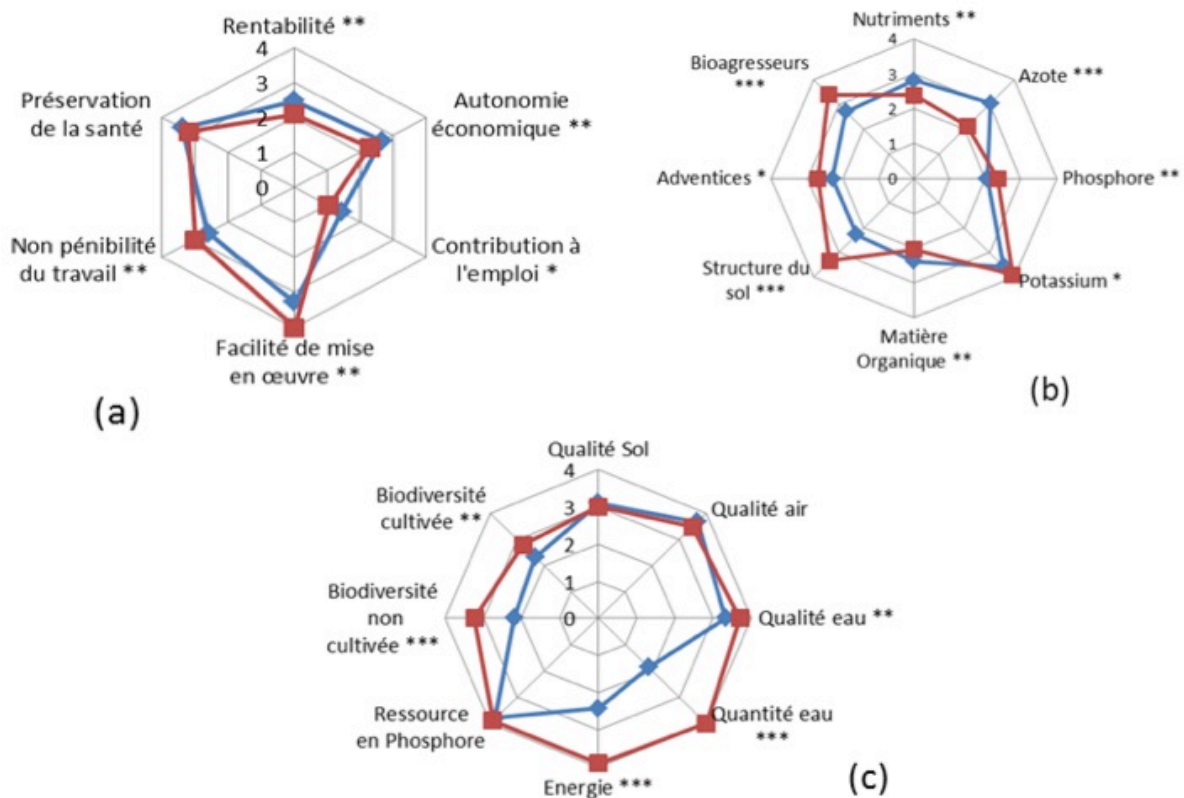


Figure 5 : Notes moyennes obtenues pour divers indicateurs de base du modèle MASC-AB, déterminant la note de durabilité socio-économique (a), de durabilité agronomique (b), et de la durabilité environnementale (c). En bleu et symboles losanges, les notes relatives aux systèmes irrigués. En rouge et symbole carré, les notes relatives aux systèmes non irrigués. Se reporter à la figure 1 pour obtenir l'équivalence entre les notes entières et les qualificatifs correspondants (exemple : 1 = très faible pour l'indicateur de préservation de la biodiversité cultivée, représenté sur le radar c).

³ Il faut noter que la contribution des indicateurs de base à l'indicateur de durabilité correspondant ne peut être appréciée sur ce type de représentation que si leurs poids sont similaires ou voisins. Dans le cas contraire, une forme particulière de graphique radar de type AMOEBA construite sur les principes établis par Ten Brick *et al.* (1991) et vulgarisée par Bell et Morse (2008) pour les études de durabilité, est préférable. Elle consiste à utiliser des rayons de longueur variable, représentative du poids des indicateurs de base, tout en conservant la même échelle de notation pour les indicateurs (non représentée).

