



**HAL**  
open science

## **Une évaluation multicritère qualitative de la durabilité de systèmes de grandes cultures biologiques, Quels enseignements ?**

Bruno Colomb, Anne Aveline, Matthieu Carof

### ► **To cite this version:**

Bruno Colomb, Anne Aveline, Matthieu Carof. Une évaluation multicritère qualitative de la durabilité de systèmes de grandes cultures biologiques, Quels enseignements ?. 2011, non paginé. <hal-00729405>

**HAL Id: hal-00729405**

**<https://institut-agro-rennes-angers.hal.science/hal-00729405v1>**

Submitted on 9 Nov 2012

**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.



HAL Authorization

Peut-on construire des rotations et assolements qui limitent les impacts environnementaux tout en assurant une viabilité économique de l'exploitation ?

R

O

T

CITODAB

Contribution des innovations techniques et organisationnelles à la durabilité de l'agriculture biologique

Une évaluation multicritère qualitative de la durabilité de systèmes de grandes cultures biologiques

*Quels enseignements ?*



### **Pour citer ce document**

Colomb Bruno, Aveline Anne, Carof Matthieu, (2011), *Une évaluation multicritère qualitative de la durabilité de systèmes de grandes cultures biologiques, Quels enseignements ?, Restitution des programmes RotAB et CITODAB*, Document d'analyse PSDR3 Midi-Pyrénées-Projet CITODAB, 42p + annexes

\*\*\*

© INRA - Toulouse

Conception-réalisation : Yaël Kouzmine (INRA-Toulouse)

Crédits photographiques : © Photothèque INRA : Jean-Marie Bossennec / Gérard Duc / Louis Jestin / Christophe Maitre / Bertrand Nicolas / Patrick Saulas / Christian Slagmulder / Pascal Thiébau

# Table des matières

LES AUTEURS (p5)

RÉSUMÉ (p7)

INTRODUCTION (p9)

1 - MÉTHODE (p9)

**1.1 Mise au point du modèle d'évaluation MASC-AB (p9)**

1.1.1 Présentation de MASC (p9)

1.1.2 MASC-AB, le modèle hérité de MASC (p10)

1.1.2.1 Arbre hiérarchique et indicateurs (p10)

1.1.2.2 Pondération et agrégation des indicateurs (p12)

1.1.3 Paramétrage du modèle (p13)

1.1.3.1 Évaluation des indicateurs basiques (p13)

1.1.3.2 Seuillage des indicateurs quantitatifs (p15)

**1.2 Jeux de cas utilisés (p15)**

1.2.1 Jeu de cas étudié dans le cadre du projet CASDAR RotAB (p15)

1.2.2 Jeu de cas étudié dans le cadre du projet PSDR CITODAB (p16)

2 - RÉSULTATS (p21)

**2.1 Évaluation des systèmes de culture « types » étudiés dans le projet RotAB (p21)**

2.1.1 Caractérisation des systèmes étudiés (p21)

2.1.2 Évaluation qualitative des systèmes étudiés (p21)

2.1.2.1 Durabilité socio-économique des systèmes étudiés (p21)

2.1.2.2 Durabilité agro-environnementale des systèmes étudiés (p22)

**2.2 Évaluation des systèmes de culture « réels » étudiés dans le projet CITODAB (p25)**

2.2.1 Caractérisation des systèmes étudiés (p25)

2.2.2 Évaluation qualitative des systèmes étudiés (p27)

2.2.2.1 Durabilité socio-économique des systèmes étudiés (p27)

2.2.2.2 Durabilité agro-environnementale des systèmes étudiés (p27)

2.2.2.3 Forces et faiblesses des systèmes de culture « réels » du projet CITODAB (p33)

3 - DISCUSSION (p35)

4 - CONCLUSION (p38)

FINANCEMENTS ET REMERCIEMENTS (p39)

BIBLIOGRAPHIE (p40)

SITOGRAFIE (p41)

TABLE DES FIGURES, TABLEAUX ET ANNEXES (p42)



## LES AUTEURS

**Bruno Colomb** est ingénieur de recherche en agronomie à l'INRA Toulouse et membre de l'UMR 1248 AGIR (Agrosystèmes et agricultures, Gestion des ressources, Innovations et Ruralités - INRA - INP ENSAT/ENFA)

@ : [bruno.colomb@toulouse.inra.fr](mailto:bruno.colomb@toulouse.inra.fr)

**Anne Aveline** est enseignant-chercheur en agronomie à l'École supérieure d'agriculture d'Angers et membre du Laboratoire d'Ecophysiologie Végétale et Agroécologie (Unité de recherche LEVA)

@ : [a.aveline@groupe-esa.com](mailto:a.aveline@groupe-esa.com)

**Matthieu Carof** est maître de conférences à AGROCAMPUS OUEST et membre de l'UMR 1069 SAS (Sol Agro et hydrosystème Spatialisation - INRA/AGROCAMPUS OUEST)

@ : [matthieu.carof@agrocampus-ouest.fr](mailto:matthieu.carof@agrocampus-ouest.fr)





Les systèmes de grandes cultures biologiques se sont développés en France à partir de la fin des années 90, dans une grande diversité de contextes pédoclimatiques et socioéconomiques. De ce fait, il apparaît utile de s'interroger sur les performances économique, agronomique, sociale et environnementale de ces systèmes alors même que leur dynamique de développement reste forte. En ce sens, un travail d'évaluation a été entrepris dans le cadre des programmes de Recherche & Développement CASDAR « RotAB » n° 7055 et PSDR 3 Midi-Pyrénées « CITODAB », particulièrement pour les systèmes de culture conduits dans des exploitations sans élevage. Pour réaliser ce travail, le modèle générique d'évaluation de système de culture MASC (Sadok et al., 2009, version 1.0), mis au point récemment par l'INRA, a été choisi à l'issue d'une étude comparative des différents modèles disponibles. Ce modèle se présente sous la forme d'une arborescence d'indicateurs qualitatifs, chacun d'eux étant porteur d'un jugement de satisfaction vis-à-vis d'une performance, ou groupe de performances, relevant des trois dimensions de la durabilité. Le modèle est implémenté dans un outil informatique (DEXi) qui s'appuie sur la méthode DEX d'aide multicritère à la décision (Bohanec, 2008).

Une adaptation du modèle MASC a été nécessaire. MASC-AB dérive ainsi de MASC enrichi d'indicateurs relatifs à la productivité et aux performances agronomiques (e.g. le maintien de la fertilité du milieu), de façon à mieux prendre en compte les préoccupations associées aux systèmes de grandes cultures biologiques. Les modes d'évaluation des indicateurs et les valeurs seuils relatives aux critères quantitatifs sous-jacents ont été identifiés au sein de groupes de travail de conseillers agricoles ; par exemple, le collectif de conseillers a choisi d'évaluer l'indicateur « Rentabilité » par le calcul de la marge directe et a considéré qu'une marge directe inférieure à une valeur  $x$  pouvait être qualifiée de très faible, etc.

Le collectif de conseillers a ensuite procédé à la pondération des indicateurs, en tenant compte des recommandations associées au modèle MASC et de leur propre perception de l'importance des indicateurs les uns par rapport aux autres, dans l'évaluation globale de la durabilité.

Le modèle d'évaluation ainsi paramétré, MASC-AB, a été appliqué à deux jeux de cas. Le premier est constitué de onze systèmes de culture « types », construits à partir d'informations recueillies dans les cinq régions du projet RotAB (Centre, Ile-de-France, Pays de Loire, Poitou-Charentes et Rhône-Alpes). Le second jeu de cas regroupe quarante-quatre systèmes de culture de Midi-Pyrénées, représentatifs des rotations biologiques spécialisées, courtes à très courtes, dominantes dans la région entre 2003 et 2006 (Colomb et al., 2009).

La durabilité économique est la dimension de la durabilité qui est la moins bien assurée dans les deux cas. Les raisons sont multiples. La rentabilité est très dépendante de la nature et de la fréquence des cultures rémunératrices au sein des rotations, de leur niveau de production et du niveau des prix. La variation du niveau de production sous l'effet du climat est particulièrement dommageable à la rentabilité lorsque la production se situe à un niveau général plutôt faible, comme c'est le cas dans les situations non irriguées de plusieurs régions.

L'acceptabilité sociale est une dimension plus satisfaisante de la durabilité des systèmes de grandes cultures biologiques étudiés. Sur les aspects qui intéressent directement les agriculteurs (complexité de mise en œuvre, pénibilité du travail, risques pour la santé) les systèmes sont particulièrement bien notés. Du point de vue de la société, l'acceptabilité souffre cependant

d'une faible contribution à l'emploi saisonnier et parfois d'un niveau de productivité surfacique insuffisant. Ce dernier critère a été introduit au niveau de l'acceptabilité sociale pour pouvoir répondre à la question récurrente portant sur la capacité des systèmes biologiques à pourvoir aux besoins de la société en biens alimentaires et en matières premières.

Le maintien du potentiel productif des parcelles soumises à la grande culture biologique sur le long terme est une dimension de la durabilité plus problématique. Le niveau d'insatisfaction vis-à-vis des objectifs de durabilité agronomique et de la hiérarchie des problèmes n'est pas le même selon les systèmes de culture et les contextes.

La maîtrise des adventices apparaît meilleure dans les rotations longues comportant de la luzerne. Malgré des opérations mécaniques plus nombreuses, les rotations biologiques plus courtes, sans luzerne, sont exposées à des développements d'adventices importants.

La maîtrise des bioagresseurs (maladies et ravageurs) n'est pas le problème majeur des systèmes de grandes cultures biologiques, comme cela peut l'être pour d'autres systèmes (e.g. le maraîchage, l'arboriculture, la viticulture). Pour la plupart des cas étudiés, la maîtrise des bioagresseurs atteint des niveaux acceptables, pour des raisons diverses selon les contextes.

Concernant la maîtrise de la fertilité du sol, une difficulté associée à de nombreux systèmes de culture réside dans le maintien d'un état organique satisfaisant sur le long terme, du fait de la faiblesse des restitutions organiques. La qualité de gestion de l'azote, dans laquelle le degré de satisfaction des besoins des cultures non légumineuses tient une place importante, présente une variabilité certaine. La présence ou non de luzerne, la fréquence des engrais verts, le niveau des apports d'azote organique et les conditions pédoclimatiques déterminant les coefficients d'utilisation de l'azote par les céréales peuvent contribuer à expliquer cette variabilité. La qualité de gestion du phosphore est correcte dans les systèmes étudiés des régions Centre, Ile-de-France, Pays de Loire, Poitou-Charentes et Rhône-Alpes. En Midi-Pyrénées, cette gestion apparaît problématique du fait de la forte proportion de rotations présentant des bilans de P négatifs. Par contre les seuls risques vis-à-vis de la fertilité potassique apparaissent dans les systèmes de culture « types » (hors Midi-Pyrénées dans cette étude) comportant de la luzerne et dont les exportations potassiques ne sont pas compensées par des apports de même niveau.

La préservation de l'environnement est la dimension de la durabilité la mieux assurée. Des réserves peuvent cependant être émises en fonction du degré d'intensification des rotations, qui influe sur les niveaux des ressources mobilisées (eau et énergie). L'appréciation de l'impact des systèmes de cultures biologiques sur la biodiversité conduit à un diagnostic très favorable. Cependant, celui-ci manque de précision compte tenu du mode d'évaluation utilisé très simplifié et devra, ainsi, être amélioré à l'avenir pour mieux discriminer les systèmes.

Les traits de forces et de faiblesses des systèmes de grandes cultures biologiques étudiés ici confirment et précisent les portraits établis antérieurement par David (1999, 2009). Compte tenu de la grande variabilité des systèmes de grandes cultures biologiques en France, d'autres études demeurent nécessaires pour établir un diagnostic de durabilité suffisamment représentatif de la sole française. L'expérience acquise dans la mise au point et l'application du modèle d'évaluation MASC-AB pourra être remobilisée dans cette perspective.

Les systèmes de grandes cultures biologiques connaissent un essor important depuis la fin des années 90 (David, 1999). Actuellement, les surfaces en grandes cultures biologiques atteignent 140 000 ha en France et dépassent 5 000 ha dans huit régions (Agence bio, 2010). La grande culture biologique s'est donc étendue dans une grande diversité de contextes, au cours d'une période qui a connu d'importantes évolutions en termes d'incitations publiques et de fluctuations économiques et une grande variabilité climatique influant sur les résultats productifs. Il apparaît alors utile de s'interroger sur les performances de ces systèmes de culture du point de vue de leur durabilité alors même que leur dynamique de développement reste forte.

Un travail d'évaluation multicritère de plusieurs systèmes de grandes cultures biologiques d'exploitations sans élevage a été entrepris dans le cadre des programmes de Recherche & Développement CASDAR « RotAB » (Fontaine et al., 2009) et PSDR 3 Midi-Pyrénées « CITODAB » (Colomb & Gafsi, 2011 ; Glandières et al., 2008).

Nous présentons successivement les aspects méthodologiques de l'étude et les résultats obtenus pour deux ensembles de systèmes de culture des six régions françaises impliquées dans les programmes de Recherche & Développement cités ci-dessus.

## 1- METHODE

### 1.1 Mise au point du modèle d'évaluation MASC-AB

#### 1.1.1 Présentation de MASC

Le modèle MASC (Sadok et al., 2009 ; version 1.0) a été retenu comme point de départ pour l'évaluation des systèmes de grandes cultures biologiques, après comparaison avec d'autres modèles décrits dans la littérature (Carof et al., 2011). Ce modèle a été conçu par des agronomes de l'INRA, partant du constat de l'absence d'un modèle simple d'évaluation multicritère de la durabilité des systèmes de culture à l'échelle de la parcelle. Bien que prévu à l'origine pour évaluer *a priori* des systèmes de culture innovants, MASC peut être utilisé pour comparer des systèmes existants, soit entre eux, soit par rapport à des systèmes nouveaux. Il est implémenté dans un outil informatique, DEXi (Bohanec, 2008), à l'aide de la méthode DEX (Bohanec et Rajkovic, 1999), une méthode d'aide multicritère à la décision.

MASC aide ses utilisateurs à porter un jugement (i) sur le degré de satisfaction des objectifs socio-économiques assignés aux systèmes de culture évalués ; (ii) sur le niveau de leurs impacts sur l'environnement ; (iii) sur la pression exercée sur les ressources non renouvelables. Pour cela, les systèmes de culture à évaluer sont caractérisés par un ensemble d'indicateurs de base (34 dans la version 1.0) relevant des trois domaines de la durabilité ; on peut citer pour exemple de ces indicateurs de base la rentabilité, le risque d'érosion, la consommation d'énergie. Chaque indicateur de base est calculé ou évalué à dire d'expert puis exprimé à l'aide de qualificatifs du

type « faible », « élevé », « favorable », etc. Cette discrétisation des indicateurs de base implique de fait l'existence de valeurs seuils définies par les utilisateurs du modèle.

A partir de cet ensemble d'indicateurs de base discrétisés, des indicateurs relatifs à la durabilité totale et aux trois dimensions de la durabilité sont déterminés par un processus d'agrégation progressive. L'agrégation repose sur l'utilisation de jeux de règles de raisonnement qualitatif du type « si l'indicateur A est faible et si l'indicateur B est élevé alors l'indicateur C est moyen ». Ces jeux de règles ont un caractère non normatif et reflètent le système de connaissances et de préférences du collectif d'utilisateurs impliqué dans la démarche d'évaluation de systèmes de culture.

En sortie, le modèle d'évaluation fournit donc les jugements associés à chacun des indicateurs intermédiaires et à l'indicateur de durabilité totale, en plus des jugements associés aux indicateurs de base. L'ensemble de ces jugements constitue un « profil » d'appréciation des performances des systèmes de culture étudiés vis-à-vis de la durabilité ; ce profil permet de réaliser une analyse des forces et des faiblesses de chacun des systèmes de culture ou de les regrouper par type.

Le modèle MASC ne prenant pas en compte certaines spécificités de l'agriculture biologique (cf. § 1.1.2), une adaptation de celui-ci a été réalisée, conduisant à la construction du modèle MASC-AB. Cette adaptation a consisté à :

- Identifier les indicateurs manquants, reflétant des préoccupations importantes pour les systèmes de culture biologiques, encore non pris en compte par le modèle de base ;
- Restructurer l'arbre d'indicateurs et redéfinir les règles de raisonnement qualitatif contrôlant le processus d'agrégation. Ces règles déterminent la pondération des indicateurs ;
- Préciser les modes d'évaluation par calcul ou par « expertise dirigée » des indicateurs ;
- Préciser les valeurs seuils permettant la discrétisation des indicateurs calculés.

## 1.1.2 MASC-AB, le modèle hérité de MASC

### 1.1.2.1 Arbre hiérarchique et indicateurs

L'arborescence des indicateurs obtenue est présentée en [figure 1](#). La durabilité totale des systèmes est décomposée de manière dichotomique jusqu'au troisième niveau de l'arborescence, niveau où apparaissent les indicateurs de durabilité économique, sociale, agronomique et environnementale.

Comme dans MASC 1.0, la durabilité économique est appréciée en termes de rentabilité (sur le court terme) et d'autonomie économique. Cette dernière considère à la fois (i) le niveau d'indépendance économique, déterminée par la proportion relative des aides et de la rémunération par le marché dans le calcul du revenu et (ii) l'efficacité technico-économique, définie comme la capacité à faire du produit brut en fonction du degré d'intensification (celui-ci étant lié au montant des charges opérationnelles et des charges de mécanisation).

La durabilité sociale, appelée ici acceptabilité sociale, a été scindée en deux pour distinguer (i) ce qui relève de l'acceptabilité pour l'agriculteur en termes de difficulté de mise en œuvre des systèmes de culture, de pénibilité du travail et de risque de toxicité et (ii) ce qui relève de l'acceptabilité pour la société appréhendée en terme de productivité surfacique et de contribution à l'emploi. L'indicateur de productivité surfacique a été introduit au niveau de l'acceptabilité sociale pour faire face à la préoccupation récurrente portant sur la capacité des systèmes biologiques à pourvoir la société en biens consommables (alimentaires ou non).

La branche d'indicateurs relatifs à la durabilité agronomique des systèmes de culture est nouvelle par rapport à la version 1.0 de MASC. Cette branche instruit la question du devenir du potentiel productif d'une parcelle soumise au mode de production biologique, dans un contexte donné. Une telle question est fondamentalement différente de la question des impacts des systèmes de culture sur l'environnement et mérite donc d'être traitée de manière distincte. La durabilité agronomique est analysée en termes de maîtrise de la fertilité du sol, des adventices et des bioagresseurs. L'appréciation de la maîtrise de la fertilité du sol prend en compte la qualité de gestion des nutriments à l'échelle de la succession culturale (azote, phosphore et potassium), ainsi que le devenir des états organique et structural du sol en faisant l'hypothèse que la succession de cultures est maintenue sur le long terme.

La branche relative à la durabilité environnementale a été entièrement reprise de MASC 1.0. Elle traite des domaines de préoccupations relatifs aux impacts des systèmes de culture sur le milieu physique (sol, air et eau), sur la biodiversité et sur les ressources non renouvelables (énergie fossile, phosphore) ou de disponibilités limitées pour l'activité agricole (eau).



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

Figure 1 : Le modèle MASC-AB dérive du modèle MASC 1.0 par (i) l'adjonction d'une branche d'évaluation de la durabilité agronomique distincte de la branche d'évaluation de la durabilité environnementale et (ii) l'introduction d'un indicateur de productivité surfacique, inséré au niveau de l'acceptabilité sociale des systèmes de culture.

### 1.1.2.2 Pondération et agrégation des indicateurs

Les valeurs qualitatives que peuvent prendre les indicateurs de MASC-AB sont présentées en figure 1 et annexe 1. Selon l'indicateur, trois à sept valeurs sont proposées ; cette variabilité s'explique par les possibilités d'appréciation des indicateurs et le degré de discrimination nécessaire aux différents niveaux de l'arbre.

Les jeux de règles de raisonnement qualitatif nécessaires pour l'agrégation et donc l'évaluation des indicateurs intermédiaires et de l'indicateur de durabilité totale sont aussi fournis dans l'annexe 1. C'est à partir de ces règles que le logiciel DEXi, avec lequel l'arbre d'évaluation a été informatisé, calcule *a posteriori* le poids de chaque indicateur. Il s'agit soit de poids dits locaux, c'est-à-dire ceux des indicateurs vis-à-vis de l'indicateur immédiatement supérieur, soit de poids dits globaux, c'est-à-dire ceux des indicateurs vis-à-vis de l'indicateur de durabilité

totale, quelque soit leur position dans l'arbre. Ces poids sont indiqués en [annexe 1](#). Jusqu'au niveau trois de l'arbre, partant de l'indicateur de durabilité totale, les règles de raisonnement qualitatif sont définies de telle sorte que des poids identiques soient affectés aux indicateurs de même niveau dans une même branche. Par exemple, si ces derniers sont au nombre de deux, chacun d'eux aura un poids de 50 %. Ce choix tient à la volonté de ne pas privilégier une dimension de la durabilité par rapport aux autres. Pour les indicateurs les plus éloignés de l'indicateur de durabilité totale, les règles sont définies plus librement et la pondération peut s'écarter du principe d'égalité de façon à capturer des réalités techniques ou scientifiques. Par exemple, dans l'appréciation de la maîtrise de gestion des nutriments, l'azote, le phosphore et le potassium comptent respectivement pour 45 %, 35 % et 20 %, ce qui reflète la hiérarchie des enjeux productifs associés à ces nutriments admise par le plus grand nombre de praticiens.

### 1.1.3 Paramétrage du modèle

#### 1.1.3.1 Évaluation des indicateurs basiques

Le modèle n'est pas normatif en ce qui concerne les modalités d'évaluation des indicateurs. Ces modalités peuvent ainsi différer d'un indicateur à l'autre en fonction des données disponibles, du temps disponible, des compétences au sein du groupe de travail ainsi que des outils auxquels ce dernier a accès. Les modalités utilisées peuvent relever soit du calcul, sur des données mesurables ou évaluables, soit d'une expertise dirigée par des règles de raisonnement dont le groupe de travail se dote lui-même, règles incluant ou non des variables quantifiables ([Tableau 1](#)).

A titre d'exemple d'indicateurs calculés, l'appréciation de la rentabilité repose sur le calcul de la marge directe (MD) annuelle moyenne (en €/ha/an). Pour chacun des cycles culturels, elle est calculée par la différence entre la somme du produit brut et des aides couplées à la culture d'une part, et des charges opérationnelles, de mécanisation et de main d'œuvre d'autre part :

$$MD = PB + A - CO - CM - MO$$

- PB (€/ha) = quantité récoltée \* prix de vente
- A : aides éventuelles associées à la culture
- CO : Charges opérationnelles : semences, engrais, irrigation, autres intrants
- CM : Charges de mécanisation incluant les charges fixes d'irrigation
- MO : Main d'œuvre : charges salariales et cotisations MS

L'évaluation à l'aide d'une expertise dirigée concerne principalement les indicateurs agronomiques de base, nouvellement introduits dans MASC-AB, mais aussi l'évaluation de certains indicateurs relatifs à l'environnement, comme alternative aux modes d'évaluation proposée pour les indicateurs INDIGO (Bockstaller et al., 1997 ; Bockstaller & Girardin, 2006) jugés trop gourmands en références. Les schémas d'expertise dirigée mis au point par les conseillers ont été implémentés eux-mêmes à l'aide de l'outil DEXi, et constituent des arbres d'évaluation satellites associés à l'arbre d'évaluation principal MASC-AB.

A titre d'exemple, l'appréciation de la maîtrise des adventices a donné lieu à la constitution de l'arbre satellite du modèle MASC-AB présenté en [figure 2](#).

Cet arbre repose sur la confrontation de deux indicateurs qualitatifs caractérisant respectivement :

- l'état initial d'enherbement de la parcelle en adventices vivaces et en annuelles ;
- la pression exercée sur les adventices par le système de culture.

La pression sur les adventices est elle-même analysée en tenant compte :

- du degré de respect du principe d'alternance entre cultures d'été, d'hiver et de printemps à l'échelle de la rotation ;
- du « caractère nettoyant » des cultures et des intercultures considérées indépendamment.

Les divers arbres satellites mis au point et utilisés dans le cadre de ce projet d'évaluation sont rassemblés en [annexe 2](#).

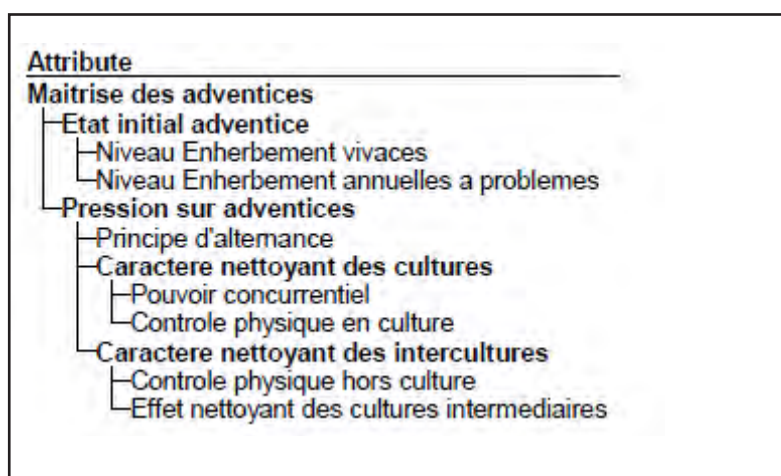


Figure 2 : Schéma d'évaluation par expertise du degré de maîtrise des adventices par un système de culture. Ce schéma est implémenté sous la forme d'une arborescence DEXi.



Rentabilité	Calcul
Indépendance économique	Calcul
Efficiency technico économique	Calcul
Besoin en équipement supplémentaire	Expertise
Contribution à l'emploi	Calcul
Productivité surfacique	Calcul
Difficulté physique	Expertise
Nombre d'heures de travail	Calcul
Complexité des cultures	Expertise
Nombre d'opérations culturales spécifiques	Expertise
Risque de toxicité pour le travailleur	Calcul
Qualité gestion N	Expertise
Qualité gestion P	Expertise
Qualité gestion K	Expertise
Maitrise du statut organique	Calcul (logiciel INDIGO)
Maitrise de l'état structural du sol	Expertise
Maitrise des adventices	Expertise
Maitrise des bioagresseurs	Expertise
Maitrise des émissions de pesticide dans les eaux	Calcul (logiciel INDIGO)
Maitrise des émissions de nitrates	Calcul (logiciel INDIGO)
Maitrise des émissions de phosphore dans les eaux	Expertise
Maitrise de l'érosion	Expertise
Maitrise de la qualité chimique du sol	Expertise
Maitrise des émissions de NH3	Calcul (logiciel INDIGO)
Maitrise des émissions de NO2	Calcul (logiciel INDIGO)
Maitrise des émissions de pesticides dans l'air	Calcul (logiciel INDIGO)
Préservation de la biodiversité cultivée	Expertise
Préservation de la biodiversité non cultivée	Expertise
Préservation des ressources énergétiques	Calcul
Préservation quantitative de l'eau	Expertise
Préservation des ressources en N et P	Calcul

Tableau 1 : Modalités d'évaluation des indicateurs de MASC-AB

### 1.1.3.2 Seuillage des indicateurs quantitatifs

Tous les indicateurs de base du modèle d'évaluation sont de nature qualitative, c'est-à-dire porteurs d'un jugement explicite (faible, moyen, élevé ...). Cependant, un certain nombre d'entre eux sont évalués par des calculs qui aboutissent à des valeurs quantitatives : celles-ci doivent être discrétisées. Pour cela des valeurs seuils doivent être définies. Par exemple, la définition de valeurs seuils pour l'indicateur de rentabilité, apprécié par le calcul de la marge directe (cf. § 1.1.3.1), permet d'attribuer à celui-ci le qualificatif « Moyenne » lorsque la marge directe est comprise entre 350 € et 450 €. Le choix de valeurs seuils intègre à la fois des connaissances expertes et des préférences émises par les parties prenantes. Les jeux de valeurs seuils peuvent résulter de l'examen des distributions des valeurs réelles des critères quantitatifs dans un cadre territorial donné. C'est souvent le cas des critères économiques pour lesquels il existe des études régionales actualisées. Les seuils retenus dans le cadre de ce travail ont été définis en concertation avec les acteurs du développement agricole des régions concernées par l'étude. Les seuils relatifs aux indicateurs de l'arbre d'évaluation principal et aux arbres satellites apparaissent dans l'annexe 3.

## 1.2 Jeux de cas utilisés

L'étude repose sur deux jeux de cas, l'un constitué dans le cadre du projet CASDAR RotAB, l'autre dans le cadre du projet PSDR CITODAB.

### 1.2.1 Jeu de cas étudié dans le cadre du projet CASDAR RotAB

Le premier jeu de cas a été constitué dans le cadre du projet RotAB à partir d'une sélection d'exploitations en grandes cultures biologiques enquêtées en régions Centre, Ile-de-France,

Pays de la Loire, Poitou-Charentes et Rhône-Alpes (ITAB, 2011). Ce travail d'enquête a permis d'identifier les pratiques des agriculteurs et de comprendre le raisonnement qu'ils suivent lors de la construction de leurs systèmes de culture. Sur cette base, 11 systèmes de culture « types », jugés aptes à représenter des situations fréquemment rencontrées dans les régions considérées, ont été construits (Tableau 2). Afin d'être représentatif de la diversité intra-régional, les systèmes de culture construits au sein de chaque région sont volontairement différents ; ils se distinguent par la présence ou non d'irrigation ainsi que par leur durée, longue ou courte, généralement liée à la présence ou non de luzerne. Certains de ces systèmes de culture peuvent être mis en place dans plusieurs types de sol, ce qui donne à l'échantillon étudié un effectif total de 23 systèmes de culture.

### 1.2.2 Jeu de cas étudié dans le cadre du projet PSDR CITODAB

Ce jeu de cas a été construit à partir de 44 séquences culturelles réelles de quatre années chacune incluant les récoltes 2003 à 2006, observées dans 19 exploitations réparties dans sept petites régions agricoles de Midi-Pyrénées (Tableau 3). Ces séquences, choisies à raison de 2 ou 3 par exploitation, ont été jugées représentatives des rotations courtes à très courtes dominantes dans les systèmes de cultures des exploitations biologiques sans élevage de la région. Elles ont été choisies et décrites à l'origine pour faire l'objet d'une analyse énergétique détaillée (Colomb et al., 2009). La SAU des exploitations enquêtées variait entre 25 et 230 ha, avec une moyenne de 96 ha. Les parcelles sur lesquelles les séquences ont été étudiées avaient une superficie moyenne de 9.4 ha (2.8 à 25 ha). Au total, 176 cultures ont été décrites par leurs itinéraires techniques complets. Les sols typiques de la région Midi-Pyrénées sur lesquels la grande culture biologique est réalisée sont bien représentés dans l'étude (limons battants type boulbènes, sols argilo-calcaires superficiels ou profonds). Les cultures principales relevées sont, en fréquence dans les 176 cultures étudiées, le blé tendre (29 %), le soja (23 %), le tournesol (11 %), la lentille et la féverole (9 %). Les cultures secondaires et/ou de niche sont l'orge, le blé dur, le maïs, le pois, le pois chiche, la luzerne, le chanvre, l'épeautre (une occurrence pour ces deux cultures). Les engrais verts sont rares (trois cas pour 132 intercultures). Les parcelles sont labourées au moins trois années sur quatre dans la majorité des cas. Vingt et une parcelles sont irriguées au moins une fois (I), 23 ne le sont pas (NI). Trente trois parcelles ont reçu au moins une fois un apport d'engrais organique (F), 11 parcelles n'ont pas été fertilisées durant la période considérée (NF). La présence d'irrigation et ou de fertilisation permet de distinguer différents niveaux d'intensification dans la conduite des successions culturelles. Les valeurs prises par 12 variables caractérisant les séquences culturelles étudiées sont présentées dans le tableau 3. Les variables économiques (produit brut et marge brute) ont été calculées sur la base des prix et coûts moyens pour la période 2003-2006. Les prix moyens observés pour les principales cultures ont été particulièrement bas sur cette période, comparativement aux trois années précédentes (figure 3).

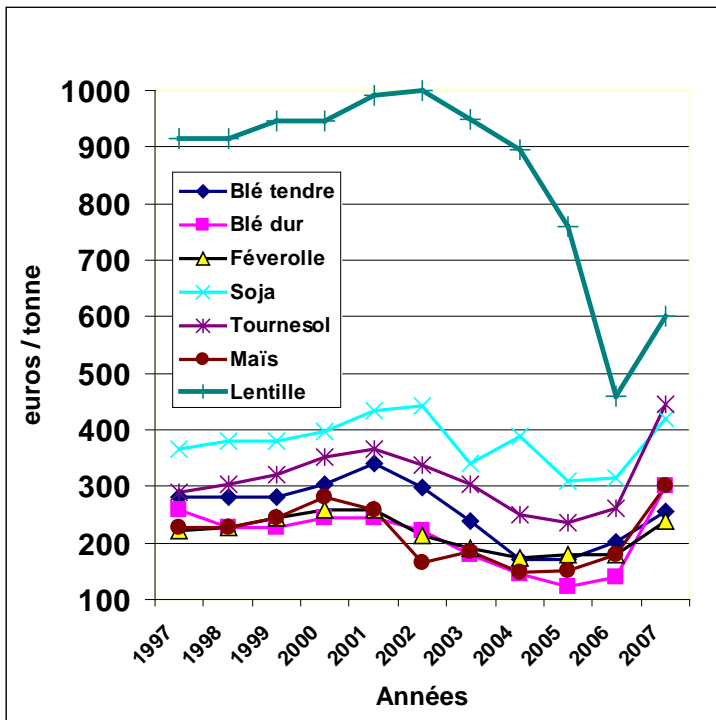


Figure 3 : Evolution du prix de vente (euros / tonne) des céréales et protéagineux biologiques en Midi-Pyrénées pendant la décennie 1997-2007.



	UTH	Contexte	Luz	Irrig	durée rot <sup>e</sup>	Cultures de la rotation	Contexte	Code
<b>Centre 1</b>	1	Sud de la région Centre. Potentiel moyen. Débouchés peu variés.	oui	non	8	luzerne (3 ans) - blé - triticale - féverole P - blé - orge H	Sol Argilo limoneux	C 1
<b>Centre 2</b>	1	Loiret (45). Sol limoneux à sableux, bon potentiel. Débouché betterave rouge. Luzerne déshydratée.	oui	oui	8	luzerne (2 ans) - blé - betterave rouge - blé - maïs grain - féverole H - blé	Sol Argilo limoneux	C 2
<b>Ile de France 1</b>	1	Seine-et-Marne (77). Limons battants profonds, très bon potentiel.	oui	non	10	luzerne (2 ans) - blé - triticale - avoine - féverole P - blé - orge P - jachère trèfle blanc - blé	Limons battants Sol limoneux argileux	IdF 1 LB IdF 1 LA
<b>Ile de France 2</b>	1	Sud Ile-de-France. Sols à dominante limoneuse ou argileuse, bon potentiel. Luzerne déshydratée.	oui	non	9	luzerne (3 ans) - blé - colza - blé - féverole H - blé - orge P	Limons battants Sol limoneux argileux	IdF 2 LB IdF 2 LA
<b>Ile de France 3</b>	1	Nord Yvelines (78). Absence de débouchés luzerne. Potentiel bon à moyen.	non	non	6	féverole P - blé - maïs grain - triticale/pois fourrager - blé - triticale	Limons battants Sol limoneux argileux	IdF 3 LB IdF 3 LA
<b>Pays de la Loire</b>	1	Sols limono-argileux, bon potentiel.	non	oui	3	féverole H - blé - maïs grain	Sol limoneux Sol argileux	PdL 1 L PdL 1 A
<b>Pays de la Loire 2</b>	1	Potentiel moyen (hydromorphie, séchant).	non	non	5	féverole P - blé - tournesol - blé - triticale / pois fourrager	Sol limoneux sableux	PdL 2 LS
<b>Poitou Charentes 1</b>	1	Plaine de Niort. Terres superficielles, calcaires, séchantes ; potentiel moyen.	oui	oui	9	luzerne (3 ans) - blé - maïs grain - féverole H - triticale - tournesol - orge H	Sol Argilo limoneux Sol argilo limoneux pauvre en matière organique Sol limoneux	PC 1 AL PC 1 AL3 PC 1 L
<b>Poitou Charentes 2</b>	1		non	non	5	féverole H - blé - orge H - tournesol - blé	Sol Argilo limoneux Sol argilo limoneux pauvre en matière organique Sol limoneux	PC 2 AL PC 2 AL3 PC 2 L
<b>Rhône Alpes 1</b>	1	Vallée du Rhône. Sols limono-argileux. Bon potentiel maïs plutôt séchant (contexte pédoclimatique).	oui	non	6	luzerne (3 ans) - blé - blé - tournesol	Sol Argilo limoneux Sol sableux Sol limoneux	RA 1 AL RA 1 S RA 1 L
<b>Rhône Alpes 2</b>	1		non	oui	3	soja - blé - maïs grain	Sol Argilo limoneux Sol sableux Sol limoneux	RA 2 AL RA 2 S RA 2 L

Tableau 2 : Les rotations types identifiées et analysées dans le cadre du projet RotAB, en provenance de cinq régions de France. Certaines sont mises en place sur différents types de sols, identifiés par leur texture (LB : limon battant ; AL : argilo-limoneux ; L : limoneux ; LA : limon argileux ; S : sableux)

**Tableau 3**  
: Description et caractéristiques des séquences culturales de Midi-Pyrénées étudiées dans le cadre du projet PSDR CITODAB

AGRI	PRA	Parcelle	Sol	Séquence culturale	FER	IRR	PROD	PB	MB	ETE	NOC	TW	CE	EE	EM3	NAN	ACN	BLP
1	Vallees-Terrasses garonnaises	1	L	TV 1/BTH 8/SOJ 8/BTH 7	F	I	3	1073	729	72	9	3.8	12888	4	525	2	160	-45
1	Vallees-Terrasses garonnaises	2	L	BTH 5/SOJ 8/BTH 7/SOJ 8	F	I	4	1387	916	64	12	5.3	18749	3.3	900	2	160	-58
1	Vallees-Terrasses garonnaises	3	LA	LEN 6/BTH 8/SOJ 8/SOJ 8	F	I	4	1492	1063	71	11.2	5.3	17017	3.5	825	1	80	-56
2	Lauragais	4	L	MAI 4/TOU 3/BTH 3/SOJ 3	F	I	2	769	427	55	8.8	6.6	7232	4.7	350	2	80	41
2	Lauragais	5	L	SOJ 1/BTH 3/LEN 3/POI 9	F	I	2	637	287	41	8.5	5.7	7057	3.1	396	1	40	60
2	Lauragais	6	L	FEV 1/LEN 6/SOJ 1/BTH 4	F	I	2	762	453	52	8	5.8	6499	3.5	250	1	40	87
3	Lauragais	7	AC	BTH 5/SOJ 3/TOU 5/FEV 3	F	NI	2	669	431	64	7	4.2	5760	5.8	0	1	100	-30
3	Lauragais	8	AC	LEN 4/BTH 5/TOU 5/FEV 3	F	NI	2	694	440	63	6.5	3.6	5326	5.6	0	1	100	-27
4	Galliacois	9	AC	BTH 5/TOU 5/BTH 5/TOU 5	F	NI	3	797	550	68	8	5.3	6289	7.1	0	2	100	-35
4	Galliacois	10	AC	TOU 5/BTH 5/FEV 4/BTH 5	F	NI	2	715	490	67	7.2	4.4	5997	6.3	0	2	100	-38
5	Coteaux du Gers	11	AC	BD 8/ORH 10/FEV 4/POI 3	NF	NI	3	705	521	66	6.8	3.4	5191	7.9	0	0	0	-34
5	Coteaux du Gers	12	AC	FEV 4/ORH 5/POI 8/EPP 9	NF	NI	3	837	645	74	6.5	3.9	5487	6.1	0	0	0	-35
5	Coteaux du Gers	13	AC	FEV 3/ORH 6/LUZ 1/BTH 6	F	NI	2	604	414	54	6	3.3	5566	5.7	0	1	80	-28
6	Coteaux de Gascogne	14	L	SOJ 7/TV 1/SOJ 7/SOJ 7	NF	I	3	1158	847	75	12.2	6.4	14881	3	675	0	0	-45
6	Coteaux de Gascogne	15	AC	FEV 2/BTH 5/SOJ 7/SOJ 7	F	I	3	1037	681	64	11	5.8	13373	3.4	450	1	40	-45
7	Coteaux de Gascogne	16	L	BTH 5/FEV 10/SOJ 3/SOJ 6	F	I	3	970	602	61	8.2	4.3	12624	3.2	550	1	50	-47
7	Coteaux de Gascogne	17	L	POI 5/BTH 7/SOJ 3/SOJ 6	F	I	3	946	549	57	7.8	4.1	13332	2.8	630	1	60	-41
8	Vallees-Terrasses garonnaises	18	ALO	TOU 4/ORH 5/LEN 3/BTH 1	F	NI	2	505	266	41	5.2	3.9	4614	5.7	0	1	40	61
8	Vallees-Terrasses garonnaises	19	AC	MAI 5/LEN 3/BTH 2/SOR 4	F	NI	2	710	420	53	6.2	4.8	5587	5.4	0	2	80	117
9	Lauragais	20	AC	SOJ 4/LEN 5/SOJ 7/SOJ 7	NF	I	3	1243	844	67	8.8	5.2	14541	3.2	730	0	0	-44
9	Lauragais	21	AC	SOJ 3/SOJ 4/SOJ 5/TOU 8	NF	I	3	1131	720	62	9.2	5.2	15539	3	830	0	0	-41
9	Lauragais	22	AC	SOJ 3/BTH 3/SOJ 5/BTH 5	F	I	2	903	520	57	8.4	4.6	12463	2.7	540	2	90	-35
10	Lauragais	23	AC	SOJ 4/BTH 5/LEN 4/BTH 5	F	NI	2	812	518	61	8.8	4.3	7160	5.2	0	2	160	-32
10	Lauragais	24	AC	BTH 5/SOJ 4/SOJ 7/BTH 5	F	I	3	1007	636	62	9.2	4.5	8184	4.4	300	2	160	-41
11	Vallees-Terrasses garonnaises	25	ALO	FEV 8/BTH 8/SOJ 1/BTH 5	F	I	3	820	536	52	8.2	5.6	10245	3.2	340	1	40	12
11	Vallees-Terrasses garonnaises	26	ALO	SOJ 2/FEV 5/BTH 5/BD 7	F	I	2	867	601	69	7.8	5.3	8376	4	120	2	90	-33
12	Lauragais	27	LA	LEN 9/BD 4/TOU 4/SOJ 5	NF	I	3	1189	903	71	7.8	5.1	7025	5.5	375	0	0	-34
12	Lauragais	28	AL	BD 4/LEN 4/BTH 6/FEV 1	NF	NI	2	691	488	65	5.8	3.3	4099	6.5	0	0	0	-23
13	Lauragais	29	AC	SOJ 6/SOJ 6/LEN 5/BTH 5	F	I	3	1147	681	57	9.5	5.4	10673	4.2	975	1	40	25
13	Lauragais	30	AC	POI 7/BD 6/PC 2/TOU 7	F	NI	3	808	532	61	7.2	5	6241	5.4	0	2	80	79
14	Plaine albigeoise	31	L	LEN 4/TOU 5/BTH 7/LEN 3	F	NI	2	764	419	53	6.2	3.8	6112	6.9	0	1	80	-28
14	Plaine albigeoise	32	L	LEN 4/BTH 5/TOU 3/BTH 4	F	NI	2	735	422	54	6.8	4	6311	5	0	3	160	34
15	Vallees-Terrasses garonnaises	33	AC	BTH 3/TOU 2/BTH 4/BTH 5	NF	NI	2	641	456	70	5.8	4.1	5015	6.4	0	0	0	-26
15	Razes	34	AC	BTH 5/POI 2/BTH 4/TOU 6	F	NI	2	745	485	61	8.2	4.9	7037	5.2	0	2	120	-31
16	Razes	35	AC	BTH 5/TOU 6/BTH 4/FEV 4	F	NI	2	703	463	64	8	4.9	6614	6	0	2	120	-35
16	Razes	36	AC	TOU 6/BTH 4/LEN 3/BTH 5	F	NI	2	722	463	56	8	4.8	6608	5.6	0	2	120	-30
17	Coteaux du Gers	37	AC	BTH 4/LEN 4/BTH 5/SOJ 5	F	I	2	904	576	63	7.8	3.8	9678	3.8	300	2	120	-33
17	Coteaux du Gers	38	AC	TOU 4/FEV 2/BTH 5/TOU 3	F	NI	2	595	381	64	8	4.1	5588	5.2	0	1	60	-25
18	Coteaux du Gers	39	AC	BTH 5/SOJ 5/BTH 5/SOJ 4	NF	I	2	944	628	68	7.8	4.6	12582	3.4	575	0	0	-39
18	Coteaux du Gers	40	AC	BTH 4/SOJ 6/BTH 4/SOJ 5	NF	I	2	1002	686	69	7.8	4.6	12582	3.5	575	0	0	-41
18	Coteaux du Gers	41	AC	LUZ 4/TOU 8/EPP 7/TOU 5	NF	NI	3	845	658	75	8	4.8	5247	8.5	0	0	0	-33
19	Coteaux du Gers	42	AC	FEV 4/ORP 6/FEV 4/BTH 5	F	NI	2	642	383	62	6	3.8	6522	5	0	2	160	-33
19	Coteaux du Gers	43	AC	PC 4/BTH 7/LEN 5/ORH 5	F	NI	3	794	499	61	5.8	4	6720	5.2	0	2	160	-31
19	Coteaux du Gers	44	AC	VFG 5/BTH 7/LEN 5/CHA 10	F	NI	3	1094	804	70	5.8	4	6939	7.1	0	2	160	38

Agri : n° agriculteur. PRA : Région agricole.

Sol : L. sol limoneux (Boulbènes) ; LA Limon argileux non calcaire ; AC argilo-calcaire ; ALO argile lourde

Séquence culturale : les nombres qui suivent le code culture correspondent à une note de productivité, notée de 1 à 10 (seuils différents selon les cultures)

FER : F fertilisée ; NF non fertilisée. IRR : I irriguée ; NI : non irriguée. PROD : note de productivité surfacique moyenne à l'échelle de la séquence culturale notée de 1 (très faible) à 5 (très élevée).

PB : produit brut (prix moyen 2003-2006). MB : marge brute (prix et coût moyen 2003-2006). ETE efficacité technico-économique (%).

NOC : nombre d'opérations culturales annuel moyen. TW : Temps de travail (heure /ha/an)

CE : consommation énergétique annuelle moyenne (MJ/ha/an). EE : efficacité énergétique (MJ produits / MJ consommés)

EM3 : consommation d'eau d'irrigation cumulée sur 4 années (m3).