3.4 Mise en relation des appréciations portant sur les indicateurs de base avec les pratiques caractérisant les systèmes et/ou les conditions de mise en œuvre

Cette mise en relation s'appuie directement sur les modalités de calcul des indicateurs, qui intègrent *de facto* les facteurs qui le déterminent. Ainsi, les jugements défavorables portant sur la qualité de gestion du phosphore (P) observés pour une majorité des systèmes biologiques s'expliquent par le caractère déficitaire des bilans pluriannuels de P qui ont permis de les formuler et, au-delà par des pratiques de fertilisations insuffisantes pour compenser les exportations par les cultures (Figure 6).

Il est possible d'aller plus loin dans la compréhension du lien entre performances et pratiques en profitant du caractère multicritère de l'évaluation. Le rapprochement des bilans de P avec la consommation énergétique des systèmes montre ainsi que la qualité de gestion du P tend à se dégrader avec le degré d'intensification qui augmente avec le recours à l'irrigation (Figure 6). Ce type de rapprochement peut permettre de cerner des leviers d'amélioration possibles et leurs domaines d'application possibles. Pour les systèmes les moins déficitaires en P (en bas à gauche sur la Figure 6), on peut envisager de recourir à des techniques favorisant le recyclage de cet élément, privilégier le choix d'espèces ou de cultivars les mieux à même de valoriser les réserves bio disponibles. Là où les déficits sont plus importants (en bas à droite de la figure), il est probable que de telles solutions ne soient pas suffisantes et que des apports de phosphore exogène s'avèrent nécessaires (Cornish *et al.*, 2009).

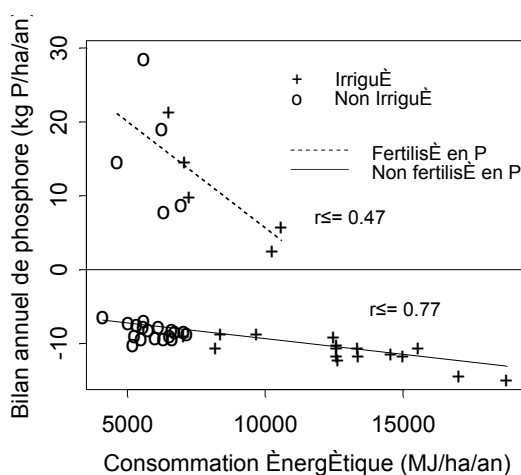


Figure 6 : Bilan annuel moyen de phosphore (P) pour les grandes cultures irriguées ou non irriguées de Midi-Pyrénées. La consommation énergétique, figurée en abscisse, est révélatrice du degré d'intensification des systèmes de culture. La mise en œuvre de l'irrigation conduit à l'augmentation de la consommation énergétique. Elle s'accompagne de l'insertion du soja dans la rotation une année sur deux ou sur trois. De par la forte concentration en P des graines de soja, les exportations sont plus fortes pour les systèmes irrigués et les bilans plus fortement déficitaires, en l'absence d'apport compensateur.

La variabilité des indicateurs de base peut s'expliquer par la variabilité de certains critères quantitatifs impliqués dans leur calcul. Ainsi, la Figure 7 fait apparaître la variabilité de quatre caractéristiques critiques des systèmes de culture, qui aide à comprendre la diversité des jugements obtenus pour les indicateurs de rentabilité économique (marge brute), d'acceptabilité sociale pour l'agriculteur (nombre d'opérations culturales ou temps de travail), d'acceptabilité pour la société globale (niveau de production moyen exprimé, toutes cultures confondues en output énergétique), d'impact sur les ressources (consommation énergétique). La figure suggère des relations fortes entre certains critères critiques, susceptibles d'expliquer le profil de performances dans les différents domaines de la durabilité.