NAN : nombre de fertilisation sur 4 années. ACN : quantité totale d'azote apportée par les engrais (kg N /ha). BLP : Bilan cumulé de P (kg P2O5 /ha).



### 2.1 Evaluation des systèmes de culture « types » étudiés dans le projet RotAB

#### 2.1.1 Caractérisation des systèmes étudiés

*La caractérisation complète des systèmes étudiés est présentée dans le document suivant :*

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. Fontaine L. coordinatrice. Bonte J.B., Aubert C., Fourrié L., Colomb B. 132 pages.

L'étude est disponible en téléchargement sur le site internet [www.itab.asso.fr](http://www.itab.asso.fr).

#### 2.1.2 Evaluation qualitative des systèmes étudiés

Les résultats de l'évaluation qualitative obtenue avec MASC-AB pour l'ensemble des cas sont présentés exhaustivement dans l'[annexe 4](#).

Les valeurs des indicateurs de durabilité sont rassemblées dans le tableau 4, avec un rappel de l'échelle de jugement à 7 classes utilisée pour le diagnostic. Les distributions des valeurs obtenues pour les différents indicateurs pour l'ensemble du jeu de cas sont présentées en [figure 4](#).

Sur les 23 systèmes de culture étudiés, 4 présentent une durabilité totale (DT) un peu faible, 10 une DT « moyenne », 7 une DT élevée, 2 une DT très élevée.

On constate que les 2 systèmes d'Ile de France ayant une DT « très élevée » sont situés sur des sols de bon à très bon potentiel de production et correspondent à des rotations très longues incorporant de la luzerne, mais ne sont pas irrigués.

Parmi les systèmes manifestant une DT « élevée », quatre (Centre 1 et 2, IdF LA et LB) présentent une rotation longue (8 à 9 ans) avec présence de luzerne. Le potentiel de production des sols est bon à très bon sauf pour Centre 1 où il est noté moyen. Les systèmes de Rhône Alpes RA 2, dont la DT est aussi jugée élevée ont un profil différent : la rotation est courte (3 ans), les sols sont de potentiel moyen, mais il faut noter la présence de l'irrigation, avec des disponibilités en eau élevées.

Les systèmes dont la DT est un « peu élevée » ont un profil plus variable encore. Les rotations sont courtes à moyennes, comportent ou non de la luzerne, sont irriguées ou non.

Les 6 systèmes (PdL 2 LS et PC 2 L/AL/AL3) dont la DT est « un peu faible » ont un profil identique : rotation courte sans luzerne et absence d'irrigation.

##### 2.1.2.1 Durabilité socio-économique des systèmes étudiés

La durabilité socio-économique dépend de la durabilité économique et de l'acceptabilité sociale. Treize systèmes de culture présentent une durabilité économique « moyenne » du fait de la combinaison d'une rentabilité « moyenne » et d'une « faible » autonomie économique (liée à une forte dépendance aux aides financières). Le besoin en équipement supplémentaire par rapport à un système de culture conventionnel n'apparaît pas très significatif.

Le seul système dont la durabilité économique est qualifiée d'« assez faible » est celui qui possède une « faible » rentabilité ; il s'agit de PdL 2 LS, système qui combine 5 cultures dont le produit

brut est toujours inférieur à 1000 €/ha. A l'inverse, les systèmes dont la durabilité économique est qualifiée d'« élevée » et « très élevée » manifestent une rentabilité « élevée » ; il s'agit de C 2, IdF 2 et RA 2. Le premier présente une marge directe importante du fait de la culture de la betterave dans la rotation. La marge directe « élevée » du cas IdF 2 s'explique par le retour du blé à trois reprises sur 9 ans et par la culture de l'orge, deux cultures qui combinent rendement et prix de vente élevés. Le résultat du cas RA 2 s'explique par la présence des cultures de soja et de maïs sur une rotation courte, deux cultures qui combinent, comme précédemment, rendement et prix de vente élevés.

L'acceptabilité sociale est évaluée comme « assez élevée » pour 70 % des systèmes de culture. Cet indicateur intègre à la fois l'acceptabilité des systèmes par la société et leur acceptabilité par l'agriculteur. Pour ce qui est de la première composante, l'évaluation met en évidence que 90 % des systèmes de culture étudiés ne contribuent pas à l'emploi saisonnier. En revanche leur aptitude à satisfaire les besoins de la société en produits d'origine agricole est qualifiée de « moyenne » à « élevée ». Pour 40 % des systèmes de culture, l'acceptabilité pour l'agriculteur est jugée « moyenne ». Ceci s'explique par le niveau des difficultés de mise en œuvre opérationnelles de ces systèmes, qualifiées de « moyennes à élevées ».

### 2.1.2.2 Durabilité agro-environnementale des systèmes étudiés

L'évaluation de la durabilité agro-environnementale résulte, d'une part, de l'évaluation de la durabilité agronomique et, d'autre part, de celle de la préservation de l'environnement.

Neuf des 23 systèmes de culture présentent une durabilité agronomique « moyenne » et huit autres une durabilité agronomique « assez élevée ». Trois cas ont une durabilité agronomique « un peu faible » et trois cas ont une durabilité agronomique jugée « élevée » ou « très élevée ».

Rappelons que l'évaluation de la durabilité agronomique repose sur les évaluations de la maîtrise de la fertilité du sol, de la maîtrise des adventices et de la maîtrise des bioagresseurs :

- La maîtrise de la fertilité du sol est majoritairement jugée « faible » (dans 80 % des cas) malgré une bonne gestion des nutriments N, P et K imputable à la présence de légumineuses et à la fertilisation raisonnée des cultures. Le diagnostic de fertilité défavorable s'explique essentiellement par une maîtrise insuffisante de l'état organique des sols et de leurs états structuraux. Le diagnostic portant sur l'état structural, s'explique par le fait que la majorité des systèmes de culture étudiés sont présents sur des sols limoneux, très sensibles à la déstructuration. Concernant le statut organique, sa mauvaise maîtrise dérive de la faiblesse du niveau moyen des restitutions organiques, qui ne peut permettre de maintenir les taux de matières organiques à des niveaux jugés optimaux ;
- Dans 20 cas sur 23, les systèmes de culture ont une gestion des adventices qualifiée de « moyenne » ou d'« élevée ». Ce diagnostic favorable s'explique par la présence de luzerne et/ou d'une rotation longue. Les systèmes de culture les mieux notés pour le facteur gestion des adventices sont ceux qui alternent de surcroît les cultures d'hiver et les cultures de printemps avec un minimum de période de sols nus (C 2, IdF 1, RA 1). La gestion mécanique de l'enherbement est faible pour tous les systèmes de culture sauf pour PdL 1 et RA 2, et n'apparaît donc pas comme le facteur discriminant ou explicatif du niveau de maîtrise des adventices dans ce type de situation ;
- Evaluée directement à dire d'expert, la maîtrise des bioagresseurs est qualifiée de « faible » dans 12 cas sur 23, de « moyenne » ou d'« élevée » dans les autres cas. Les différences de maîtrise observées entre les systèmes seraient imputables à la diversité des cultures en rotation (alternance des familles botaniques), aux modalités de gestion des résidus organiques (labour vs. non labour) et au choix de variétés plus ou moins résistantes aux bioagresseurs.

L'évaluation de la préservation de l'environnement prend en compte la préservation du milieu physique (« moyenne à élevée » pour tous les systèmes de culture), la préservation de la biodiversité (là encore, « moyenne à élevée » pour tous les systèmes de culture) et la préservation des ressources abiotiques. C'est sur ce dernier point que les systèmes de culture se distinguent. Lorsque les systèmes de culture ont une préservation des ressources abiotiques jugée « moyenne » (9 cas sur 23), la durabilité environnementale est « élevée ». Lorsque les systèmes de culture ont une préservation des ressources abiotiques jugée « très élevée » (14 cas) le diagnostic de durabilité totale est lui-aussi « très élevée ». Les systèmes de culture évalués « moyens » sont irrigués et exercent donc une pression directe sur la ressource en eau.

ROTATIONS		CARACTERISTIQUES				INDICATEURS DE DURABILITE						
Nom : Région / n° / variante pédoclimatique	Nb	Potentiel du sol	Durée Rotation	Luzerne	Irrigation	Totale	Socio-economique	Economique	Sociale	Agro-environnementale	Agronomique	Environnementale
PdL 2 LS	1	M	5	non	0	4	3	3	4	5	3	7
PC 2 AL/AL3/L	3	M	5	non	0	4	4	4	4	5	3	7
RA 1 L	1	M	6	oui	0	5	5	4	6	5	4	7
PC 1 AL3/L	2	M	3	oui	1	5	5	4	5	5	4	6
IdF 3 LA/LB	2	M/B	6	non	0	5	5	4	5	6	5	7
PdL 1 L	1	B	3	non	1	5	5	4	5	6	5	6
PdL 1 A	1	B	3	non	1	5	5	4	5	6	6	6
RA 1 AL/S	2	M	6	oui	0	5	5	4	6	6	5	7
PC 1 AL	1	M	3	oui	1	5	5	4	5	6	5	6
RA 2 AL/S/L	3	B	3	non	1	6	6	6	5	5	4	6
Centre 1	1	M	8	oui	0	6	6	5	5	5	4	7
IdF 2 LB	1	TB	9	oui	0	6	6	7	5	5	4	7
IdF 2 LA	1	TB	9	oui	0	6	6	7	5	6	5	7
Centre 2	1	B	8	oui	1	6	6	6	5	6	5	6
IdF 1 LA	1	B/TB	10	oui	0	7	6	5	5	7	7	7
IdF 1 LB	1	B/TB	10	oui	0	7	6	5	5	7	6	7
<b>Nb de cas</b>	<b>23</b>					<b>5.3</b>	<b>5.2</b>	<b>4.7</b>	<b>5</b>	<b>5.6</b>	<b>4.5</b>	<b>6.6</b>

Echelle de durabilité						
Très faible	Faible	Assez faible	Moyenne	Assez élevée	Elevé	Très élevée
1	2	3	4	5	6	7

Tableau 4 : Synthèse des valeurs des indicateurs de durabilité obtenus pour des 23 systèmes de cultures biologiques étudiés dans le cadre du projet RotAB

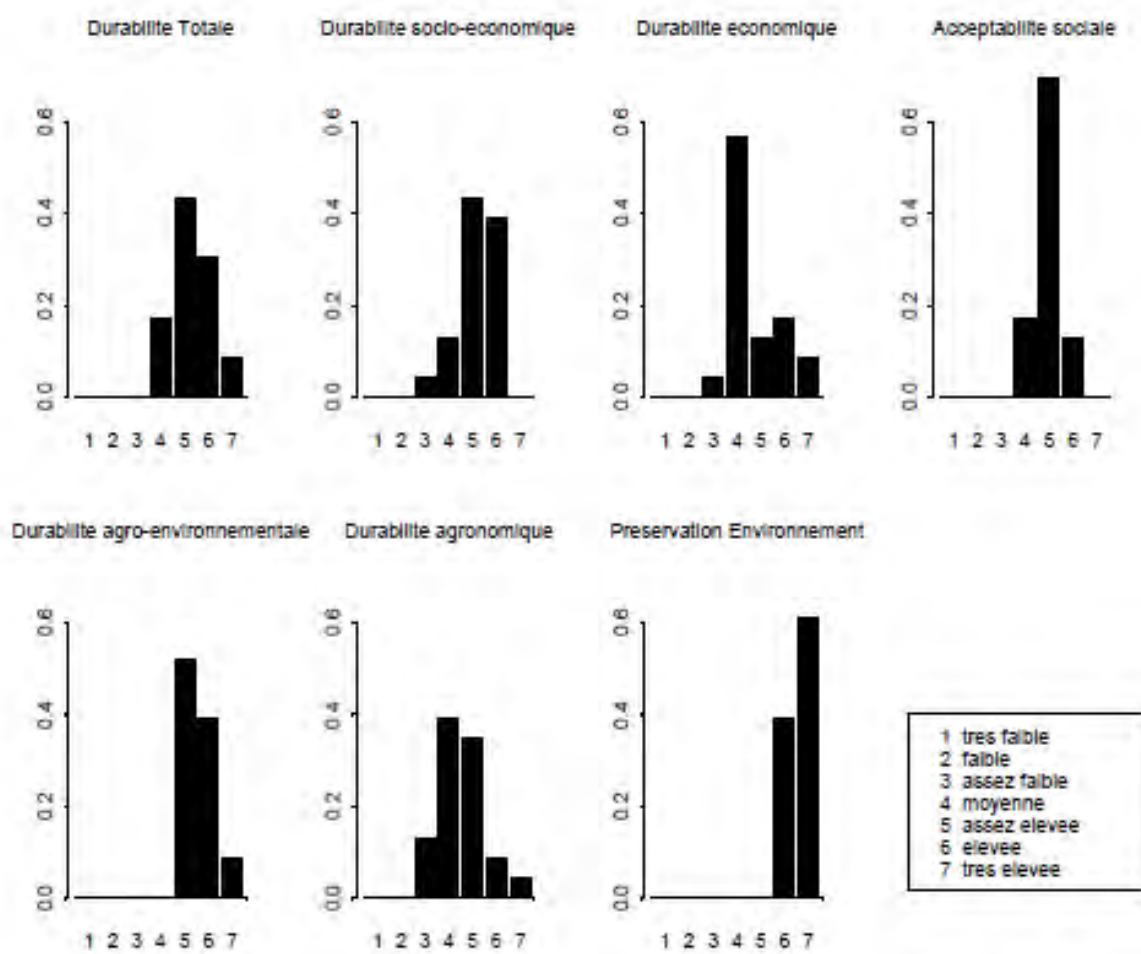


Figure 4 : Distribution des valeurs des indicateurs de durabilité des 23 systèmes de cultures biologiques étudiés dans le cadre du projet RotAB

## 2.2 Evaluation des systèmes de culture de Midi-Pyrénées étudiés dans le projet CITODAB

### 2.2.1 Caractérisation des systèmes étudiés

Sur la période 2003-2006 le produit brut (PB) moyen de tous les systèmes de culture étudiés a varié de 500 € à 1500 € lorsque la marge brute (MB) variait de 270 € à 1060 € ; la [figure 5a](#) montre que la MB représente 65 % du PB. Notons que la variabilité du PB et de la MB pour les cas irrigués est plus importante que celle des cas non irrigués. Par ailleurs, le PB des cas irrigués représente en moyenne 1.4 fois celui des cas non irrigués. La raison de cet écart est triviale : l'irrigation des cultures a pour conséquence un niveau de productivité surfacique moyen plus élevé. De fait, le PB est lié significativement ( $r^2=0.61$ ) au niveau de productivité surfacique moyen du système de culture, noté sur une échelle qualitative de 1 à 5 pour tenir compte de l'ensemble des cultures ([Figure 5b](#)). Le PB apparaît très dépendant ( $r^2=0.70$ ) du niveau de consommation énergétique ([Figure 5c](#)) lequel est lui-même très dépendant ( $r^2=0.83$ ) du niveau d'irrigation, caractérisé par la consommation d'eau cumulée sur quatre années consécutives ([Figure 5d](#)). L'irrigation est le principal déterminant de la consommation énergétique, en partie du fait du pompage de l'eau.

Les systèmes de culture non irrigués et irrigués se distinguent nettement par le nombre d'opérations culturales et le temps de travail ([Figure 5e](#)). Les systèmes de culture non irrigués requièrent un nombre annuel d'opérations culturales moyen de 6.85. Le temps de travail annuel moyen est de 4.2 h par ha. Pour les systèmes de culture irrigués le nombre annuel d'opérations culturales moyen est de 9.0 et le temps de travail annuel moyen est de 5.1 h par ha. Ceci s'explique par le fait que l'irrigation a pour corolaire davantage de cultures d'été et un nombre d'interventions mécaniques pour le contrôle des adventices plus important, tout ceci s'ajoutant aux opérations d'irrigation elles-mêmes.

L'efficacité énergétique des systèmes de culture non irrigués est, en moyenne, de 6 MJ/MJ. Pour les cas irrigués elle est en moyenne de 3.6 MJ/MJ. Tous cas confondus, il existe une relation polynomiale du second degré, décroissante, qui lie significativement ( $r^2 = 0.69$ ) efficacité et consommation énergétiques ([Figure 5f](#)). Si cette efficacité énergétique est rapportée à la MB, les systèmes de culture irrigués et non irrigués se distinguent nettement les uns des autres ([Figure 5g](#)) ; c'est le cas également si l'on rapporte le temps de travail à la MB. Ainsi, la MB obtenue pour chaque GJ consommé est de 83 € pour les cas non irrigués alors qu'elle est de 59 € pour les cas irrigués ; la MB obtenue par heure de travail effectuée est de 117 € pour les cas non irrigués alors qu'elle est de 133 € pour les cas irrigués.

Les systèmes de culture non irrigués sont plus fréquemment fertilisés (par apport d'azote organique) que ceux irrigués, du fait d'une plus grande proportion de cultures non légumineuses. Les systèmes de culture non irrigués reçoivent ainsi, en moyenne 1.4 apport sur quatre années ; la dose totale moyenne apportée est alors de 65 unités par ha. Pour les systèmes irrigués, un seul apport d'azote est enregistré sur quatre ans, pour une dose totale moyenne de 60 unités par ha. Il n'existe aucun lien entre (i) le nombre d'apport ou le niveau de fertilisation azotée et (ii) le niveau de productivité surfacique moyen, le PB ou la MB.

Les bilans de phosphore, cumulés sur quatre années, varient de -60 à +120 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> par ha. Ils sont négatifs dans 34 cas sur 44. Ils sont, en moyenne, plus fortement négatifs pour les systèmes de culture irrigués (-22 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> par ha sur quatre ans) que pour les systèmes non irrigués (-10 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> par ha sur quatre ans). Ce constat est lié au très faible nombre d'apport de matière fertilisante phosphatée sur la période d'étude, seules 10 situations sur les 44 ayant reçues un ou des apports de phosphore. La [figure 5h](#) met en relation le bilan de phosphore cumulé et la

consommation énergétique, révélatrice du degré d'intensification. Pour les cas ayant reçu du phosphore (bilan positif) comme pour ceux n'ayant pas reçu de phosphore (bilan négatif), il existe une relation linéaire décroissante significative ( $r^2=0.55$  et  $r^2=0.75$  respectivement) entre le bilan de phosphore et le niveau d'intensification des systèmes de culture. Très logiquement, lorsque le niveau d'intensification augmente, le niveau des exportations en phosphore augmente du fait d'une production plus importante de grain.

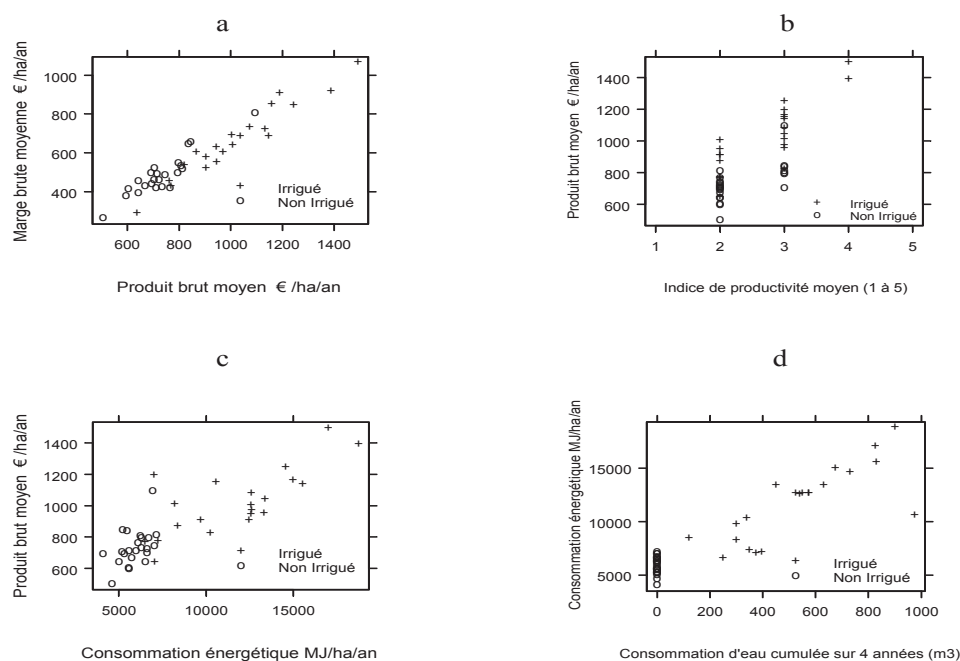


Figure 5 : Caractérisation quantitative des systèmes de grandes cultures de Midi-Pyrénées étudiées dans le cadre du projet PS DR CITODAB

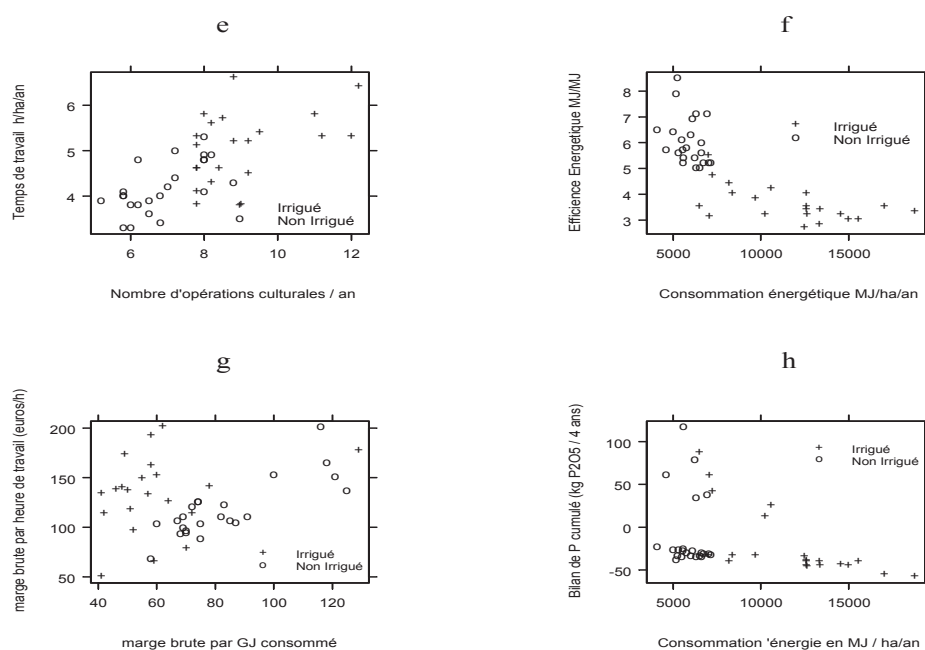


Figure 5 (suite) : Caractérisation quantitative des systèmes de grandes cultures de Midi-Pyrénées étudiées dans le cadre du projet PS DR CITODAB

## 2.2.2 Evaluation qualitative des systèmes étudiés

Les résultats de l'évaluation qualitative réalisée à l'aide de MASC-AB sur le jeu de cas Midi-Pyrénéen sont présentés, *in extenso*, en annexe 5. Les distributions des valeurs des différents indicateurs sont présentées en figure 6a à 6e. Des graphiques en radar, en figure 7a à 7d, permettent de comparer les systèmes irrigués et non irrigués.

### 2.2.2.1 Durabilité socio-économique des systèmes étudiés

Sur la période considérée, 45 % des cas présentent une durabilité socio-économique « assez élevée » ou « élevée ». Un tiers des cas ont une durabilité socio-économique jugée « moyenne » et un cinquième ont une durabilité socio-économique « faible » (Figure 6a). Cette distribution reflète la prise en compte simultanée, dans l'indicateur de durabilité socio-économique, de la durabilité économique et de l'acceptabilité sociale, ces deux indicateurs se distinguant nettement l'un de l'autre.

La durabilité économique est peu favorable sur la période d'étude. Elle est jugée « faible » dans 7% des cas, « assez faible » dans 35 % des cas, « moyenne » dans 30 % des cas. Seul un quart des cas sont classés « assez élevé » pour cet indicateur. Ces résultats sont à mettre au compte d'une rentabilité jugée « faible » dans les deux tiers des cas et ce, malgré une autonomie économique jugée « moyenne » dans la moitié des cas (Figure 6b).

L'acceptabilité sociale est plus favorable sur la période d'étude, en particulier l'acceptabilité par l'agriculteur. Ce dernier indicateur tient compte de la complexité de mise en œuvre des cultures, de la pénibilité du travail et du risque de toxicité ; il est considéré comme « très élevé » dans la moitié des cas, « élevé » dans un tiers des cas. Il est « moyen » ou « faible » dans seulement 15% des situations. L'acceptabilité par la société est moins favorable du fait d'une contribution à l'emploi saisonnier très faible, et d'un niveau de productivité défavorable. En effet, compte tenu de deux années (2003, 2006) à fort déficit hydrique sur la période d'étude, le niveau moyen de production pour les cultures non irriguées a été affecté (27.5 q par ha pour le blé ; 17.5 q par ha pour le tournesol) par rapport au niveau interannuel moyen de production de ces cultures. L'indicateur de productivité est ainsi jugé « moyen » dans 40 % des cas et « faible » dans 55 % des cas (sur la base des valeurs seuils définies par les conseillers).

### 2.2.2.2 Durabilité agro-environnementale des systèmes étudiés

La durabilité agro-environnementale est jugée « assez moyenne » dans 35 % des cas (Figure 6a). Pour un autre tiers, cette durabilité est jugée « assez élevée » à « élevée » et pour un quart, elle est « faible ». Les distributions des durabilités agronomique et environnementale permettent de comprendre ce résultat.

La durabilité agronomique est jugée « assez élevée » dans un quart des cas, « élevée » ou « très élevée » dans 15 % des cas (Figure 6a). Elle est classée « moyenne » dans 40 % des cas et « assez faible » dans 20 % des cas. L'analyse détaillée des indicateurs de la branche agronomique de l'arbre MASC-AB permet de préciser le diagnostic (Figure 6c) :

- La maîtrise des adventices est jugée « moyenne » pour un tiers des cas et « faible » pour la moitié. Ceci s'explique par la durée des rotations, courte, et la faible proportion de couverts végétaux couvrants dans ces rotations. Le choix quasi systématique du labour et le nombre important d'interventions mécaniques ne permettent pas de compenser ces deux facteurs favorables à l'enherbement des parcelles. La gestion des bioagresseurs est mieux

assurée avec deux tiers des cas dans la classe « moyenne » et 20 % des cas dans la classe « élevée » ;

- En matière de gestion de la fertilité des sols, les deux tiers des cas sont jugés « moyens » et un tiers sont notés « assez faibles ». Le constat tient à la difficulté de gérer l'azote dans les systèmes, avec 55 % des cas classés « faibles » sur cet aspect. La gestion du phosphore est jugée encore plus défavorablement, avec 60 % des cas positionnés dans la classe « faible » et 15 % dans la classe « très faible ». Un autre élément défavorable pour la fertilité réside dans la gestion du statut organique des sols. L'indicateur qui en reflète la qualité est considéré comme « faible » pour deux tiers des cas et « moyen » pour le tiers restant. La maîtrise de l'état structural des sols apparaît plus favorable, avec 45 % de cas dans la classe « moyenne », 25 % de cas dans la classe « élevée » et un tiers dans la classe « faible ». Cette répartition reflète la proportion de sols sensibles et non sensibles aux phénomènes de tassement et de battance dans l'échantillon étudié.

Sur le plan environnemental, la situation est favorable pour (i) le contrôle des émissions de pesticides dans l'air ou dans l'eau et (ii) la maîtrise de la qualité chimique des sols ; les indicateurs correspondants sont jugés « très élevés » pour l'ensemble des cas (Figure 6d). La maîtrise des risques d'érosion est « très élevée » dans 70 % des cas, « moyenne » dans 20 % et « faible » dans 10 % des cas. La maîtrise des risques d'émissions de nitrate est considérée comme « moyenne à élevée » dans 30 % des cas et « très élevée » dans 25 % des cas. Elle est jugée « faible à moyenne » dans 25 % des cas et « faible » dans un cas sur cinq. L'absence d'engrais vert, les faibles coefficients d'utilisation de l'azote organique apporté et la difficulté de valorisation des reliquats d'azote des légumineuses par des céréales soumises à des conditions climatiques difficiles sont les principales causes identifiées de risques de pertes en nitrate. Au total, la préservation du milieu physique, approchée à l'aide des indicateurs issus du logiciel INDIGO, apparaît cependant favorable, avec 60 % de cas dans la classe « moyenne » et 40 % dans la classe « élevée ».

La biodiversité cultivée est jugée « moyenne à faible » dans 50 % des cas et « moyenne à élevée » dans 40 % des cas, « élevée » une fois sur dix (Figure 6e). Ce résultat plutôt défavorable tient au caractère très court des rotations, qui se traduit par une faible diversité spécifique des systèmes de culture.

La préservation de la diversité non cultivée est jugée « moyenne à très élevée » dans 60 % des cas grâce à l'absence d'usage de pesticides. Elle est considérée comme « faible » pour un tiers des cas du fait du nombre important d'opérations culturales et du caractère systématique du labour. La préservation des ressources en eau est « très élevée » dans la moitié des cas, reflet de la proportion de situations non irriguées dans le jeu de cas étudié. Elle est jugée « faible à moyenne » dans 25 % des cas et « très faible » dans 15 % des cas (Figure 6e).

La préservation des ressources énergétiques est considérée comme « très élevée » dans 60 % des cas, « moyenne à élevée » dans 10 % et « faible à moyenne » pour un tiers des cas. La distribution de cet indicateur reflète la structure de l'échantillon en termes de cas irrigués et non irrigués. Enfin, la préservation des ressources en nutriments en azote et phosphore est « très élevée » compte tenu du faible niveau d'apport d'azote et de phosphore d'origine externe aux exploitations (Figure 6e).

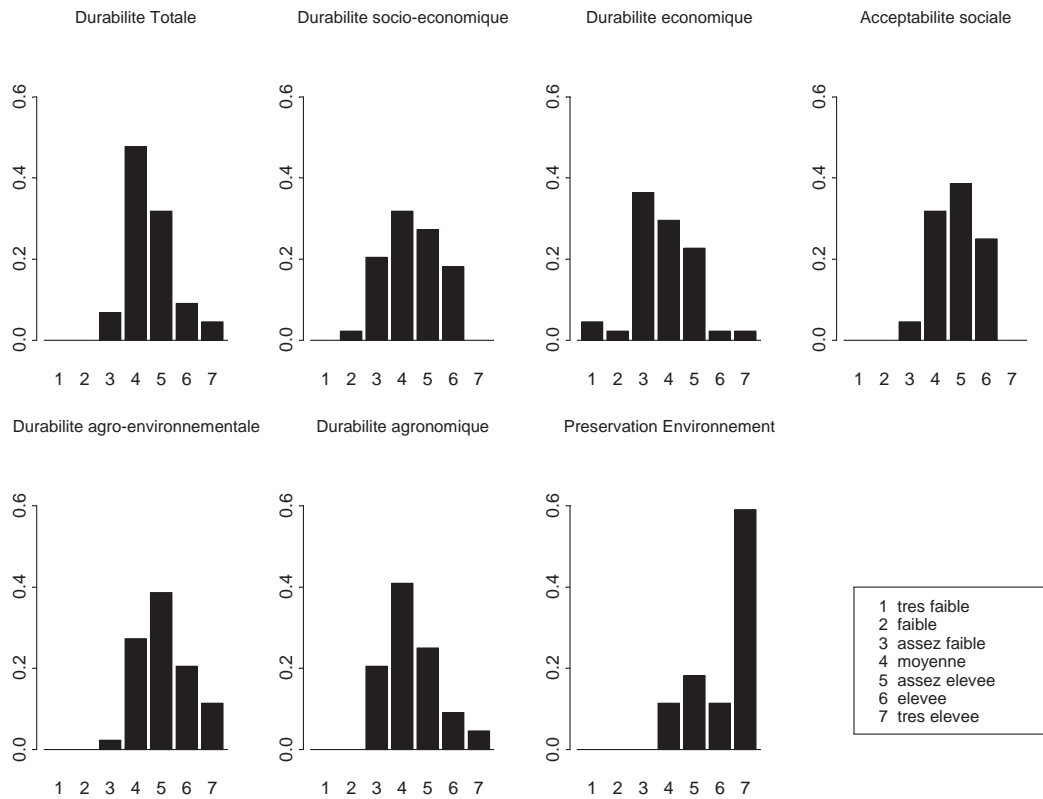


Figure 6a : Distribution des indicateurs de durabilité de 44 systèmes de grande culture biologique de la région Midi-Pyrénées étudiés dans le cadre du projet CITODAB

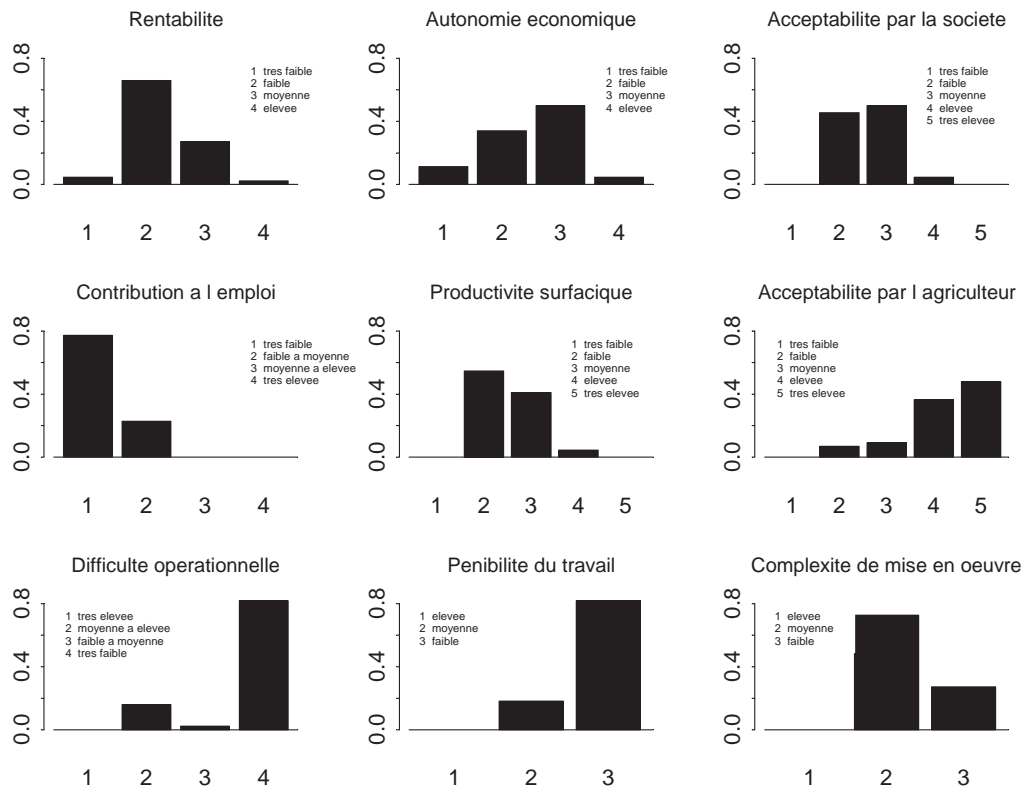


Figure 6b : Distribution des indicateurs de durabilité socio-économique de 44 systèmes de grande culture biologique de la région Midi-Pyrénées étudiés dans le cadre du projet CITODAB

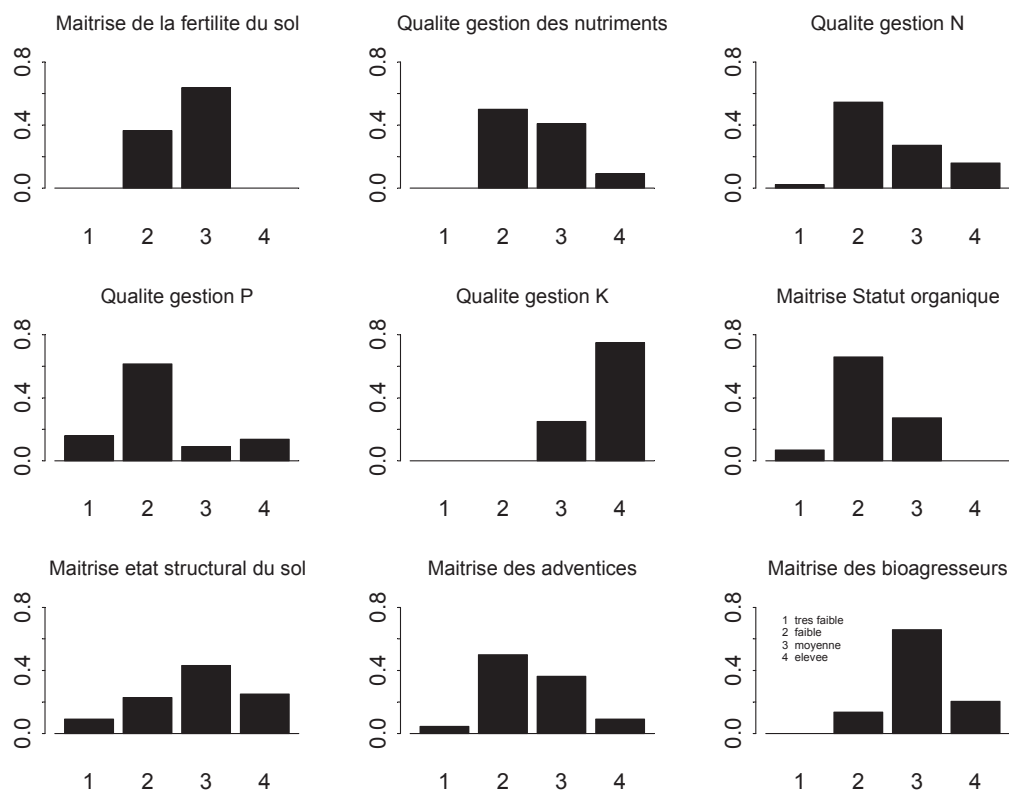


Figure 6c : Distribution des indicateurs de durabilité agronomique de 44 systèmes de grande culture biologique de la région Midi-Pyrénées étudiés dans le cadre du projet CITODAB

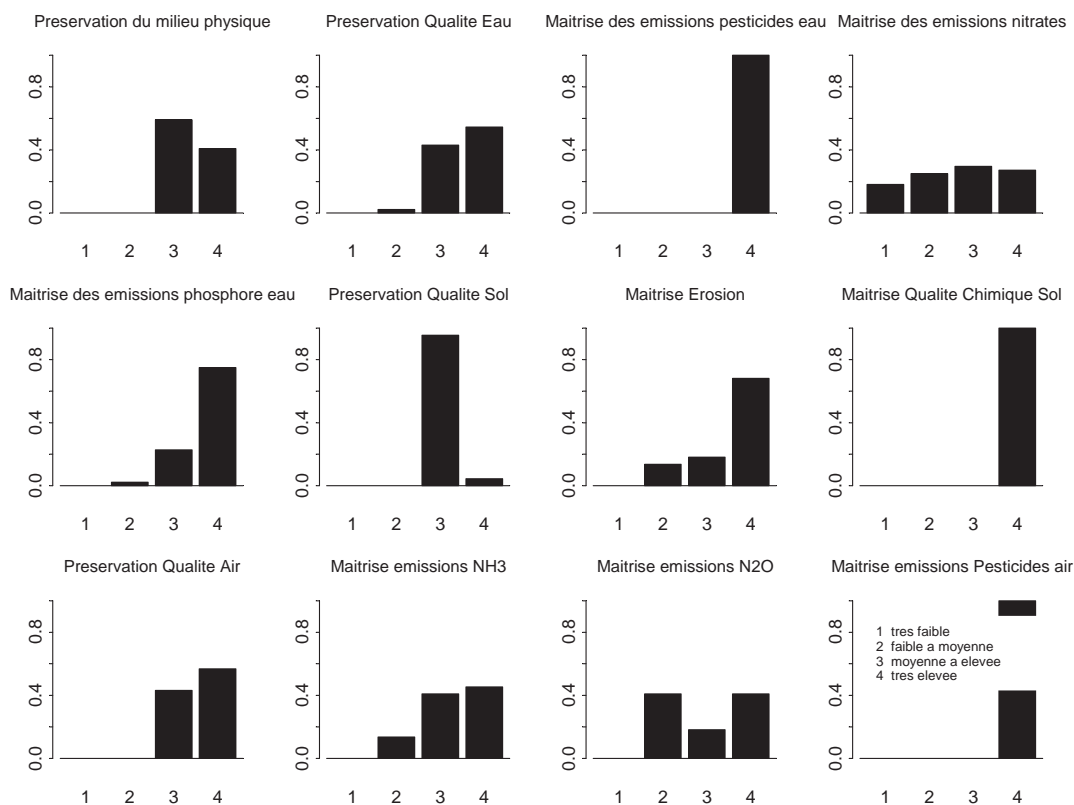


Figure 6d : Distribution des indicateurs de durabilité environnementale de 44 systèmes de culture « réels » du projet CITODAB, vis-à-vis du milieu physique

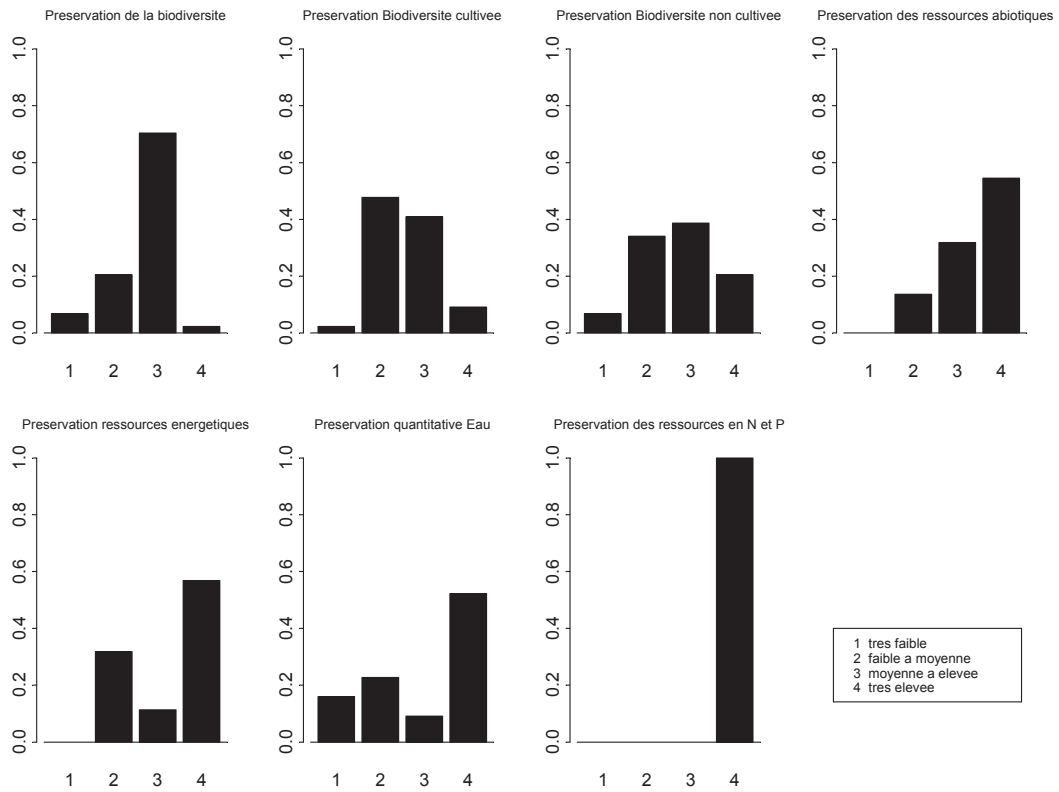


Figure 6e : Distribution des indicateurs de durabilité environnementale de 44 systèmes de grande culture biologique de la région Midi-Pyrénées étudiés dans le cadre du projet CITODAB, vis-à-vis des ressources naturelles

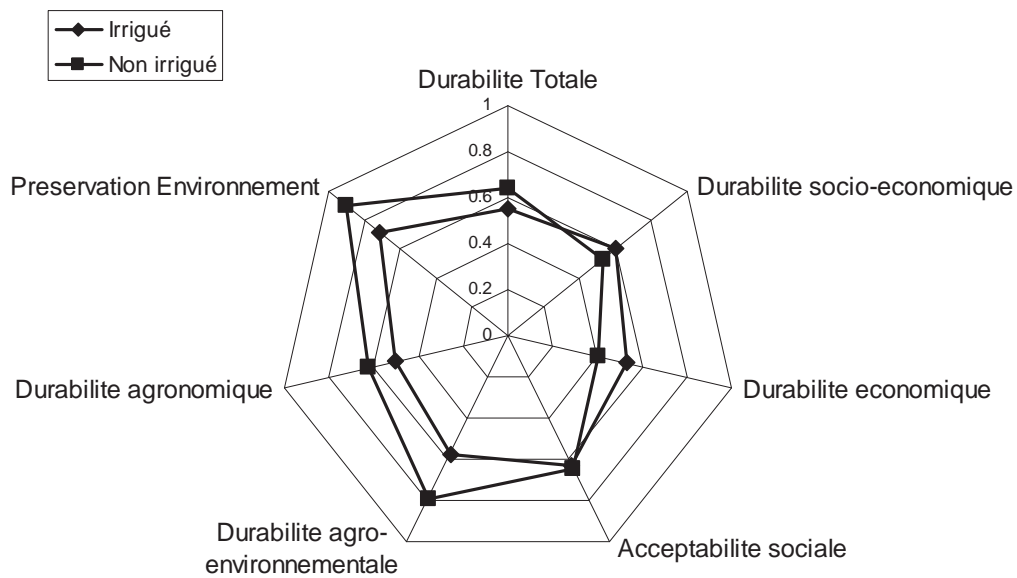


Figure 7a : Comparaison des indicateurs de durabilité de 44 systèmes de grande culture biologique de la région Midi-Pyrénées étudiés dans le cadre du projet CITODAB