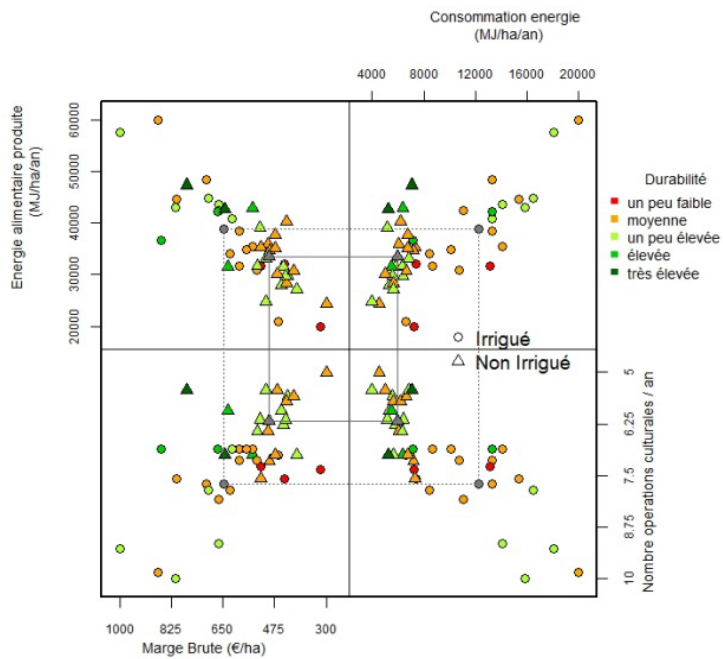


Figure 7 : Variabilité de caractéristiques quantitatives des systèmes de grandes cultures biologiques spécialisés irrigués (symbole rond) ou non irrigués (symbole triangulaire) de la région Midi-Pyrénées. La couleur des symboles se réfère au diagnostic de durabilité totale délivré par le modèle MASC-AB. Les traits discontinus et continus relient les points moyens relatifs aux systèmes irrigués et non irrigués respectivement. Les relations entre les caractéristiques contribuent à expliquer le profil de performances dans les différents domaines de la durabilité.

4. Le passage de la phase d'évaluation à la phase de recherche des solutions aux défauts de performances en durabilité.

Au fur et à mesure du déploiement de la démarche descendante proposée, la définition du profil de performances s'affirme progressivement, ainsi que le rôle que peuvent jouer certaines pratiques, dans leurs conditions spécifiques de mise en œuvre. Cela ne suffit pas cependant pour aborder aisément la phase suivante de construction de solutions innovantes, durables et applicables. Certaines performances des systèmes ayant été identifiées comme critiques par leur niveau d'appréciation, il convient de s'interroger sur les facteurs qui les déterminent, à différents niveaux d'organisation. La mise en évidence du réseau de déterminants peut prendre la forme de cartes cognitives plus ou moins élaborées. La Figure 8 apporte ainsi des éléments explicatifs du faible degré de diversification des systèmes de grandes cultures biologiques observé en Midi-Pyrénées. Notons que ce degré fait l'objet d'un indicateur dit de « diversité cultivée » dans le modèle d'évaluation, mais on peut aussi le considérer comme un choix stratégique adopté plus ou moins volontairement par l'agriculteur. La carte établie montre que certains facteurs explicatifs de la faible diversité sont propres aux systèmes biologiques, d'autres sont plus généraux et s'appliqueraient aussi à expliquer la faible diversité constatée pour des systèmes de cultures conventionnels. Les cartes cognitives rassemblent en général des déterminants de nature variée (réglementaire, culturelle, disponibilités en ressources naturelles, en savoir-faire ou organisationnelles) susceptibles d'évoluer dans le temps avec des vitesses très différentes. L'étape suivante à l'évaluation, de type problem-solving, devra considérer simultanément plusieurs leviers d'action pour élaborer des solutions durables.

Le collectif de travail qui a mené à bien l'évaluation est le mieux à même de réaliser rapidement les premières cartes des systèmes de contraintes qui influent sur les performances, en forçant à l'usage de telle pratique par les agriculteurs plutôt que de telle autre. Ultérieurement, l'approfondissement et le recoupement de celles-ci peuvent constituer le point de départ de la recherche des changements conjoints nécessaires pour faire évoluer les systèmes. L'établissement des systèmes de contraintes est une bonne occasion pour le collectif de communiquer, de manière discursive et par le biais des questions qu'elle soulève, sur l'image globale produite par le processus d'évaluation.