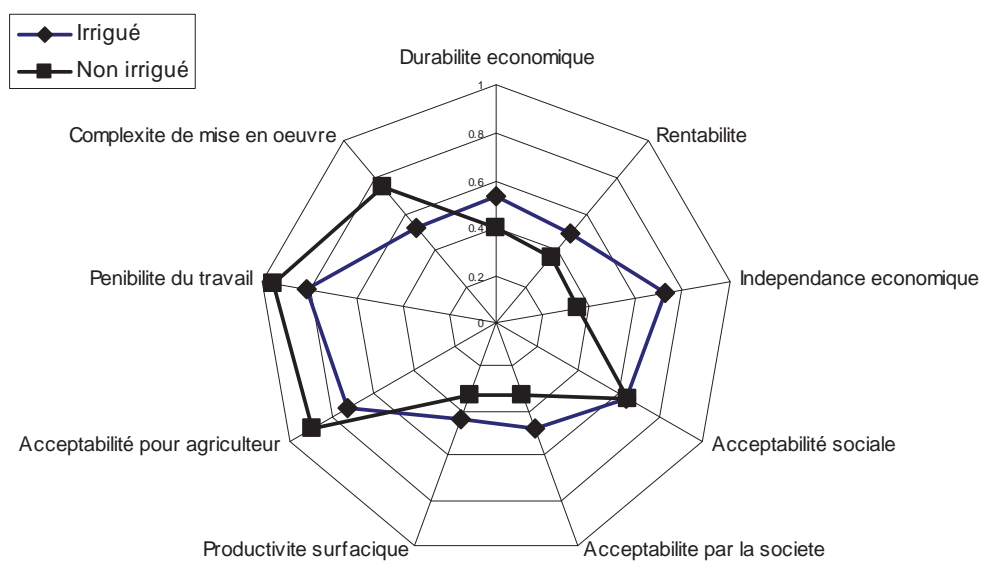


Figure 7b : Comparaison des indicateurs de durabilité socio-économique de 44 systèmes de grande culture biologique de la région Midi-Pyrénées étudiés dans le cadre du projet CITODAB

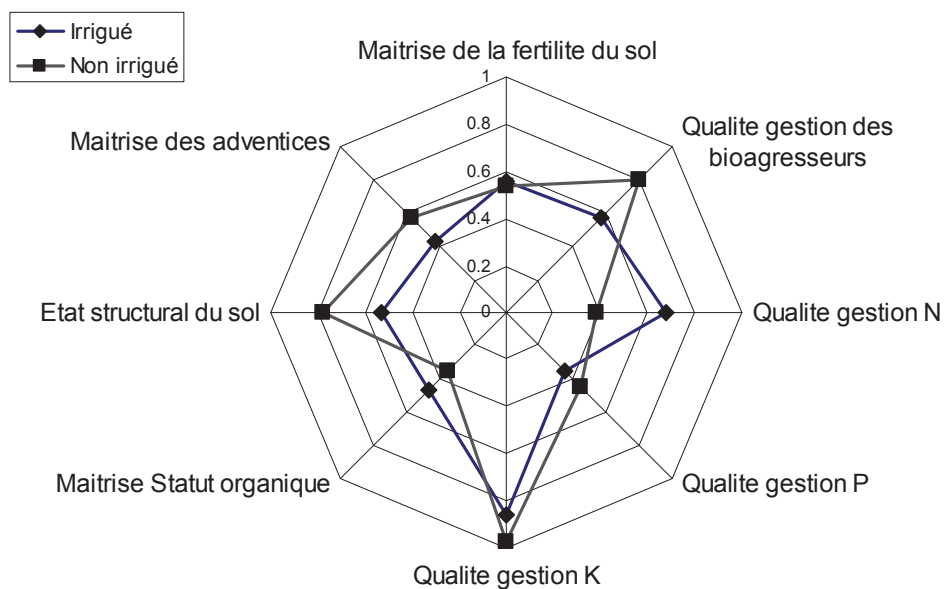


Figure 7c: Comparaison des indicateurs de durabilité agronomique de 44 systèmes de grande culture biologique de la région Midi-Pyrénées étudiés dans le cadre du projet CITODAB

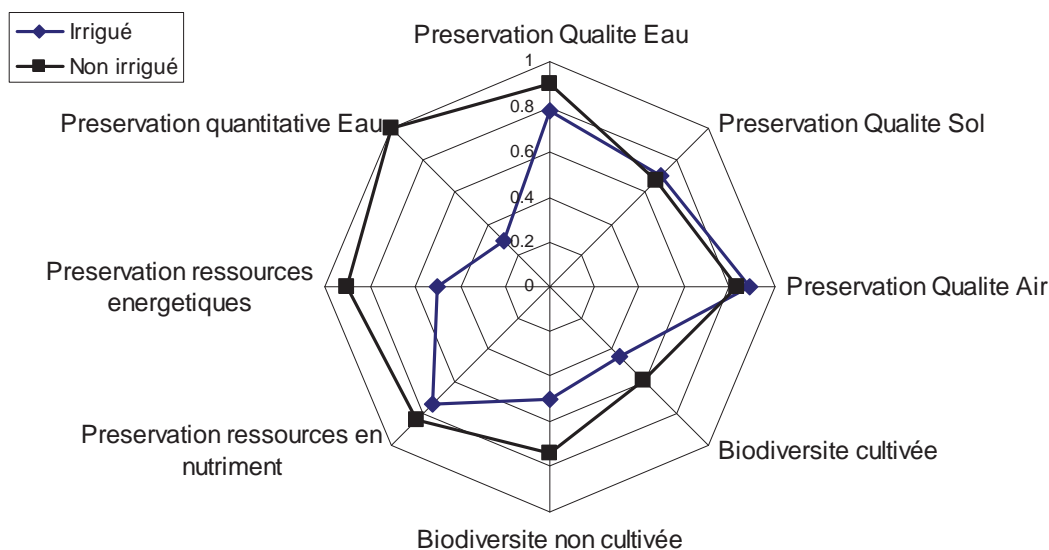


Figure 7d: Comparaison des indicateurs de durabilité environnementale de 44 systèmes de grande culture biologique de la région Midi-Pyrénées étudiés dans le cadre du projet CITODAB

### 2.2.2.3 Forces et faiblesses des systèmes de culture « réels » du projet CITODAB

Pour l'indicateur de durabilité totale, 45 % des cas émergent à la classe « moyenne », 30 % à la classe « assez élevée ». Les classes « élevée » et « très élevée » regroupent 15 % des cas et la classe « assez faible » 10 % des cas (Figure 6a). Si la situation globale apparaît encourageante, il existe donc une variabilité et des marges de progrès importantes. Les profils de performances dessinés par les indicateurs des différents domaines de la durabilité permettent de préciser le diagnostic en comparant les situations irriguées et les situations non irriguées (Figures 7 a,b,c,d).

La durabilité économique a posé problème sur la période considérée en Midi-Pyrénées (Figure 7a) pour l'ensemble des systèmes de grandes cultures biologiques. Cependant, la durabilité économique a été meilleure dans le cas des situations irriguées. Celles-ci manifestent une meilleure rentabilité et surtout une plus grande indépendance économique que les situations non irriguées (Figure 7b). La présence de l'irrigation permet d'introduire la culture du soja dont le grain destiné à l'alimentation humaine est très bien valorisé économiquement par l'agriculteur.

L'acceptabilité sociale est jugée favorablement (Figure 7b) pour les deux types de systèmes. Cependant, le diagnostic résulte d'un compromis entre les diagnostics d'acceptabilité pour l'agriculteur et pour la société. L'acceptabilité pour la société est moins bien notée du fait (i) d'un niveau de productivité surfacique limitée des systèmes de culture sur la période considérée (particulièrement pour ceux non irrigués) et (ii) d'une faible contribution de ces systèmes à l'emploi saisonnier (semblable à la faible contribution observée en grandes cultures conventionnelles). Analysée en termes de complexité de mise en œuvre des systèmes de cultures, de pénibilité du travail et de risques pour la santé, l'acceptabilité par les agriculteurs apparaît indiscutablement bonne, surtout pour les systèmes non irrigués (Figure 7b).

La durabilité agronomique est le deuxième point faible des systèmes de grandes cultures biologiques, avec une note un peu meilleure pour les systèmes non irrigués (Figure 7a). L'examen des différents indicateurs relevant de ce domaine de durabilité permet de préciser le diagnostic (Figure 7c) :

- Les gestions de l'azote et des adventices sont les deux difficultés majeures rémanentes dans la conduite des systèmes de grandes cultures biologiques. La hiérarchie entre les deux problématiques diffère selon le caractère irrigué ou non des systèmes. Les difficultés de gestion des adventices sont plus élevées dans le cas des systèmes irrigués que dans le cas des systèmes non irrigués. L'irrigation signifie une fréquence de cultures semées au printemps plus forte, qui expose les rotations à un développement des adventices plus élevé. La hiérarchie est inverse pour la gestion de l'azote. Celle-ci est meilleure dans le cas des systèmes irrigués où la proportion de légumineuses est plus élevée ;
- La gestion du phosphore est préoccupante sur le long terme du fait que dans les trois quart des situations, les bilans sont négatifs. La gestion du potassium apparaît satisfaisante car (i) les réserves géochimiques de cet élément dans la plupart des sols de Midi-Pyrénées conduits en agriculture biologique sont très élevées et (ii) la fréquence de cultures très exportatrices en potassium est faible dans les situations étudiées (pas de luzerne ni de cultures fourragères) ;
- D'après l'indicateur IMO d'INDIGO le maintien du statut organique des sols à des niveaux satisfaisants apparaît difficile. Cela tient à la faiblesse des restitutions organiques, dans un contexte technique et climatique favorable à la dégradation de la matière organique des sols et en l'absence d'apport d'amendement organiques suffisamment fréquents et importants ;
- La maîtrise des bioagresseurs apparaît mieux assurée. Les leviers de ce contrôle résident dans l'alternance des espèces cultivées, le choix de variétés peu sensibles et l'enfouissement des résidus de culture. Les cultures les plus sensibles telles que le pois sont peu présentes dans les successions. Le faible niveau général d'intensification, qui conduit souvent à des couverts peu denses, ne facilite pas le développement des maladies. Notons que du fait de ce dernier élément, la maîtrise des bioagresseurs apparaît assurée dans les systèmes non irrigués.

La durabilité environnementale est la dimension de la durabilité totale la mieux notée (Figure 7a). L'examen des divers indicateurs montre que des deux types de systèmes de cultures irrigués et non irrigués ne manifestent pas de différences notables dans le domaine de préservation de l'air, des sols et de l'eau (Figure 7d).

Cependant, compte tenu de leur plus fort niveau d'intensification, les systèmes irrigués exercent une pression plus importante sur les ressources en eau et en énergie. Par ailleurs, compte tenu du nombre plus important d'interventions culturales réalisés, leurs impacts perturbateurs sur la biodiversité non cultivée seraient plus importants. Sur ces deux aspects de préservation des ressources abiotiques et de la biodiversité non cultivée, les systèmes irrigués sont donc moins bien notés que les systèmes non irrigués (Figure 7d).

### 3 - DISCUSSION

Les deux jeux de cas étudiés ne sont pas de même nature. Le jeu de cas RotAB est constitué de systèmes de culture « types », construits à partir de situations fréquemment rencontrées dans les régions partenaires du projet RotAB. Le jeu de cas CITODAB est constitué de systèmes de culture réels, représentatifs des rotations courtes à très courtes dominantes en région Midi-Pyrénées sur la période 2003-2006. La synthèse des résultats d'évaluation qualitative obtenus pour les deux cas doit être effectuée avec précaution. Cependant, on peut faire les deux hypothèses suivantes :

- Les systèmes de culture « types » identifiés dans les régions partenaires du projet RotAB sont représentatifs des systèmes réels de ces régions en 2011 ;
- Les systèmes de grandes cultures biologiques de la région Midi-Pyrénées sont, en 2011, proches de ce qu'ils étaient au milieu de la décade précédente (i.e. proches de ceux étudiés en détail dans ce rapport).

Dès lors, il est possible de rapprocher les évaluations qualitatives réalisées au travers des deux projets afin de faire ressortir quelques lignes de forces et de faiblesses communes propres aux systèmes de grandes cultures biologiques.

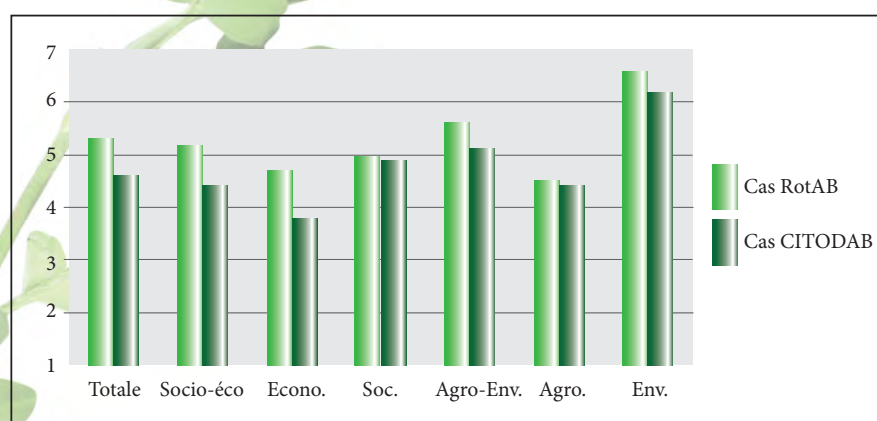
La **figure 8** fait apparaître une similitude dans la hiérarchie des notes affectées aux diverses dimensions de la durabilité analysées pour les deux jeux de cas. On constate :

- Durabilité Socio-économique < Durabilité Agro-Environnementale
- Durabilité Economique < Durabilité Sociale
- Durabilité Agronomique < Durabilité Environnementale

Pour l'ensemble des quatre dimensions la hiérarchie est :

**D. Economique ~ D. Agronomique < D. Sociale << D. Environnementale**

Figure 8 : Comparaison des notes moyennes de durabilité obtenues pour les jeux de cas RotAB et CITODAB (Midi-Pyrénées)



La durabilité économique est, tout comme la durabilité agronomique, la dimension de la durabilité qui est la moins bien notée pour les deux jeux de cas. Ceci est principalement lié à la rentabilité des systèmes de grandes cultures biologiques, très dépendante (i) du nombre de cultures rémunératrices dans les rotations, (ii) du niveau de production des cultures se succédant et (iii) du niveau des prix. La fluctuation de la production est particulièrement dommageable sur la rentabilité lorsque la production se situe à un niveau général très moyen, comme observé dans les situations non irriguées de plusieurs régions. Lorsque les prix des céréales biologiques

fléchissent comme ce fut le cas de 2003 à 2006, l'effet sur la rentabilité à court terme peut susciter des inquiétudes chez les agriculteurs. Dans un tel contexte, la dépendance aux aides s'accroît. De manière générale, l'autonomie procurée par les systèmes de culture apparaît généralement insuffisante sur l'ensemble des situations étudiées. Les exploitants qui se convertissent en agriculture biologique doivent compléter leur équipement matériel pour le contrôle des adventices (bineuse, herse étrille ou écrouteuse). Cependant, les niveaux d'investissement en équipements supplémentaires n'apparaissent pas susceptibles d'obérer la durabilité économique des exploitations, et ne constituent vraisemblablement pas un frein notable à la conversion.

L'acceptabilité sociale apparaît comme un point fort des systèmes de grandes cultures biologiques. Sur les aspects qui intéressent directement les agriculteurs (complexité de mise en œuvre, pénibilité du travail, risques pour la santé) les systèmes sont particulièrement bien notés. Du point de vue de la société, l'acceptabilité souffre cependant d'une faible contribution à l'emploi saisonnier (contrairement à d'autres systèmes de productions végétales biologiques). De plus, elle peut être impactée de manière défavorable par le niveau de la productivité surfacique comme ce fut le cas en Midi-Pyrénées sur la période considérée. Le constat ne doit cependant pas être généralisé. Pour les systèmes de culture d'Ile de France ou de la région Rhône-Alpes (irrigués), des niveaux de production élevés, comparés aux potentialités productives du milieu, sont rapportés par les experts locaux.

Notons que MASC-AB ne comporte pas d'indicateurs relatifs aux qualités technologiques ou sanitaires de la production. Le recours à de tels indicateurs aurait sans doute amoindri le diagnostic particulièrement positif d'acceptabilité sociale sur la production.

Le maintien du potentiel productif des parcelles soumises à la grande culture biologique sur le long terme (dimension agronomique) reste problématique. Le niveau d'insatisfaction et la hiérarchie des problèmes n'est pas la même selon les systèmes de culture :

- La maîtrise des adventices apparaît meilleure dans les systèmes de culture des régions Centre, IdF, PC et PdL que dans ceux de Midi-Pyrénées. L'explication tient à la présence (i) de rotations plus longues et plus diversifiées et (ii) de luzerne pour certaines d'entre elles. Malgré des désherbages mécaniques plus nombreux, les rotations biologiques de Midi-Pyrénées ne disposent pas des atouts précédents et restent plus exposées à des développements d'adventices dommageables aux cultures ;
- La maîtrise des bioagresseurs n'est pas le problème majeur des systèmes de grandes cultures biologiques, comme cela peut l'être pour d'autres systèmes de production végétaux biologiques (e.g. maraîchage, arboriculture fruitière, viticulture). En Midi-Pyrénées, la faible fréquence du pois et l'absence de colza dans les rotations étudiées donnent aux systèmes de culture un caractère peu sensible aux bioagresseurs, en particulier dans les situations non irriguées où le faible niveau d'intensification est un élément favorable supplémentaire ;
- Concernant la maîtrise de la fertilité du sol, la difficulté la plus commune concerne le maintien d'un état organique satisfaisant sur le long terme. La faiblesse des restitutions est la principale cause explicative, dans la mesure où celles-ci ne peuvent assurer sur le long terme des taux de matières organiques des sols jugés optimum, selon l'indicateur IMO d'INDIGO utilisé pour le diagnostic ;
- La qualité de gestion de l'azote, pour laquelle le degré de satisfaction des besoins des cultures non légumineuses tient une place importante, est meilleure dans les systèmes de culture des régions Centre, Ile-de-France, Pays de Loire, Poitou-Charentes et Rhône-Alpes que dans ceux de Midi-Pyrénées. Les causes sont diverses : (i) la présence de luzerne dans la rotation, (ii) des apports d'azote organique plus fréquents et/ou plus importants sur céréales, avec de meilleurs coefficients d'utilisation de l'azote par les cultures ; (iii) une meilleure contribution du sol aux fournitures en azote minéral ; (iv) des engrais verts plus

fréquents ...peuvent contribuer à expliquer les différences.

- La qualité de gestion du phosphore est meilleure dans les systèmes de culture des régions Centre, Ile-de-France, Pays de Loire, Poitou-Charentes et Rhône-Alpes que dans ceux de Midi-Pyrénées, du fait d'apports de matières phosphatées plus fréquents. Les raisons d'un comportement de type « minier » vis-à-vis de la fertilisation phosphatée des sols en Midi-Pyrénées restent à établir. Des travaux conduits en Aquitaine sur les pratiques de gestion du phosphore par les agriculteurs biologiques en fonction des disponibilités en matières fertilisantes dans l'environnement des exploitations pourront suggérer des éléments explicatifs (Nesme T., communication personnelle) ;
- Les seuls risques identifiés vis-à-vis de la fertilité potassique apparaissent dans les systèmes de culture hors Midi-Pyrénées, plus particulièrement ceux comportant de la luzerne et dont les exportations potassiques ne sont pas compensées par des apports de même niveau.

La préservation de l'environnement est la dimension de la durabilité la mieux assurée. Des réserves peuvent cependant être émises. Les systèmes analysés présentent une diversité certaine de niveau d'intensification, que celui-ci soit caractérisé (i) en terme technique (irrigation, fertilisation), (ii) à travers le niveau des charges opérationnelles et de mécanisation ou encore (iii) à partir de la consommation énergétique globale. MASC-AB fait ressortir que les systèmes les plus intensifiés présentent une durabilité environnementale un peu moindre, du fait essentiellement d'un usage plus important de ressources en eau ou en énergie. Le diagnostic d'impact sur la biodiversité est très favorable dans l'ensemble mais comme il ressort de la démarche d'appréciation simplifiée du modèle MASC d'origine, il convient de le nuancer. En effet, ce diagnostic s'appuie sur la prise en compte des facteurs d'impacts en privilégiant l'effet des pesticides et sans différencier les différentes formes de biodiversité (faune, flore). Une meilleure prise en compte d'autres facteurs d'impacts sur ces diverses formes, permettra de préciser le diagnostic et de mieux discriminer les systèmes de grandes cultures biologiques sur ce point.

## 4 - CONCLUSION

Les traits de forces et de faiblesses qui ressortent de la présente étude confirment et précisent les portraits de la grande culture biologique établis antérieurement par David (1999, 2009).

Le constat de l'existence de difficultés techniques sérieuses reste valable même si la hiérarchie des problèmes n'est pas la même dans toutes les situations.

Le caractère contraignant des conditions de marché sur le raisonnement agronomique se manifeste clairement sur la composition spécifique des rotations et sur le choix des itinéraires techniques.

Au niveau des causes profondes des défauts de durabilité, le caractère « spécialisé » des systèmes étudiés ne leur permet pas de bénéficier des complémentarités de services entre systèmes de culture et systèmes d'élevage, comme c'est le cas dans les exploitations de polyculture-élevage. Cependant, des rotations longues permettant de solutionner une partie des problèmes ont été mises au point par des agriculteurs et sont pratiquées avec succès. Elles présentent des gages de durabilité suffisants pour être portées à la connaissance des agriculteurs souhaitant se convertir dans des conditions similaires et servir de référence à la mise au point de systèmes encore plus performants.



## Financements

Le travail d'évaluation présenté a bénéficié du soutien financier de deux projets développés en parallèle sur la période 2007/2011 :

- RotAB, projet n°7055 d'innovation et de partenariat du Compte d'Affectation Spéciale du Développement Agricole et Rural – Ministère de l'Agriculture (Fontaine, 2009)
- CITODAB, projet relevant du PSDR 3 Midi-Pyrénées, financé à parité par l'INRA et la Région Midi-Pyrénées (Colomb & Gafsi, 2011 ; Glandières et al., 2008 )

## Remerciements

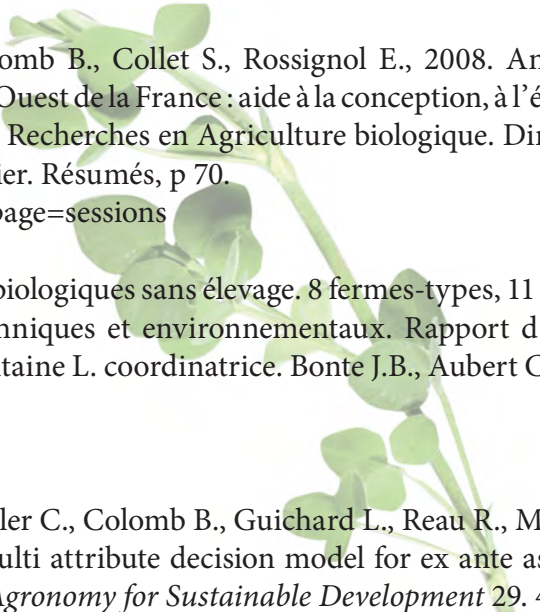
Le travail présenté doit beaucoup à un ensemble de contributeurs. Que tous soient ici remerciés pour leur investissement durable, leurs expertises ou leurs conseils.

**Professionnels** : J. Arino CA 32 ; S. Collet CA 31 ; C. Glachant CA 77 ; JP Gouraud Agrobio Poitou-Charentes; M. Haefliger BIOCIVAM 11 ; P. Morand CA 26 ; V. Moulin FDGEDA du Cher pour Bio Centre ; T. Quirin CA 86 ; M. Renan CRA Pays de Loire ; E. Rossignol CA 09 ; F. Celette ISARA Lyon ; F. Carpy-Goulard EIP Toulouse puis Agence de l'Eau Adour-Garonne.

**Stagiaires et CDD post-stage** : A. Pelletier stagiaire EIP/INRA UMR AGIR ; M. Blouin CDD (CITODAB) INRA UMR AGIR Toulouse ; D. Craheix stagiaire AGROCAMPUS OUEST/INRA UMR AGIR (RotAB) ; V. Edange stagiaire EIP/ UMR AGIR ; G. Huchet CDD Groupe ESA (RotAB) ; J.B. Bonte stagiaire ISA/ ARVALIS puis CDD ITAB (RotAB) ; M. Carpani CDD INRA UMR AGIR.



## BIBLIOGRAPHIE

- Agence BIO, 2011. Les productions biologiques en France et par régions. 65 pages.  
[http://www.agencebio.org/upload/pagesEdito/fichiers/BioFr\\_ChiffresCles2010.pdf](http://www.agencebio.org/upload/pagesEdito/fichiers/BioFr_ChiffresCles2010.pdf)
- Bohanec M., 2008. DEXi: Program for Multi-Attribute Decision Making. User's Manual. Version 3.00. Institut "Joseph Stefan", Ljubljana, Slovenija. 58 pages.  
<http://www-ai.ijs.si/MarkoBohanec/pub/DEXiManual30r.pdf>
- Bohanec M., Rajkovič V., 1999. Multi-attribute decision modeling: Industrial applications of DEX. *Informatica* 23, 487-491.
- Carof M. et al., 2011. A guideline for choosing the most appropriate method for multi-criteria assessment of agricultural systems according to decision-makers expectations. *In progress*.
- Colomb B., Glandières A., Carpy-Goulard F., Lecat N., Pelletier A., Prieur L., 2009. Analyse énergétique des systèmes de grandes cultures biologiques. Impact du niveau d'intensification. *Innovations Agronomiques* 4, 176-181.  
[http://www.inra.fr/ciag/revue\\_innovations\\_agronomiques/volume\\_4\\_janvier\\_2009](http://www.inra.fr/ciag/revue_innovations_agronomiques/volume_4_janvier_2009)
- David C., 1999. La spécialisation des systèmes céréaliers en Europe : origine et conséquences. In *L'agriculture face à son développement*. Allard D., David C. et Henning J., Editeurs. Les enjeux futurs. INRA Editions. 127-137.
- David C., 2009. Grandes cultures biologiques, des systèmes en équilibre instable. In *Transitions vers l'agriculture biologique*. Lamine C. et Bellon S., Coordinateurs. Editions Quae & Educagri. 129-141.
- 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>
- 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. Fontaine L. coordinatrice. Bonte J.B., Aubert C., Fourrié L., Colomb B. 132 pages.  
<http://www.itab.asso.fr>
- 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. *Agronomy for Sustainable Development* 29. 447-461.
- 

## ***Sites portant sur les projets de recherche et développement RotAB et CITODAB***

Aveline A., Carof M., 2009. Comment évaluer et concevoir des rotations répondant aux enjeux environnementaux et économiques de l'agriculture biologique ? Conception et évaluation des systèmes de culture à faible niveau d'intrant. Ecole Supérieure d'Agriculture d'Angers.  
<http://recherche.groupe-esa.com/article1119.html>

Colomb B., Gafsi M., 2011. Contribution des innovations techniques et organisationnelles à la durabilité de l'agriculture biologique. Le projet PSDR 3 Midi-Pyrénées. Institut National de la Recherche Agronomique Toulouse.  
<http://www4.inra.fr/psdr-midi-pyrenees/Projets-de-recherche/CITODAB>

David C., 2011. Unité de recherche sur les systèmes céréaliers biologiques. ISARA-Lyon.  
[http://www.isara.fr/rubrique.php3?id\\_rubrique=76](http://www.isara.fr/rubrique.php3?id_rubrique=76)

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>

## ***Sites d'information sur l'agriculture biologique dans les régions concernées par l'étude***

Centre :	<a href="http://www.bio-centre.org/">www.bio-centre.org/</a>
Ile-de-France :	<a href="http://www.bioiledefrance.fr/">www.bioiledefrance.fr/</a>
Midi-Pyrénées :	<a href="http://www.mp.chambagri.fr/-Agriculture-biologique-.html">www.mp.chambagri.fr/-Agriculture-biologique-.html</a>
Pays de Loire :	<a href="http://www.biopaysdelaloire.fr/">www.biopaysdelaloire.fr/</a>
Poitou-Charentes :	<a href="http://www.penser-bio.fr/">www.penser-bio.fr/</a>
Rhône-Alpes :	<a href="http://www.pep.chambagri.fr/bio/bio.html">www.pep.chambagri.fr/bio/bio.html</a> <a href="http://rhone-alpes.synagri.com/synagri/synagri.nsf">http://rhone-alpes.synagri.com/synagri/synagri.nsf</a>



## TABLE DES FIGURES, TABLEAUX ET ANNEXES

**Figure 1 - Page 12** : Le modèle MASC-AB dérive du modèle MASC par l'adjonction d'une branche d'évaluation de la durabilité agronomique distincte de la dimension environnementale et l'introduction d'un indicateur de productivité surfacique, inséré au niveau de l'acceptabilité sociale des systèmes de culture. Les nombres indiquent le poids de chaque critère soit par rapport à l'indicateur parental (Local) soit par rapport à l'indicateur racine de durabilité totale (Global).

**Figure 2 - Page 14** : Schéma d'évaluation simplifié par expertise qualitative du degré de maîtrise des adventices associée à un système de culture, implémenté sous la forme d'une arborescence DEXi.

**Figure 3 - Page 17** : Evolution du prix des céréales et protéagineux biologiques en Midi-Pyrénées, sur la décennie 1997 à 2007.

**Figure 4 - Page 24** : Distribution des valeurs des indicateurs de durabilité des 23 systèmes de cultures biologiques étudiés dans le cadre du projet RotAB.

**Figures 5 - Page 26** : Caractérisation quantitative des séquences culturales de Midi-Pyrénées analysées dans le cadre du projet CITODAB.

**Figures 6 - Pages 29-30-31**: Distributions des indicateurs de durabilité des séquences culturales de Midi-Pyrénées.

**Figures 7 - Pages 31-32-33** : Comparaison des indicateurs de durabilité des systèmes séquences culturales irrigués et non-irrigués en Midi-Pyrénées.

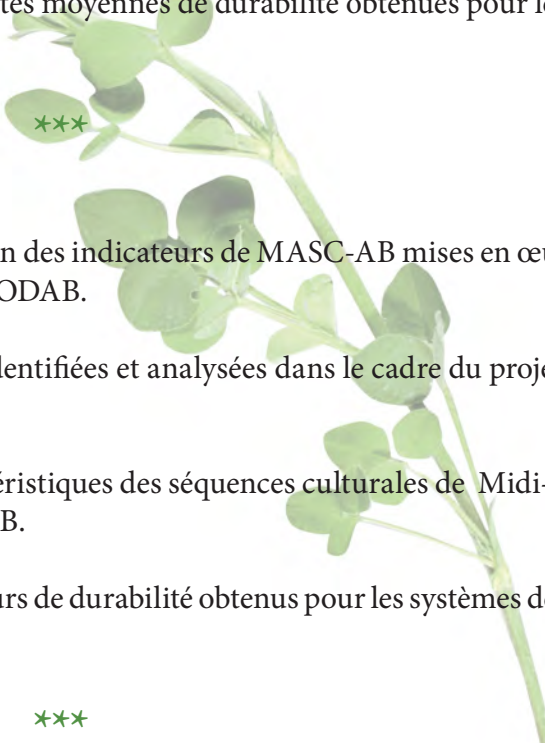
**Figures 8 - Page 35** : Comparaisons des notes moyennes de durabilité obtenues pour les jeux de cas RotAB et CITODAB (Midi-Pyrénées).

**Tableau 1 - Page 15** : Modalités d'évaluation des indicateurs de MASC-AB mises en œuvre dans le cadre des projets conjoints RotAB / CITODAB.

**Tableau 2 - Page 18** : Les rotations types identifiées et analysées dans le cadre du projet RotAB, en provenance de cinq régions de France.

**Tableau 3 - Page 19** : Description et caractéristiques des séquences culturales de Midi-Pyrénées analysées dans le cadre du projet CITODAB.

**Tableau 4 - Page 23** : Synthèse des indicateurs de durabilité obtenus pour les systèmes de cultures types du jeu de cas RotAB.



**Annexe 1 - Page 45** : Le modèle MASC-AB et de ces composantes fonctionnelles internes. Présentation à l'aide de la fonction « REPORT » de l'outil DEXI.

**Annexe 2 - Page 59** : Schémas d'évaluation simplifiée par expertise qualitative de divers indicateurs basiques du modèle MASC-AB, implémentés sous la forme d'une arborescence DEXi.

**Annexe 3 - Page 61** : Valeurs seuils utilisées pour la discrétisation des variables quantitatives engagées dans l'évaluation des indicateurs de l'arbre principal MASC-AB ou des arbres satellites associés.

**Annexe 4 - Page 67** : Résultats de l'évaluation qualitative réalisée à l'aide de MASC-AB pour les rotations types identifiées et analysées dans le cadre du projet RotAB, en provenance de cinq régions de France.

**Annexe 5 - Page 71** : Résultats de l'évaluation qualitative réalisée à l'aide de MASC-AB pour les séquences culturelles de Midi-Pyrénées analysées dans le cadre du projet CITODAB.



## **Annexe 1**

**Le modèle MASC-AB et ses composantes fonctionnelles internes. Présentation à l'aide de la fonction « REPORT » de l'outil DEXI**



**Model description**

MASC-OF: Version In progress juin 2010

MASC-AB\_V1-1

Le modèle MASC-AB a été conçu pour faciliter l'évaluation multicritère des systèmes de grandes cultures biologiques. Il peut être utilisé dans le cadre de diverses études à caractère exploratoire pour effectuer :

- des comparaisons de scénarios de systèmes de culture construits dans le cadre d'une étude scientifique (conception par prototype) ou élaborés à dire d'experts (évaluation ex-ante).

Dans les deux types d'utilisation, il s'agit de fournir un tri comparatif et argumenté de plusieurs systèmes de cultures évalués avec un même profil de performance.

Le modèle MASC-AB dérive du modèle MASC\_V1.0 (Schalek, et al., 2009). Il a été développé dans le cadre des projets PSDR 3 "CITODAB" et CASDAR "RotAB". La principale différence est l'ajout de critères de durabilité sociale et économique dans le cadre de l'évaluation. Le modèle MASC-AB est basé sur les principes de durabilité économique, sociale, l'inclusion d'un indicateur de productivité dans la durabilité "acceptabilité sociale". Au total MASC-AB regroupe 49 indicateurs répartis aux dimensions économique, sociale, agronomique et environnementale de la durabilité des systèmes de cultures. Les indicateurs sont organisés hiérarchiquement sur 6 niveaux à partir et y inclut l'indicateur de durabilité totale.

Le modèle d'évaluation qualitative établi avec le présent outil DEXI 3.02 repose sur la définition de fonctions d'utilité qui réalisent les agrégations des indicateurs à partir de règles de raisonnement qualitatif. Ces règles déterminent la pondération des indicateurs dans le processus d'agrégation, pour parvenir au diagnostic de durabilité totale. Les règles incorporées actuellement dans l'outil et les pondérations qui en découlent ne doivent pas être considérées comme normatives. Elles ont été établies à titre d'exemple et doivent être reconsidérées par les utilisateurs, en fonction des spécificités du projet d'évaluation et des préoccupations associées aux systèmes de culture à évaluer.

Le choix des modes de calcul ou d'évaluation par expertise dirigée, des indicateurs basiques est sous l'entière responsabilité de l'utilisateur ou du collectif d'utilisation. Aucun choix normatif concernant ces modes n'est associé à la présente version du modèle MASC-AB V1.1.

En aucun cas l'INRA et les partenaires associés à la conception de MASC-AB dans le cadre des projets PSDR "CITODAB" ou CASDAR "RotAB" ne peuvent être tenu responsables des évaluations faites par le modèle, que ce soit avec le paramétrage fourni à titre d'exemple (fonctions d'utilité) ou avec le paramétrage réalisé par l'utilisateur ou le collectif d'utilisation.

Octobre 2010

**DEXI**

MASC-AB\_V1-2|RotAB.GH.BC.JBB.dxi 16/03/2011

**Attribute tree**

Attribute	Description
<b>Durabilité Totale</b>	<b>Durabilité agro-environnementale et socio-économique</b>
↳ <b>Durabilité socio-économique</b>	DURECOSOC Durabilité socio-économique
↳ <b>Renabilité économique</b>	DURECO Renabilité (Marge Directe)
↳ <b>Autonomie économique</b>	MD Autonomie économique
↳ <b>Indépendance économique</b>	AUTECO Indépendance économique vis à vis des aides
↳ <b>Efficience technico-économique</b>	IND Efficience technico-économique
↳ <b>Besoin en équipement supplémentaire</b>	ETIP Besoin en équipement supplémentaire requis par le système de culture
↳ <b>Acceptabilité sociale</b>	ACSSOC Acceptabilité du système de culture pour l'agriculteur et la société
↳ <b>Acceptabilité par la société</b>	ACSSOCI Acceptabilité du système de culture pour la société
↳ <b>Contribution à l'emploi</b>	EMPJOB Contribution à l'emploi
↳ <b>Productivité surfacique</b>	ACPSUR Capacité du système de culture à produire des biens alimentaires ou non alimentaires
↳ <b>Agilité par rapport à l'agriculteur</b>	ACAGR Difficultés de mise en oeuvre de la production agricole
↳ <b>Agilité par rapport à la société</b>	DHJP Difficultés de mise en oeuvre de la production agricole
↳ <b>Renabilité du travail</b>	PEN Difficultés du travail requis par le système de culture
↳ <b>Complexité de mise en oeuvre</b>	CMO Complexité de mise en oeuvre
↳ <b>Risque de toxicité pour le travailleur</b>	TOX Risque de toxicité pour le travailleur
↳ <b>Durabilité agro-environnementale</b>	DURAGROENV Durabilité agro-environnementale
↳ <b>Durabilité agronomique</b>	DURAGRO Durabilité agronomique (maintien du potentiel de production)
↳ <b>Maitrise de la fertilité du sol</b>	FERTSOL Maitrise de la fertilité du sol
↳ <b>Qualité gestion des nutriments</b>	NUTRI Qualité de la gestion des nutriments N, P et K
↳ <b>Qualité gestion N</b>	NUTRIN Qualité de la gestion de N
↳ <b>Qualité gestion P</b>	NUTRIP Qualité de la gestion de P
↳ <b>Qualité gestion K</b>	NUTRIK Qualité de la gestion de K
↳ <b>Maitrise Statut organique</b>	MSTSOL Maitrise du statut organique du sol
↳ <b>Maitrise état structural du sol</b>	MSTATSOL Maitrise de l'état structural du sol
↳ <b>Maitrise des adventices</b>	MABAG Maitrise des adventices
↳ <b>Maitrise des bioagresseurs</b>	MBSAG Maitrise des bioagresseurs sur les cultures
↳ <b>Préservation Environnement</b>	PRESENV Préservation de la biodiversité, de la biodiversité, des ressources abiotiques
↳ <b>Préservation du milieu physique</b>	POEAU Préservation de la qualité de l'eau
↳ <b>Préservation Qualité Eau</b>	MPESEAU Maitrise des émissions de pesticides dans les eaux
↳ <b>Maitrise des émissions pesticides eau</b>	MNO3 Maitrise des émissions de nitrates dans les eaux
↳ <b>Maitrise des émissions nitrates</b>	MPH Maitrise des émissions de P dans les eaux
↳ <b>Préservation Qualité Sol</b>	PQSOL Préservation de la qualité des sols
↳ <b>Maitrise Erosion</b>	MERO Maitrise de l'érosion des sols
↳ <b>Maitrise Qualité Chimique Sol</b>	MQCSOL Maitrise de la qualité chimique du sol
↳ <b>Maitrise Statut organique</b>	MSTSORG Maitrise du statut organique du sol
↳ <b>Préservation Qualité Air</b>	PQAIR Préservation de la qualité de l'air
↳ <b>Maitrise émissions N2O</b>	MNEH Maitrise des risques d'émission de N2O dans l'air
↳ <b>Maitrise émissions N2</b>	MNEA Maitrise des risques d'émission de N2 dans l'air
↳ <b>Maitrise émissions Pesticides air</b>	MNEP Maitrise des risques d'émission de pesticides dans l'air
↳ <b>Préservation Qualité Sol</b>	PRESOIL Préservation de la biodiversité cultivée
↳ <b>Préservation Biodiversité cultivée</b>	PREBIOC Préservation de la biodiversité cultivée
↳ <b>Préservation Biodiversité non cultivée</b>	PREBNC Préservation de la biodiversité non cultivée
↳ <b>Préservation des ressources abiotiques</b>	PRESAB Préservation et valorisation des ressources eau, énergie, N et P
↳ <b>Préservation ressources énergétiques</b>	PRENER Préservation des ressources énergétiques
↳ <b>Préservation quantitative Eau</b>	PREAU Préservation quantitative des ressources en eau
↳ <b>Préservation des ressources en N et P</b>	PRNUTRI Préservation et Valorisation des ressources en N et P



**Contribution a l'emploi**

- EMP Contribution a l'emploi
1. **tres faible** EMP <= 10 jours
  2. **faible a moyenne** 10 jours < EMP <= 20 jours
  3. **moyenne a elevee** 20 jours < EMP <= 50 jours
  4. **tres elevee** EMP >= 50 jours

**Productivite surfacique**

- PROSUR Capacité du systeme de culture a produire des biens alimentaires ou non alimentaires

1. **tres faible**
2. **faible**
3. **moyenne**
4. **elevee**
5. **tres elevee**

**Acceptabilite par l'agriculteur**

- ACAGR Acceptabilite du systeme de culture pour l'agriculteur

1. **tres faible**
2. **faible**
3. **moyenne**
4. **elevee**
5. **tres elevee**

**Difficulte operationnelle**

- DIFOP Difficultes de mise en oeuvre et de conduite du systeme de culture

1. **tres elevee**
2. **moyenne a elevee**
3. **faible a moyenne**
4. **tres faible**

**Penibilite du travail**

- PEN Difficultes du travail requis par le systeme de culture

1. **elevee**
2. **moyenne**
3. **faible**

**Complexite de mise en oeuvre**

- CMO Complexite de mise en oeuvre

1. **elevee**
2. **moyenne**
3. **faible**

**Risque de toxicite pour le travailleur**

- TOX Risque de toxicite pour le travailleur

1. **elevee** TOX >= 1
2. **moyenne** 0.5 < TOX < 1
3. **faible** 0 < TOX < 0.5
4. **null** TOX = 0

**Durabilite agro-environnementale**

- DURAGROENY Durabilite agro-environnementale

1. **tres faible**
2. **faible**
3. **assez faible**
4. **moyenne**
5. **moyenne a elevee**
6. **elevee**
7. **tres elevee**

**Durabilite agronomique**

- DURAGRO Durabilite agronomique (maintien du potentiel de production)

1. **tres faible**
2. **faible**
3. **assez faible**
4. **moyenne**
5. **moyenne a elevee**
6. **elevee**
7. **tres elevee**

**Maitrise de la fertilité du sol**

- FERTSOL Maitrise de la fertilité du sol

1. **tres faible**
2. **faible**
3. **moyenne**
4. **elevee**

**Qualite gestion des nutriments**

- NUTRI Qualité de la gestion des nutriments N, P et K

1. **tres defavorable**
2. **defavorable**
3. **favorable**
4. **tres favorable**

**Qualite gestion N**

- NUTRIN Qualité de la gestion de N

1. **tres defavorable**
2. **defavorable**
3. **favorable**
4. **tres favorable**

**Qualite gestion P**

- NUTRIP Qualité de la gestion de P

1. **tres defavorable**
2. **defavorable**
3. **favorable**
4. **tres favorable**

**Qualite gestion K**

- NUTRIK Qualité de la gestion de K

1. **tres defavorable**
2. **defavorable**
3. **favorable**
4. **tres favorable**

**Maitrise Statut organique**

- MSTORG Maitrise du statut organique du sol

1. **tres faible**
2. **faible a moyenne**
3. **moyenne a elevee**
4. **tres elevee**

**Maitrise etat structural du sol**

- MSTSOL Maitrise de l'etat structural du sol

1. **tres faible**
2. **faible a moyenne**
3. **moyenne a elevee**
4. **tres elevee**

**Maitrise des adventices**

- MADV Maitrise des adventices

1. **tres faible**
2. **faible**
3. **moyenne**
4. **elevee**

**Maitrise des bioagresseurs**

- MBAGR Maitrise de la pression des bioagresseurs sur les cultures

1. **tres faible** IMB < 2.5
2. **faible** 2.5 <= IMB < 3.5
3. **moyenne** 3.5 <= IMB < 5
4. **elevee** IMB > 5

**Preservation Environnement**

- PRESENV Preservation du milieu physique, de la biodiversite, des ressources abiotiques

1. **tres faible**
2. **faible**
3. **assez faible**
4. **moyenne**
5. **moyenne a elevee**
6. **elevee**
7. **tres elevee**

**Preservation du milieu physique**

- PRESMIL Preservation de la qualite du milieu (sol, eau, air)

1. **tres faible**
2. **faible**
3. **moyenne**
4. **elevee**

**Preservation Qualite Eau**

- POEAU Preservation de la qualite de l'eau

1. **tres faible**
2. **faible a moyenne**
3. **moyenne a elevee**
4. **tres elevee**

**Maitrise des emissions pesticides eau**

- MPESEAU Maitrise des emissions de pesticides dans les eaux

1. **tres faible**
2. **faible a moyenne**
3. **moyenne a elevee**
4. **tres elevee**

**Maitrise des émissions nitrates**

- MN03 Maitrise des émissions de nitrates dans les eaux  
 1. **très faible** PNO < 4  
 2. **faible à moyenne** 4 <= PNO < 7  
 3. **moyenne à élevée** 7 <= PNO < 9  
 4. **très élevée** PNO >= 9

**Maitrise des émissions phosphore eau**

- MPIH Maitrise des émissions de P dans les eaux  
 1. **très faible**  
 2. **faible à moyenne**  
 3. **moyenne à élevée**  
 4. **très élevée**

**Preservation Qualité Sol**

- PQSOL Preservation de la qualité des sols  
 1. **très faible**  
 2. **faible à moyenne**  
 3. **moyenne à élevée**  
 4. **très élevée**

**Maitrise Erosion**

- MERO Maitrise de l'érosion des sols  
 1. **très faible**  
 2. **faible à moyenne**  
 3. **moyenne à élevée**  
 4. **très élevée**

**Maitrise Qualité Chimique Sol**

- MQCSOL Maitrise de la qualité chimique du sol  
 1. **très faible**  
 2. **faible à moyenne**  
 3. **moyenne à élevée**  
 4. **très élevée**

**Maitrise Statut organique**

- MSTORG Maitrise du statut organique du sol  
 1. **très faible**  
 2. **faible à moyenne**  
 3. **moyenne à élevée**  
 4. **très élevée**

**Preservation Qualité Air**

- POAIR Preservation de la qualité de l'air  
 1. **très faible**  
 2. **faible à moyenne**  
 3. **moyenne à élevée**  
 4. **très élevée**

**Maitrise émissions NH3**

- MNH3 Maitrise des risques d'émission de NH3 (volatilisation)  
 1. **très faible** INH3 moyen < 4  
 2. **faible à moyenne** 4 <= INH3 moyen < 7  
 3. **moyenne à élevée** 7 <= INH3 moyen < 9  
 4. **très élevée** INH3 moyen >= 9

**Maitrise émissions N2O**

- MN2O Maitrise des risques d'émission de N2O dans l'air  
 1. **très faible** IN2O moyen < 4  
 2. **faible à moyenne** 4 <= IN2O moyen < 7  
 3. **moyenne à élevée** 7 <= IN2O moyen < 9  
 4. **très élevée** IN2O moyen >= 9