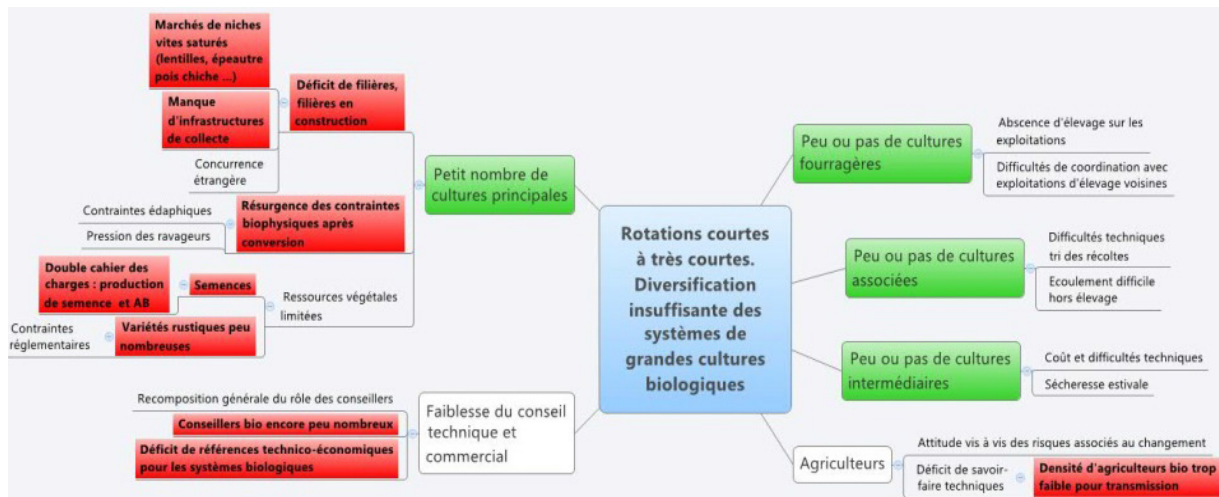


Figure 8 : Carte cognitive du réseau de contraintes qui contribuent à expliquer la faible diversité de cultures qui composent les systèmes de grandes cultures biologiques de la région Midi-Pyrénées. Les facteurs plus spécifiques aux systèmes biologiques sont indiqués dans les cadres à fond rouge. Une telle carte peut être établie de manière discursive par le collectif qui a conduit l'ensemble des étapes d'évaluation d'une évaluation multicritère des systèmes. Elle suggère que, lors de l'étape suivante l'évaluation, de type problem-solving, il conviendra de considérer simultanément plusieurs leviers d'action pour élaborer des solutions durables.

5. Conclusion

Un processus d'évaluation mené suivant les principes présentés peut conduire à l'élaboration d'une image globale des systèmes de cultures très riche, comportant de nombreux éléments de diagnostics factuels et explicatifs complémentaires. Par son mode d'élaboration impliquant plusieurs points de vue analysant ensemble des systèmes dans un contexte bien défini, l'image est de nature intersubjective (Burford *et al.*, 2013). Ce caractère permet de dépasser la critique habituelle de subjectivité qui lui est habituellement associée. Pour autant, elle ne peut être imposée comme matériau intangible pour penser le changement. Par le biais d'une communication adéquate, il convient de la présenter comme support possible pour l'élaboration de visions personnelles qui peuvent inspirer des initiatives destinées à conduire les systèmes de cultures vers des formes plus durables.

Références bibliographiques

- Bell S., Morse S., 2008. Sustainability Indicators. Measuring the immeasurable N Second Edition. Earthscan
- Bergez J.E., Colbach N., Crespo O., Garcia F., Jeuffroy M-H., Justes E., Loyce C., Munier-Jolain N., Sadok W., 2010. Designing crop management systems by simulation. *European Journal of Agronomy* 32, 3-9.
- Bouyssou D., Marchant T., Pirlot M., Tsoukias A., Vincke P., 2006. Evaluation and decision models with multiple criteria. Springer's International Series.
- Brink B.J.E., Hoesper S.H., Coljin F., 1991. A quantitative method for description and assessment of ecosystems: the amoeba approach. *Marine pollution bulletin* 23, 265-270.
- Burford G., Hoover E., Velasco I., Janoušková S., Jimenez A., Piggot G., Podger D., Harder M.K., 2013. Bringing the "Missing Pillar" into sustainable Development Goals: Towards Intersubjective Values Based Indicators. *Sustainability* 5, 3035-3059.