**Maitrise émissions Pesticides air**

- MPESAIR Maitrise des risques d'émission de pesticides dans l'air  
 1. **très faible**  
 2. **faible à moyenne**  
 3. **moyenne à élevée**  
 4. **très élevée**

**Preservation de la biodiversité**

- PRESBIO Preservation de la biodiversité  
 1. **très faible**  
 2. **faible**  
 3. **moyenne**  
 4. **élevée**

**Preservation Biodiversité cultivée**

- PRBIOC Preservation de la biodiversité cultivée  
 1. **très faible**  
 2. **faible à moyenne**  
 3. **moyenne à élevée**  
 4. **très élevée**

**Preservation Biodiversité non cultivée**

- PRBIONC Preservation de la biodiversité non cultivée  
 1. **très faible**  
 2. **faible à moyenne**  
 3. **moyenne à élevée**  
 4. **très élevée**

**Preservation des ressources abiotiques**

- PRESAB Preservation et valorisation des ressources eau, énergie, N et P  
 1. **très faible**  
 2. **faible**  
 3. **moyenne**  
 4. **élevée**

**Preservation ressources énergétiques**

- PRENER Preservation des ressources énergétiques  
 1. **très faible**  
 2. **faible à moyenne**  
 3. **moyenne à élevée**  
 4. **très élevée**

**Preservation quantitative Eau**

- PREAU Preservation quantitative des ressources en eau  
 1. **très faible**  
 2. **faible à moyenne**  
 3. **moyenne à élevée**  
 4. **très élevée**

**Preservation des ressources en N et P**

- PRNUTRI Preservation et Valorisation des ressources en N et P  
 1. **très faible**  
 2. **faible à moyenne**  
 3. **moyenne à élevée**  
 4. **très élevée**

DEXI

Tables

Durabilité socio-économique, Durabilité agro-environnementale, Durabilité Totale

	50%
1	très faible
2	très faible
3	assez faible
4	très faible
5	très faible
6	très faible
7	très faible
8	faible
9	faible
10	assez faible
11	faible
12	faible
13	faible
14	faible
15	assez faible
16	assez faible
17	assez faible
18	assez faible
19	assez faible
20	assez faible
21	assez faible
22	très faible
23	très faible
24	faible
25	assez faible
26	faible
27	assez élevée
28	assez élevée
29	très élevée
30	très élevée
31	assez faible
32	faible
33	faible
34	assez élevée
35	assez élevée
36	très faible
37	faible
38	assez faible
39	faible
40	assez élevée
41	assez élevée
42	très élevée
43	très élevée
44	très élevée
45	très élevée
46	très élevée
47	très élevée
48	très élevée
49	très élevée

DEXI

Tables

Durabilité économique, Acceptabilité sociale, Durabilité socio-économique

	50%
1	très faible
2	très faible
3	très faible
4	très faible
5	très faible
6	très faible
7	très faible
8	faible
9	faible
10	assez faible
11	faible
12	faible
13	faible
14	faible
15	assez faible
16	assez faible
17	assez faible
18	assez faible
19	assez faible
20	assez faible
21	assez faible
22	très faible
23	très faible
24	faible
25	assez faible
26	faible
27	assez élevée
28	assez élevée
29	très élevée
30	très élevée
31	assez faible
32	faible
33	faible
34	assez élevée
35	assez élevée
36	très faible
37	faible
38	assez faible
39	faible
40	assez élevée
41	assez élevée
42	très élevée
43	très élevée
44	très élevée
45	très élevée
46	très élevée
47	très élevée
48	très élevée
49	très élevée

DEXI

Rentabilité Autonomie économique. Besoin en équipement supplémentaire. Durabilité économique

	67%	23%	10%	10%
1	très faible	très faible	très faible	très faible
2	très faible	très faible	très faible	très faible
3	très faible	très faible	très faible	très faible
4	très faible	très faible	très faible	très faible
5	très faible	très faible	très faible	très faible
6	très faible	très faible	très faible	très faible
7	très faible	très faible	très faible	très faible
8	très faible	très faible	très faible	très faible
9	très faible	très faible	très faible	très faible
10	très faible	très faible	très faible	très faible
11	très faible	très faible	très faible	très faible
12	très faible	très faible	très faible	très faible
13	très faible	très faible	très faible	très faible
14	très faible	très faible	très faible	très faible
15	très faible	très faible	très faible	très faible
16	très faible	très faible	très faible	très faible
17	très faible	très faible	très faible	très faible
18	très faible	très faible	très faible	très faible
19	très faible	très faible	très faible	très faible
20	très faible	très faible	très faible	très faible
21	très faible	très faible	très faible	très faible
22	très faible	très faible	très faible	très faible
23	très faible	très faible	très faible	très faible
24	très faible	très faible	très faible	très faible
25	très faible	très faible	très faible	très faible
26	très faible	très faible	très faible	très faible
27	très faible	très faible	très faible	très faible
28	très faible	très faible	très faible	très faible
29	très faible	très faible	très faible	très faible
30	très faible	très faible	très faible	très faible
31	très faible	très faible	très faible	très faible
32	très faible	très faible	très faible	très faible
33	très faible	très faible	très faible	très faible
34	très faible	très faible	très faible	très faible
35	très faible	très faible	très faible	très faible
36	très faible	très faible	très faible	très faible
37	très faible	très faible	très faible	très faible
38	très faible	très faible	très faible	très faible
39	très faible	très faible	très faible	très faible
40	très faible	très faible	très faible	très faible
41	très faible	très faible	très faible	très faible
42	très faible	très faible	très faible	très faible
43	très faible	très faible	très faible	très faible
44	très faible	très faible	très faible	très faible
45	très faible	très faible	très faible	très faible
46	très faible	très faible	très faible	très faible
47	très faible	très faible	très faible	très faible
48	très faible	très faible	très faible	très faible
49	très faible	très faible	très faible	très faible
50	très faible	très faible	très faible	très faible
51	très faible	très faible	très faible	très faible
52	très faible	très faible	très faible	très faible
53	très faible	très faible	très faible	très faible
54	très faible	très faible	très faible	très faible
55	très faible	très faible	très faible	très faible
56	très faible	très faible	très faible	très faible
57	très faible	très faible	très faible	très faible
58	très faible	très faible	très faible	très faible
59	très faible	très faible	très faible	très faible
60	très faible	très faible	très faible	très faible
61	très faible	très faible	très faible	très faible
62	très faible	très faible	très faible	très faible
63	très faible	très faible	très faible	très faible
64	très faible	très faible	très faible	très faible

Indépendance économique. Efficience technico-économique. Autonomie économique

	50%	50%
1	faible	très faible
2	faible	faible
3	faible	faible
4	très faible	faible
5	très faible	faible
6	très faible	faible
7	très faible	faible
8	très faible	faible
9	très faible	faible

Acceptabilité par la société. Acceptabilité par l'agriculteur. Acceptabilité sociale

	51%	49%
1	très faible	très faible
2	très faible	très faible
3	très faible	très faible
4	très faible	très faible
5	très faible	très faible
6	très faible	très faible
7	très faible	très faible
8	très faible	très faible
9	très faible	très faible
10	très faible	très faible
11	très faible	très faible
12	très faible	très faible
13	très faible	très faible
14	très faible	très faible
15	très faible	très faible
16	très faible	très faible
17	très faible	très faible
18	très faible	très faible
19	très faible	très faible
20	très faible	très faible
21	très faible	très faible
22	très faible	très faible
23	très faible	très faible
24	très faible	très faible

Contribution à l'emploi. Productivité sur factique. Acceptabilité par la société

	45%	55%
1	très faible	très faible
2	très faible	très faible
3	très faible	très faible
4	très faible	très faible
5	très faible	très faible
6	très faible	très faible
7	très faible	très faible
8	très faible	très faible
9	très faible	très faible
10	très faible	très faible
11	très faible	très faible
12	très faible	très faible
13	très faible	très faible
14	très faible	très faible
15	très faible	très faible
16	très faible	très faible
17	très faible	très faible
18	très faible	très faible
19	très faible	très faible
20	très faible	très faible

Difficulté opérationnelle. Risque de toxicité pour le travailleur. Acceptabilité par l'agriculteur

	61%	39%
1	très élevée	élevée
2	très élevée	élevée
3	très élevée	élevée
4	très élevée	élevée
5	très élevée	élevée
6	très élevée	élevée
7	très élevée	élevée
8	très élevée	élevée
9	très élevée	élevée
10	très élevée	élevée
11	très élevée	élevée
12	très élevée	élevée
13	très élevée	élevée
14	très élevée	élevée
15	très élevée	élevée
16	très élevée	élevée
17	très élevée	élevée
18	très élevée	élevée
19	très élevée	élevée
20	très élevée	élevée

Perilite du travail. Complexité de mise en oeuvre. Difficulté opérationnelle

	65%	35%
1	très élevée	très élevée
2	très élevée	très élevée
3	très élevée	très élevée
4	très élevée	très élevée
5	très élevée	très élevée
6	très élevée	très élevée
7	très élevée	très élevée
8	très élevée	très élevée
9	très élevée	très élevée

DEXI

DEXI

Durabilité agronomique, Préservation Environnement, Durabilité agro-environnementale

	50%
1	très faible
2	faible
3	assez faible
4	moyenne
5	assez élevée
6	très élevée
7	très faible
8	faible
9	assez faible
10	faible
11	moyenne
12	assez élevée
13	faible
14	très élevée
15	assez faible
16	faible
17	assez faible
18	moyenne
19	assez faible
20	assez élevée
21	très élevée
22	faible
23	très faible
24	faible
25	moyenne
26	assez élevée
27	très élevée
28	très faible
29	faible
30	assez élevée
31	assez faible
32	moyenne
33	assez élevée
34	très élevée
35	très élevée
36	très faible
37	faible
38	assez faible
39	moyenne
40	assez élevée
41	très élevée
42	très élevée
43	très faible
44	faible
45	moyenne
46	assez élevée
47	très élevée
48	très élevée
49	très élevée

Maitrise des adventices, Maitrise des bioagresseurs, Durabilité agronomique

	42%	34%	25%
1	très faible	très faible	très faible
2	très faible	très faible	très faible
3	très faible	moyenne	faible
4	très faible	très faible	très faible
5	très faible	faible	très faible
6	très faible	faible	très faible
7	très faible	faible	faible
8	très faible	faible	assez faible
9	très faible	moyenne	faible
10	très faible	faible	faible
11	très faible	moyenne	assez faible
12	très faible	moyenne	très faible
13	très faible	très faible	assez faible
14	très faible	faible	très faible
15	très faible	moyenne	moyenne
16	très faible	très faible	assez élevée
17	faible	très faible	très faible
18	faible	faible	faible
19	faible	moyenne	assez faible
20	faible	très faible	assez faible
21	faible	faible	faible
22	faible	faible	assez faible
23	faible	faible	assez faible
24	faible	faible	moyenne
25	faible	très faible	assez faible
26	faible	faible	moyenne
27	faible	moyenne	moyenne
28	faible	moyenne	très faible
29	faible	très faible	moyenne
30	faible	faible	très faible
31	faible	moyenne	assez élevée
32	faible	très faible	très faible
33	moyenne	très faible	faible
34	moyenne	très faible	assez faible
35	moyenne	moyenne	moyenne
36	moyenne	très faible	très faible
37	moyenne	faible	très faible
38	moyenne	faible	faible
39	moyenne	faible	moyenne
40	moyenne	faible	très faible
41	moyenne	très faible	très faible
42	moyenne	faible	très faible
43	moyenne	moyenne	très faible
44	moyenne	moyenne	très faible
45	moyenne	très faible	très faible
46	moyenne	très faible	très faible
47	moyenne	très faible	très faible
48	moyenne	très faible	très faible
49	moyenne	très faible	très faible
50	moyenne	très faible	très faible
51	moyenne	très faible	très faible
52	moyenne	très faible	très faible
53	moyenne	très faible	très faible
54	moyenne	très faible	très faible
55	moyenne	très faible	très faible
56	moyenne	très faible	très faible
57	moyenne	très faible	très faible
58	moyenne	très faible	très faible
59	moyenne	très faible	très faible
60	moyenne	très faible	très faible
61	moyenne	très faible	très faible
62	moyenne	très faible	très faible
63	moyenne	très faible	très faible
64	moyenne	très faible	très faible



40%  
Préservation du milieu physique

Préservation de la biodiversité	Préservation des ressources abiotiques	Préservation Environnement
1	très faible	très faible
2	très faible	faible
3	très faible	moyenne
4	très faible	assez faible
5	très faible	très faible
6	très faible	faible
7	très faible	moyenne
8	très faible	assez faible
9	très faible	très faible
10	très faible	faible
11	très faible	assez faible
12	très faible	moyenne
13	très faible	assez faible
14	très faible	assez faible
15	très faible	moyenne
16	très faible	assez élevée
17	très faible	très faible
18	très faible	faible
19	très faible	assez faible
20	très faible	moyenne
21	très faible	très faible
22	très faible	faible
23	très faible	moyenne
24	très faible	assez élevée
25	très faible	faible
26	très faible	assez faible
27	très faible	moyenne
28	très faible	assez élevée
29	très faible	assez faible
30	très faible	moyenne
31	très faible	assez élevée
32	très faible	très faible
33	moyenne	très faible
34	moyenne	faible
35	moyenne	moyenne
36	moyenne	assez élevée
37	moyenne	faible
38	moyenne	moyenne
39	moyenne	assez élevée
40	moyenne	faible
41	moyenne	moyenne
42	moyenne	assez élevée
43	moyenne	moyenne
44	moyenne	très élevée
45	moyenne	très faible
46	moyenne	faible
47	moyenne	assez élevée
48	moyenne	très élevée
49	très faible	très faible
50	très faible	faible
51	très faible	moyenne
52	très faible	assez élevée
53	très faible	très faible
54	très faible	faible
55	très faible	assez élevée
56	très faible	très élevée
57	moyenne	assez élevée
58	moyenne	faible
59	moyenne	très élevée
60	moyenne	très élevée
61	très faible	assez élevée
62	très faible	très faible
63	très faible	moyenne
64	très faible	très élevée

33%  
Préservation Qualite Eau

Préservation Qualite Sol	Préservation Qualite Air	Préservation du milieu physique
1	très faible	très faible
2	très faible	très faible
3	très faible	faible
4	très faible	très faible
5	très faible	très faible
6	très faible	très faible
7	très faible	très faible
8	très faible	très faible
9	très faible	très faible
10	très faible	très faible
11	très faible	très faible
12	très faible	très faible
13	très faible	très faible
14	très faible	très faible
15	très faible	très faible
16	très faible	très faible
17	très faible	très faible
18	très faible	très faible
19	très faible	très faible
20	très faible	très faible
21	très faible	très faible
22	très faible	très faible
23	très faible	très faible
24	très faible	très faible
25	très faible	très faible
26	très faible	très faible
27	très faible	très faible
28	très faible	très faible
29	très faible	très faible
30	très faible	très faible
31	très faible	très faible
32	très faible	très faible
33	moyenne à élevée	très faible
34	moyenne à élevée	très faible
35	moyenne à élevée	très faible
36	moyenne à élevée	très faible
37	moyenne à élevée	très faible
38	moyenne à élevée	très faible
39	moyenne à élevée	très faible
40	moyenne à élevée	très faible
41	moyenne à élevée	très faible
42	moyenne à élevée	très faible
43	moyenne à élevée	très faible
44	moyenne à élevée	très faible
45	moyenne à élevée	très faible
46	moyenne à élevée	très faible
47	moyenne à élevée	très faible
48	moyenne à élevée	très faible
49	très élevée	très faible
50	très élevée	très faible
51	très élevée	très faible
52	très élevée	très faible
53	très élevée	très faible
54	très élevée	très faible
55	très élevée	très faible
56	très élevée	très faible
57	très élevée	très faible
58	très élevée	très faible
59	très élevée	très faible
60	très élevée	très faible
61	très élevée	très faible
62	très élevée	très faible
63	très élevée	très faible
64	très élevée	très faible

Matrises des émissions pesticides eau. Matrises des émissions phosphore eau. Preservation Qualite Eau

Table with 3 columns: Item number (1-64), Qualitative assessment (e.g., tres faible, moyenne a elevee), and Quantitative assessment (e.g., 33%, 33%).

Matrises Erosion. Matrises Qualite Chimique Sol. Matrises Statut organique. Preservation Qualite Sol

Table with 3 columns: Item number (1-64), Qualitative assessment (e.g., tres faible, moyenne a elevee), and Quantitative assessment (e.g., 33%, 33%).



DE XI

Average weights	Local	Global
<b>Attributs</b>		
<b>Durabilité Totale</b>		
<b>Durabilité socio-économique</b>		50
Durabilité économique	50	25
Renabilité	67	17
<b>Autonomie économique</b>	23	6
Indépendance économique	50	3
Efficience technico-économique	50	3
Besoin en équipement supplémentaire	10	2
<b>Acceptabilité sociale</b>	50	25
Acceptabilité par la société	51	13
Contribution à l'emploi	45	6
Production surcote	45	7
<b>Acceptabilité par l'agriculteur</b>	45	12
Difficulté	61	8
Portabilité du travail	63	5
Complexité de mise en oeuvre	37	3
Risque de toxicité pour le travailleur	39	5
<b>Durabilité agro-environnementale</b>	50	50
<b>Durabilité agronomique</b>	50	25
Maîtrise de la fertilité du sol	42	10
Qualité gestion des nutriments	38	4
Qualité gestion N	44	2
Qualité gestion P	35	1
Qualité gestion K	21	1
<b>Maîtrise Statut organique</b>	33	3
Maîtrise état structural du sol	28	3
Maîtrise des adventices	28	8
Maîtrise des agressions	25	6
<b>Préservation Eau et Climat</b>	50	25
Préservation du milieu physique	40	10
Préservation Qualité Eau	33	3
Maîtrise des émissions pesticides eau	33	1
Maîtrise des émissions nitrates	33	1
Maîtrise des émissions phosphore eau	33	1
Préservation Qualité Sol	33	3
Maîtrise Erosion	33	1
Maîtrise Qualité Chimique Sol	33	1
Maîtrise Statut organique	33	1
Préservation Qualité Air	33	3
Maîtrise émissions NH3	33	1
Maîtrise émissions N2O	33	1
Maîtrise émissions Pesticides air	33	1
Préservation Qualité Biodiversité	23	6
Préservation Biodiversité culture	50	3
Préservation Biodiversité non cultivée	50	3
<b>Préservation des ressources abiotiques</b>	37	9
Préservation ressources énergétiques	33	3
Préservation quantitative Eau	33	3
Préservation des ressources en N et P	33	3



## Annexe 2

**Schémas d'évaluation simplifiée par expertise qualitative de divers indicateurs basiques du modèle MASC-AB, implémentés sous la forme d'une arborescence DEXi**



Attribute	Scale	Local
<b>Maîtrise des émissions pesticides eaux</b>		
↳ Maîtrise des émissions de pesticides eaux superficielles	<b>tres faible</b> ; faible a moyenne; moyenne a elevee; <b>tres elevee</b>	50
↳ Maîtrise des émissions de pesticides eaux profondes	<b>tres faible</b> ; faible a moyenne; moyenne a elevee; <b>tres elevee</b>	50

Attribute	Scale	Local
<b>Maîtrise des émissions de phosphore dans les eaux de surface</b>	<b>tres faible</b> ; <b>faible a moyenne</b> ; moyenne a elevee; <b>tres elevee</b>	
<b>Maîtrise de l'erosion hydrique</b>	<b>tres faible</b> ; <b>faible a moyenne</b> ; moyenne a elevee; <b>tres elevee</b>	
↳ Sensibilité du milieu	<b>tres elevee</b> ; elevee; moyenne; <b>faible</b>	50
↳ Sensibilité a la battance	elevee; moyenne; <b>faible</b>	56
↳ Frequence et intensite des episodés pluvieux	<b>faible</b> ; moyenne; <b>faible</b>	28
<b>Infiltrabilité</b>	<b>faible</b> ; moyenne; <b>elevee</b>	16
↳ Hydromorphie	<b>forte</b> ; moyenne; <b>faible</b>	57
↳ Drainage	<b>peu efficace</b> ; moyerment efficace; <b>tres efficace</b>	43
<b>Risque topographique</b>	<b>eleve</b> ; moyen; <b>faible</b>	29
↳ Pente	elevee; moyenne; <b>faible</b>	57
↳ Longueur de pente	elevee; moyenne; <b>faible</b>	43
<b>Effet anthropique sur le risque erosion</b>	<b>tres eleve</b> ; <b>eleve</b> ; moyen; <b>faible</b>	52
↳ Effet couvrant des cultures en periode critique	<b>nuil</b> ; <b>faible</b> ; moyen; <b>eleve</b>	24
↳ Interventions culturales favorisant l'erosion	elevee; moyenne; <b>faible</b>	48
<b>Connectivite au resseau hydrographique</b>	<b>forte</b> ; moyenne; <b>faible</b>	27
↳ Type de connexion	<b>rapide</b> ; lente; <b>tres lente</b>	71
<b>Concentration en P du flux erosif</b>	<b>peu efficace</b> ; moyerment efficace; <b>tres efficace</b>	29
↳ Dispositif tampon	<b>tres forte</b> ; <b>forte</b> ; moyenne; <b>faible</b>	22
↳ Classe de fertilité P	elevee; moyenne; <b>faible</b>	67
↳ Apport de P en periode critique	<b>frequent</b> ; peu frequent; <b>rare</b>	33

Attribute	Scale	Local
<b>Maîtrise de l'erosion</b>	<b>tres faible</b> ; faible a moyenne; moyenne a elevee; <b>tres elevee</b>	
↳ Risque topographique	<b>eleve</b> ; moyen; <b>faible</b>	34
↳ Inclinaison de la pente	<b>forte</b> ; moyenne; <b>faible</b>	50
↳ Longueur de la pente	elevee; moyenne; <b>faible</b>	50
<b>Sensibilité du milieu</b>	<b>tres elevee</b> ; <b>elevee</b> ; moyenne; <b>faible</b>	33
↳ Stabilité structurale du sol	<b>faible</b> ; moyenne; <b>elevee</b>	50
↳ Frequence et intensite des episodés pluvieux	<b>forte</b> ; moyenne; <b>faibles</b>	50
<b>Effet anthropique</b>	<b>tres eleve</b> ; <b>eleve</b> ; moyen; <b>faible</b>	33
↳ Effet couvrant des cultures en periode critique	<b>nuil</b> ; <b>faible</b> ; moyen; <b>eleve</b>	52
↳ Interventions culturales favorisant l'erosion	elevee; moyenne; <b>faible</b>	48

Attribute	Scale	Local
<b>Preservation ressources energetiques</b>	<b>tres faible</b> ; <b>faible a moyenne</b> ; moyenne a elevee; <b>tres elevee</b>	
↳ Consommation en ressources energetiques	<b>tres elevee</b> ; elevee a moyenne; moyenne a faible; <b>tres faible</b>	50
<b>Efficience energetique</b>	<b>tres faible</b> ; <b>faible a moyenne</b> ; moyenne a elevee; <b>tres elevee</b>	50
↳ Production energetique	<b>tres faible</b> ; <b>faible a moyenne</b> ; moyenne a elevee; <b>tres elevee</b>	50
↳ Consommation en ressources energetiques	<b>tres elevee</b> ; elevee a moyenne; moyenne a faible; <b>tres faible</b>	50