- Carpani M., Bergez J.-E., Monod H., 2012. Sensitivity analysis of a hierarchical qualitative model for sustainability assessment of cropping systems. *Environ Model Softw* 27–28, 15–22. doi: 10.1016/j.envsoft.2011.10.002.
- Colomb B., Carof M., Aveline A., Bergez J.E.B., 2013. Stockless organic farming: strengths and weaknesses evidenced by a multicriteria sustainability assessment model. *Agron. Sustain. Dev.* 33:593-608. doi:10.1007/s13593-012-0126-5.
- Cornish P.S., 2009. Low P farming systems. Special Issue *Australian Journal of Agricultural research. Crop and Pasture Science* 2, 100-196.
- Craheix D., Angevin F., Bergez J.-E., Bockstaller C., Colomb B., Guichard L., Reau R., Doré T., 2012. MASC 2.0, un outil d'évaluation multicritère pour estimer la contribution des systèmes de culture au développement durable. *Innovations Agronomiques* 20, 35-48.
- David C., 2009. Grandes cultures : des systèmes en équilibre instable. In: Lamine C, Bellon S (eds) *Transitions vers l'agriculture biologique. Pratiques et accompagnements pour des systèmes innovants*. Educagri éditions/Éditions Quae, Versailles, France, pp 129–141.
- Debaeke P., Munier-Jolain N.M., Bertrand M., Guichard L., Nolot J.M., Faloya V., Saulas P., 2009. Iterative design and evaluation of rule-based cropping systems: methodology and case studies. A review. *Agronomy for Sustainable Development* 29, 73-86.
- ITAB, 2011. Rotations en grandes cultures biologiques sans élevage. 8 fermes-types, 11 rotations. Repères agronomiques, économiques, techniques et environnementaux. Rapport d'étude du programme CAS DAR n°70 55 RotAB. 132 pages. <http://www.itab.asso.fr>.
- Lançon J., Reau R., Cariolle M., Munier-Jolain N., Omon B., Petit M.-S., Viaux P., Wéry J., 2008. Elaboration à dire d'experts de systèmes de culture innovants. In : Reau R., Doré T., (Eds.) 2008. *Systèmes de culture innovants et durables : quelles méthodes pour les mettre au point et les évaluer ?* Educagri, Dijon, France.
- Loyce C., Wéry J., 2006. Les outils des agronomes pour l'évaluation et la conception de systèmes de culture. In: Doré T., Le Bail M., Martin P., Ney B., Roger-Estrade J. (Eds), *L'agronomie aujourd'hui*, INRA, Paris, pp 77-95.
- Messéan A., Lô-Pelzer E., Bockstaller C., Lamine C., Angevin F., 2010. Outils d'évaluation et d'aide à la conception de stratégies innovantes de protection des grandes cultures. *Innovations Agronomiques* 8, 69-81.
- Meynard J.M., 1998. La modélisation du fonctionnement de l'agrosystème, base de la mise au point d'itinéraires techniques et de systèmes de culture. In A. Biarnès (Ed), ORSTOM, Institut Français de Recherche Scientifique pour le Développement en Coopération - Paris (FRA), *La conduite du champ cultivé: Points de vue d'agronomes* (p. 29-54). *Colloque et Séminaire*. Paris, FRA : ORSTOM Editions.
- Munier-Jolain N., Deytieux V., Guillemain J.P., Granger S., Gaba S., 2008. Conception et évaluation multicritères de prototypes de systèmes de culture dans le cadre de la Protection Intégrée contre la flore adventice en grandes cultures. *Innovations Agronomiques* 3, 75-88.
- Reau R., Doré T., 2008. *Systèmes de culture innovants et durables : quelles méthodes pour les mettre au point et les évaluer ?* Educagri Dijon, France. 175 p.
- Sadok W., Angevin F., Bergez J.E., Bockstaller C., Colomb B., Guichard L., Reau R., Messéan A., 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.
- Vereijken P., 1992. A methodic way to more sustainable farming systems. *Netherlands Journal of Agricultural Science* 40, 209-223