Attribute	Scale	Local
<b>Preservation quantitative Eau</b>	<b>tres faible</b> ; <b>faible a moyenne</b> ; moyenne a elevee; <b>tres elevee</b>	
↳ Demande en eau des cultures	<b>elevee</b> ; moyenne; <b>faible</b> ; <b>nuil</b>	52
↳ Autonomie de la ressource	<b>faible</b> ; moyenne; elevee; <b>maximale</b>	48
↳ Consommation d'eau en periode critique	<b>elevee</b> ; moyenne; <b>faible</b>	52

Attribute	Scale	Local
<b>Preservation des ressources en nutriments N et P</b>	<b>tres faible</b> ; <b>faible a moyenne</b> ; moyenne a elevee; <b>tres elevee</b>	
↳ Preservation et valorisation des ressources P	<b>tres faible</b> ; <b>faible a moyenne</b> ; moyenne a elevee; <b>tres elevee</b>	50
↳ Valorisation P provenant Produits residuels organiques	<b>tres faible</b> ; <b>faible a moyenne</b> ; moyenne a elevee; <b>tres elevee</b>	50
↳ Valorisation N provenant Produits residuels organiques	<b>tres faible</b> ; <b>faible a moyenne</b> ; moyenne a elevee; <b>tres elevee</b>	50

Attribute	Scale	Local
<b>Pénibilité du travail</b>	<b>elevee</b> ; moyenne; <b>faible</b>	
↳ Difficulté physique	<b>elevee</b> ; moyenne; <b>faible</b>	50
↳ Nb d'heures de travail	<b>eleve</b> ; moyen; <b>faible</b>	50

Attribute	Scale	Local
<b>Complexité de mise en oeuvre</b>	<b>elevee</b> ; moyenne; <b>faible</b>	
↳ Complexité des cultures	<b>elevee</b> ; moyenne; <b>faible</b>	50
↳ Nb d'opérations culturales spécifiques	<b>eleve</b> ; moyen; <b>faible</b>	50

Attribute	Scale	Local
<b>Qualité gestion N</b>	<b>tres defavorable</b> ; <b>defavorable</b> ; favorable; <b>tres favorable</b>	
↳ Satisfaction besoins N cultures	<b>tres defavorable</b> ; <b>defavorable</b> ; favorable; <b>tres favorable</b>	61
<b>Impact sur la fertilité N</b>	<b>tres defavorable</b> ; <b>defavorable</b> ; favorable; <b>tres favorable</b>	27
↳ C/N moyen des residus	<b>tres eleve</b> ; eleve; moyen; <b>faible</b>	44
↳ Indicateur IMO d'Indigo	<b>tres defavorable</b> ; <b>defavorable</b> ; <b>acceptable</b>	56
↳ Autonomie N	<b>faible</b> ; moyenne; <b>elevee</b>	12

Attribute	Scale	Local
<b>Qualité gestion P</b>	<b>tres defavorable</b> ; <b>defavorable</b> ; favorable; <b>tres favorable</b>	
↳ Satisfaction besoins P cultures	<b>tres defavorable</b> ; defavorable; favorable	52
<b>Impact sur fertilité P</b>	<b>tres defavorable</b> ; <b>defavorable</b> ; favorable; <b>tres favorable</b>	37
↳ Etat de fertilité initial en P	<b>faible</b> ; moyen; <b>eleve</b>	59
<b>Bilan et recyclage interne de P</b>	<b>tres deficiente</b> ; equilibre; <b>excedentaire</b>	18
↳ Bilan annuel moyen de P	<b>deficiente</b> ; deficiente; equilibre; excedentaire; <b>tres excedentaire</b>	59
↳ Recyclage interne du P	<b>faible</b> ; moyen; <b>eleve</b>	41
↳ Pouvoir tampon P du sol	<b>faible</b> ; moyen; <b>eleve</b>	24
↳ Autonomie P	<b>faible</b> ; moyenne; <b>elevee</b>	11

Attribute	Scale	Local
<b>Qualité gestion K</b>	<b>tres defavorable</b> ; <b>defavorable</b> ; favorable; <b>tres favorable</b>	
↳ Satisfaction besoins K cultures	<b>tres insatisfaisant</b> ; insatisfaisant; <b>setsatisfaisant</b>	57
<b>Impact sur fertilité K</b>	<b>tres defavorable</b> ; <b>defavorable</b> ; favorable; <b>tres favorable</b>	29
↳ Etat de fertilité initial en K	<b>faible</b> ; moyen; <b>eleve</b>	30
<b>Bilan et recyclage interne de K</b>	<b>deficiente</b> ; equilibre; <b>excedentaire</b>	64
↳ Bilan annuel moyen de K	<b>tres deficiente</b> ; deficiente; equilibre; excedentaire; <b>tres excedentaire</b>	59
↳ Recyclage interne du K	<b>faible</b> ; moyen; <b>eleve</b>	41
↳ Pouvoir tampon K du sol	<b>faible</b> ; moyen; <b>eleve</b>	6
↳ Autonomie K	<b>faible</b> ; moyenne; <b>elevee</b>	14

Attribute	Scale	Local
<b>Maîtrise de l'état structural du sol</b>	<b>tres faible</b> ; <b>faible a moyenne</b> ; moyenne a elevee; <b>tres elevee</b>	
↳ Résistance du sol a la destruction	<b>faible</b> ; moyenne; <b>elevee</b>	53
<b>Effet des interventions culturales</b>	<b>defavorable</b> ; moyerment favorable; <b>favorable</b>	36
↳ Nb de passage en periode critique	<b>eleve</b> ; moyen; <b>faible</b>	70
↳ Effet des Equipements limitant le tassement	<b>faible</b> ; moyen; <b>eleve</b>	13
↳ Effet restructurant du travail du sol	<b>absence</b> ; presence	17
↳ Effet des cultures sur l'état structural du sol	<b>defavorable</b> ; neutre; favorable; <b>tres favorable</b>	11

Attribute	Scale	Local
<b>Maîtrise des adventices</b>	<b>tres faible</b> ; <b>faible</b> ; moyenne; <b>elevee</b>	
<b>Etat initial adventice</b>	<b>tres defavorable</b> ; <b>defavorable</b> ; favorable; <b>tres favorable</b>	25
↳ Niveau enherbement vivaces	<b>eleve</b> ; moyen; <b>faible</b>	67
↳ Niveau enherbement annuelles a probleme	<b>eleve</b> ; moyen; <b>faible</b>	33
<b>Pression sur adventices</b>	<b>tres faible</b> ; <b>faible</b> ; moyenne; <b>elevee</b>	75
↳ Principe d'alternance	<b>faible</b> ; moyen; <b>eleve</b>	21
<b>Caractere nettoyant des cultures</b>	<b>tres faible</b> ; <b>faible</b> ; moyen; <b>eleve</b>	44
↳ Pouvoir concurrentiel	<b>tres faible</b> ; <b>faible</b> ; moyen; <b>eleve</b>	52
↳ Contrôle physique en culture	<b>tres faible</b> ; <b>faible</b> ; moyen; <b>eleve</b>	48
<b>Caractere nettoyant des intercultures</b>	<b>faible</b> ; moyen; <b>eleve</b>	35
↳ Contrôle physique hors culture	<b>faible</b> ; moyen; <b>eleve</b>	50
↳ Effet nettoyant des cultures intermediaires	<b>faible</b> ; moyen; <b>eleve</b>	50

## Annexe 3

**Valeurs seuils utilisées pour la discrétisation des variables quantitatives engagées dans l'évaluation des indicateurs de l'arbre MASC-AB ou des arbres satellites associés**



### Durabilité économique

.. Rentabilité

Marge directe	Qualificatif
250€ <	Très faible
200€ à 500€	Faible
500€ à 750€	Moyenne
> 750€	Élevée

.. Autonomie économique  
 .. Indépendance économique

Indépendance économique (IND)	Qualificatif
IND ≥ 3	faible
1 ≤ IND < 3	moyenne
IND < 1	élevée

.. Efficience technico économique

< 0,5	Faible
< 0,75	Moyen
> 0,75	élevé

.. Besoin en équipement sup

Besoin en matériel (ESUP)	Qualificatif
ESUP ≤ 10 %	faible
10 < ESUP ≤ 25 %	moyen
25 < ESUP ≤ 50 %	élevée
ESUP > 50 %	très élevé

### Acceptabilité sociale

.. Acceptabilité par la société  
 .. Contribution à l'emploi

Contribution à l'emploi (EMP)	Qualificatif
EMP ≤ 10 jours	très faible
10 < EMP ≤ 20 jours	faible à moyenne
20 < EMP ≤ 50 jours	moyenne à élevée
> 50 jours (représente un employé à quart temps)	très élevée

.. Productivité surfacique

Productivité (PROD)	Qualificatif
PROD < 3	très faible
3 ≤ PROD < 5	faible
5 ≤ PROD < 7	moyen
7 ≤ PROD < 9	élevé
PROD ≥ 9	très élevé

.. Acceptabilité par l'agriculteur  
 .. Difficultés op  
 .. Pénibilité du travail  
 .. Difficulté physique

Difficulté physique (DIFF)	Qualificatif
0 ≤ DIFF < 2	faible
2 ≤ DIFF < 4	moyenne
4 ≤ DIFF < 6	élevée

.. Nb d'heures de travail

Nb d'heures de travail (HTRAV)	Qualificatif
HTRAV ≤ 4 h	faible
4 < HTRAV ≤ 8 h	moyen
HTRAV > 8 h	élevé

.. Complexité de mise en œuvre  
 .. Complexité des cultures

Complexité des cultures (CDC)	Qualificatif
CDC < 1,5	faible
1,5 ≤ CDC < 1,8	moyenne
CDC ≥ 1,8	élevée

.. Nb d'op. culturales spécifiques

Nb opérations culturales spécifique au SDC (OPE)	Qualificatif
OPE < 1	faible
1 ≤ OPE < 2	moyen
OPE ≥ 2	élevé

.. Risque de toxicité

Risque de toxicité (TOX)	Qualificatif
TOX = 0	nul
0 < TOX < 0,5	faible
0,5 ≤ TOX < 1	moyen
TOX ≥ 1	élevé

### Durabilité agronomique

.. Maitrise de la fertilité du sol  
 .. Qualité de gestion des nutriments  
 .. Qualité de gestion de l'N

Satisfaction des besoins en N des cultures (DSN)	Qualificatif
DSN ≥ 85%	favorable
70 % ≤ DSN = 85%	défavorable
DSN < 70%	très défavorable

C/N moyen des résidus organiques	Qualitatif
C/N < 50	faible
50 ≤ C/N < 60	moyen
60 ≤ C/N < 70	élevé
C/N ≥ 70	très élevé

valeurs IMO	Qualitatif
IMO > 7	acceptable
4 ≤ IMO ≤ 7	défavorable
IMO < 4	très défavorable

Autonomie en N des cultures (AC)	Qualitatif
AC ≥ 80%	élevée
70 % ≤ AC < 80%	moyenne
AC < 70%	faible

...Qualité de gestion du P

Degré de satisfaction moyen des cultures (DSP)	Qualitatif
DSP ≥ 7	favorable
5 ≤ DSP < 7	défavorable
DSP < 5	très défavorable

Bilan cultural annuel moyen (kg de P2O5 par hectare)	Qualitatif
BCa < -30	très faible
-30 ≤ BCa < -10	faible
-10 ≤ BCa < +10	équilibré
+10 ≤ BCa < +30	excédentaire
+30 ≤ BCa	très excédentaire

Recyclage interne (RI) (kg de P2O5 par hectare)	Qualitatif
RI < 20	faible
20 ≤ RI < 40	moyen
RI ≥ 40	élevé

P exogène utilisé	Qualitatif d'Autonomie
Pexo ≥ 30	faible
15 ≤ Pexo < 30	moyenne
Pexo < 15	élevé

... Qualité de gestion du K

Degré de satisfaction moyen des cultures (DSK)	Qualitatif
DSK ≥ 7	favorable
5 ≤ DSK < 7	défavorable
DSK < 5	très défavorable

Bilan cultural annuel moyen (kg de K <sub>2</sub> O/ha)	Qualitatif
BCa < -50	très faible
-50 ≤ BCa < -20	faible
-20 ≤ BCa < +20	équilibré
+20 ≤ BCa < +50	excédentaire
+50 ≤ BCa	très excédentaire

Recyclage interne (RI) (kg de K <sub>2</sub> O par hectare)	Qualitatif
RI < 50	faible
50 ≤ RI < 100	moyen
RI ≥ 100	élevé

Texture	Pouvoir tampon
Sable, Limon sableux	faible
Limon léger, limon moyen avec K échangeable faible	faible
Limon léger, limon moyen	moyen
Limon argileux, Limon argilo-sableux	élevé

K exogène utilisé	Qualitatif d'Autonomie
Kexo < 30	élevé
30 ≤ Kexo < 60	moyenne
Kexo ≥ 60	faible

.. Maitrise du statut organique

Valeurs seuils sur I <sub>MO</sub>	Valeurs de MSTORG
I <sub>MO</sub> ≥ 9	très élevée
7 ≤ I <sub>MO</sub> < 9	moyenne à élevée
4 ≤ I <sub>MO</sub> < 7	faible à moyenne
I <sub>MO</sub> < 4	très faible

.. Maitrise de l'état structural du sol

Résistance du sol à la destruction	Qualitatif
Argilo-calcaire, sable, alluvions	élevée
Limon-argileux, Argilo-limoneux	moyenne
Limons blancs et limons	faible

Nombre de passage en période critique (NPC)	Qualitatif
NPC ≥ 3	élevé
1.5 ≤ NPC < 3	moyen
NPC < 1.5	faible

Equipement limitant le tassement	Qualitatif
Absence d'équipement limitant le tassement	faible
Pneus semi-basse pression	moyen
Jumelage	élevé

Effet restructurant du travail du sol		Qualitatif
Absence ou travail profond réalisé moins d' 1 an /3		absence
Labour ou travail profond (décompactage) au moins 1 an/3		présence

Effet des cultures sur la structure du sol (ECS)	Score
ECS < 0	défavorable
ECS = 0	neutre
0 < ECS < 1	favorable
ECS ≥ 1	très favorable

#### Maitrise des adventices

Indice du pouvoir concurrentiel des cultures (IC)	Qualitatif
IC > 1	élevé
0 < IC ≤ 1	moyen
-1 < IC ≤ 0	faible
IC < -1	très faible

Contrôle physique des adventices (IP)	Qualitatif
IP ≥ 5	élevé
5 > IP ≥ 3	moyen
3 > IP ≥ 1	faible
IP < 1	très faible

#### Maitrise des bioagresseurs

Valeurs seuils de INE	Qualitatif de MBAGR
INE ≤ 3,5	élevée
3,5 < INE ≤ 5	moyenne
5 < INE ≤ 8	faible
INE > 8	très faible

#### Préservation de l'environnement

- Préservation du milieu physique
- Préservation de la qualité de l'eau
- Maitrise des émissions de pesticides

I-PHY sans pesticides au versus annuel	(I-PHY) <sub>SA</sub> sans pesticides (I) <sub>max</sub>	Valeurs de MPEP
I-PHY sans pesticides > 3	(I-PHY) <sub>SA</sub> sans pesticides (I) <sub>max</sub> > 0,7	très faible
I-PHY sans pesticides > 3	(I-PHY) <sub>SA</sub> sans pesticides (I) <sub>max</sub> ≤ 0,7	faible à moyenne
0,7 > I-PHY sans pesticides ≤ 3	(I-PHY) <sub>SA</sub> sans pesticides (I) <sub>max</sub> > 0,3	faible à moyenne
0,7 > I-PHY sans pesticides ≤ 3	(I-PHY) <sub>SA</sub> sans pesticides (I) <sub>max</sub> ≤ 0,3	moyenne à élevée
I-PHY sans pesticides ≤ 0,7	(I-PHY) <sub>SA</sub> sans pesticides (I) <sub>max</sub> > 0,3	moyenne à élevée
I-PHY sans pesticides ≤ 0,7	(I-PHY) <sub>SA</sub> sans pesticides (I) <sub>max</sub> ≤ 0,3	très élevée

#### Maitrise des émissions de nitrates

Valeurs seuils pour I <sub>NO3</sub> moyen annuel	Valeurs de MNO3
I <sub>NO3</sub> ≥ 9	très élevée
7 ≤ I <sub>NO3</sub> < 9	élevée à moyenne
4 ≤ I <sub>NO3</sub> < 7	moyenne à faible
I <sub>NO3</sub> < 4	très faible

- Préservation de la qualité du sol
- Maitrise de l'érosion

Inclinaison de la pente (IP)	Qualitatif
IP > 7 %	élevée
2 % ≤ IP ≤ 7 %	moyenne
IP < 2 %	faible

Longueur de la pente (LP)	Qualitatif
LP > 100 m	élevée
50 m ≤ LP ≤ 100 m	moyenne
LP < 50 m	faible

Stabilité structurale du sol (SSS)	Qualitatif
sol battant	faible
sol peu battant	moyenne
sol non battant	élevée

Période critique	Hiver	Printemps
Sol nu ou plante sarclée	1	2
Sol couvert (culture, mulch, résidus...)	0	0

Effet couvrant des cultures (ECC)	Qualitatif
ECC = 0	élevé
0 < ECC < 1	moyen
1 < ECC ≤ 1,5	faible
ECC > 1,5	ml

Interventions culturales à considérer	Notation
Au moins une intervention conduisant à l'amendement du sol par cycle cultural	1
Irrigation intensive	1
Semis dans le sens de la pente	2

Interventions culturales favorisant l'érosion (ICFE)	Qualitatif
ICFE > 2	élevée
0 < ICFE ≤ 2	moyenne
ICFE = 0	faible

Préservation quantitative de l'eau

Demande en eau des cultures (DMEA)	Qualitatif
DMEA > 750 mm/ha/an	élevée
300 mm/ha/an ≤ DMEA ≤ 750 mm/ha/an	moyenne
DMEA < 300 mm/ha/an	faible

Demande en eau des cultures (DMEA)	Qualitatif
Système fourrager dominant (luzerne, ou luzerne + dactyle, ou trèfle violet + céréales)	élevée
Système mixte (Cultures d'été et d'hiver ou EV)	moyenne
Système de culture d'été pure	faible

Autonomie de la ressource (AUTEA)	Qualitatif
AUTEA ≥ 0 %	maximale
0 % < AUTEA ≤ 15 %	élevée
15 % < AUTEA ≤ 25 %	moyenne
AUTEA > 25 %	faible

Consommation d'eau en période critique (IRRC)	Qualitatif
IRRC > 350 mm	élevée
250 mm ≤ IRRC ≤ 350 mm	moyenne
IRRC < 250 mm	faible

Préservation des ressources en N et P

Préservation P provenant de gisement naturels (PHOGIS)	Qualitatif
PHOGIS = 0 kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /ha/an	très élevée
0 kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /ha/an < PHOGIS ≤ 15 kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /ha/an	moyenne à élevée
15 kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /ha/an < PHOGIS ≤ 30 kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /ha/an	faible à moyenne
PHOGIS > 30 kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /ha/an	très faible

Valorisation P provenant des PRO (PHOPRO)	Qualitatif
PHOPRO = 0 kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /ha/an	très faible
0 kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /ha/an < PHOPRO ≤ 15 kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /ha/an	faible à moyenne
15 kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /ha/an < PHOPRO ≤ 30 kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /ha/an	moyenne à élevée
PHOPRO > 30 kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /ha/an	très élevée

Maitrise du statut organique

Valeurs seuils sur I <sub>100</sub>	Valeurs de M <sub>STORG</sub>
I <sub>100</sub> ≥ 9	très élevée
7 ≤ I <sub>100</sub> < 9	moyenne à élevée
4 ≤ I <sub>100</sub> < 7	faible à moyenne
I <sub>100</sub> < 4	très faible

Préservation qualité de l'air  
Maitrise émissions NH<sub>3</sub>

Valeurs seuils sur I <sub>NH3</sub> moyen annuel	Valeur de M <sub>NH3</sub>
I <sub>NH3</sub> ≥ 9	très élevée
7 ≤ I <sub>NH3</sub> < 9	élevée à moyenne
4 ≤ I <sub>NH3</sub> < 7	moyenne à faible
I <sub>NH3</sub> < 4	très faible

Maitrise émissions N<sub>2</sub>O

Valeurs seuils sur I <sub>N2O</sub> moyen annuel	Valeur de M <sub>N2O</sub>
I <sub>N2O</sub> ≥ 9	très élevée
7 ≤ I <sub>N2O</sub> < 9	élevée à moyenne
4 ≤ I <sub>N2O</sub> < 7	moyenne à faible
I <sub>N2O</sub> < 4	très faible

Maitrise des émissions pesticides air

I-PHY <sub>air</sub> moyen annuel	(I-PHY <sub>sa ar</sub> ) <sub>max</sub>	Qualitatif pour MPESAIR
I-PHY <sub>air</sub> moyen annuel > 3	(I-PHY <sub>sa ar</sub> ) <sub>max</sub> > 0,7	très faible
0,7 > I-PHY <sub>air</sub> moyen annuel > 3	(I-PHY <sub>sa ar</sub> ) <sub>max</sub> ≤ 0,7	faible à moyenne
0,7 > I-PHY <sub>air</sub> moyen annuel ≤ 3	(I-PHY <sub>sa ar</sub> ) <sub>max</sub> > 0,3	faible à moyenne
0,7 > I-PHY <sub>air</sub> moyen annuel ≤ 3	(I-PHY <sub>sa ar</sub> ) <sub>max</sub> ≤ 0,3	moyenne à élevée
I-PHY <sub>air</sub> moyen annuel ≤ 0,7	(I-PHY <sub>sa ar</sub> ) <sub>max</sub> > 0,3	moyenne à élevée
I-PHY <sub>air</sub> moyen annuel ≤ 0,7	(I-PHY <sub>sa ar</sub> ) <sub>max</sub> ≤ 0,3	très élevée

Préservation des ressources abiotiques  
Préservation des ressources énergétiques

Consommation en ressource énergétique (CRENER)	Qualitatif
CRENER > 13 000 MJ/ha/an	très élevée
10 000 MJ/ha/an ≤ CRENER ≤ 13 000 MJ/ha/an	moyenne à élevée
7 000 MJ/ha/an ≤ CRENER ≤ 10 000 MJ/ha/an	faible à moyenne
CRENER < 7 000 MJ/ha/an	très faible

Production énergétique (PROENER)	Qualitatif
PROENER > 60 000 MJ/ha/an	très élevée
45 000 MJ/ha/an < PROENER ≤ 60 000 MJ/ha/an	moyenne à élevée
30 000 MJ/ha/an ≤ PROENER < 45 000 MJ/ha/an	faible à moyenne
PROENER < 30 000 MJ/ha/an	très faible



## **Annexe 4**

**Résultats de l'évaluation qualitative réalisée à l'aide de MASC-AB pour les systèmes de culture « types » identifiés et analysés dans le cadre du projet RotAB, en provenance de cinq régions de France**









## Annexe 5

**Résultats de l'évaluation qualitative réalisée à l'aide de MASC-AB pour les systèmes de culture « réels » de Midi-Pyrénées analysés dans le cadre du projet CITODAB**

















**Dans le cadre du Programme de recherche Pour et Sur le Développement Régional (PSDR3) en Midi-Pyrénées, le projet CITODAB bénéficie du soutien financier de :**



*Plus d'informations : [www.inra.fr/psdr-midi-pyrenees.fr](http://www.inra.fr/psdr-midi-pyrenees.fr)*



**Le Programme RotAB bénéficie du soutien financier de :**



*Plus d'informations : [www.itab.asso.fr](http://www.itab.asso.fr)*