

ENFA
Formation Enseignants BTS Agronomie

Evaluation de la contribution au développement durable des systèmes de cultures.

Approche multicritère avec le modèle MASC

Bruno Colomb. UMR AGIR INRA Auzeville
colomb@toulouse.inra.fr

30 mars 2012



Plan de l'intervention

- Introduction
- Le modèle et outil MASC
 - Présentation générale du modèle
 - Fonctionnalités de l'outil (démonstration rapide)
 - Illustration de la diversité des indicateurs
- Un exemple d'application à l'évaluation de systèmes de culture biologiques
- Ouverture d'une discussion :
 - Apport de MASC pour l'évaluation des SDC par les conseillers agricoles

Introduction

- Les SDC sont des systèmes socio-techniques complexes auxquels sont affectés des objectifs et des contraintes parfois contradictoires, relevant des différents domaines de contribution au DD
- Leurs finalités et contraintes sont en évolution permanente sous l'effet de diverses forces motrices à l'œuvre à diverses échelles dans les contextes locaux et englobant.
- Il convient de vérifier l'adéquation de leur performances à celles qui sont attendues, donc de procéder à leur évaluation afin d'identifier :
 - Les traits de forces et de faiblesses qui les caractérisent ici et maintenant
 - Les leviers d'amélioration, par mise en relation des performances et des pratiques , et des opportunités de changement.

Diversité des méthodes d'évaluation des systèmes agricoles

Groupe 1 : Les méthodes qui s'intéressent aux différentes dimensions de la durabilité,

Groupe 2 : Les méthodes centrées sur la dimension environnementale de la durabilité à l'échelle de la parcelle et/ou de l'exploitation,

Groupe 3 : Les méthodes centrées sur la dimension environnementale, mais à l'échelle d'un produit, d'une filière ou d'un segment de filière de production,

Groupe 4 : Les méthodes à l'échelle du territoire.

Méthodes	Groupe 1	Groupe 2	Groupe 3	Groupe 4
ACV: SALCA			X	
ADAMA	X			
AQUAPLAINE		X		
Charte de l'agriculture Paysanne	X			
DAEG		X		
DIAGE		X		
DIALECTE		X		
DIALOGUE		X		
IDEA	X			
INDIGO		X		
L'arbre de l'agriculture durable	X			
MASC	X			
Méthode Réseau Agriculture Durable	X			
PLANETE		X		
Indicateurs OTPA				X

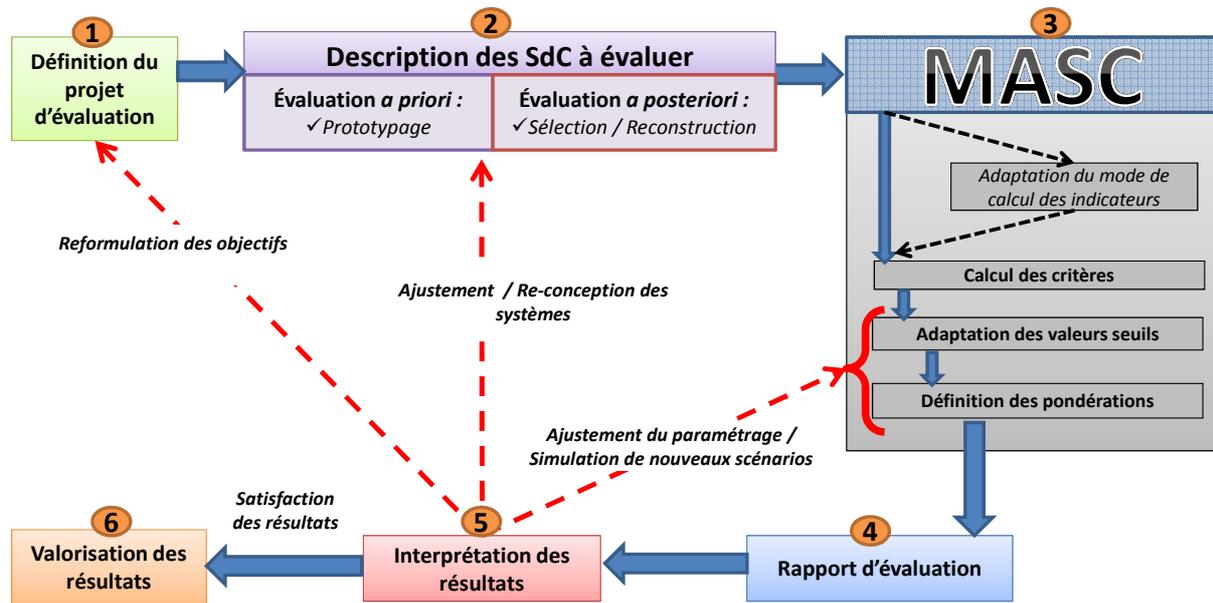
Spécificités de MASC

- Une AIDE à l'**évaluation intégrée** de la contribution des SDC au Développement durable.
- Délivre un ensemble organisé de **jugements** sur le degré de satisfaction des objectifs de durabilité assignés aux systèmes de culture, dans les différents domaines économique, social, et agro-environnemental considérés.
- Offre une **décomposition originale, simplifiée** de la contribution au DD applicable à tous les SDC, cohérente avec l'échelle d'approche visée et les préoccupations des parties prenantes.
- Offre un dispositif de spécification du **système de préférence** qui permet de porter les jugements recherchés (seuillage, pondération des indicateurs).
- Effectue une **agrégation totale** des indicateurs sous la forme d'un indicateur unique, permettant de classer et de comparer les SDC de manière argumentée conformément au système de préférence validé par les utilisateurs.
- Méthode non normative quant aux modes de calcul des indicateurs de base

Démarche de conception & d'évaluation de SDC Rappel des grandes étapes

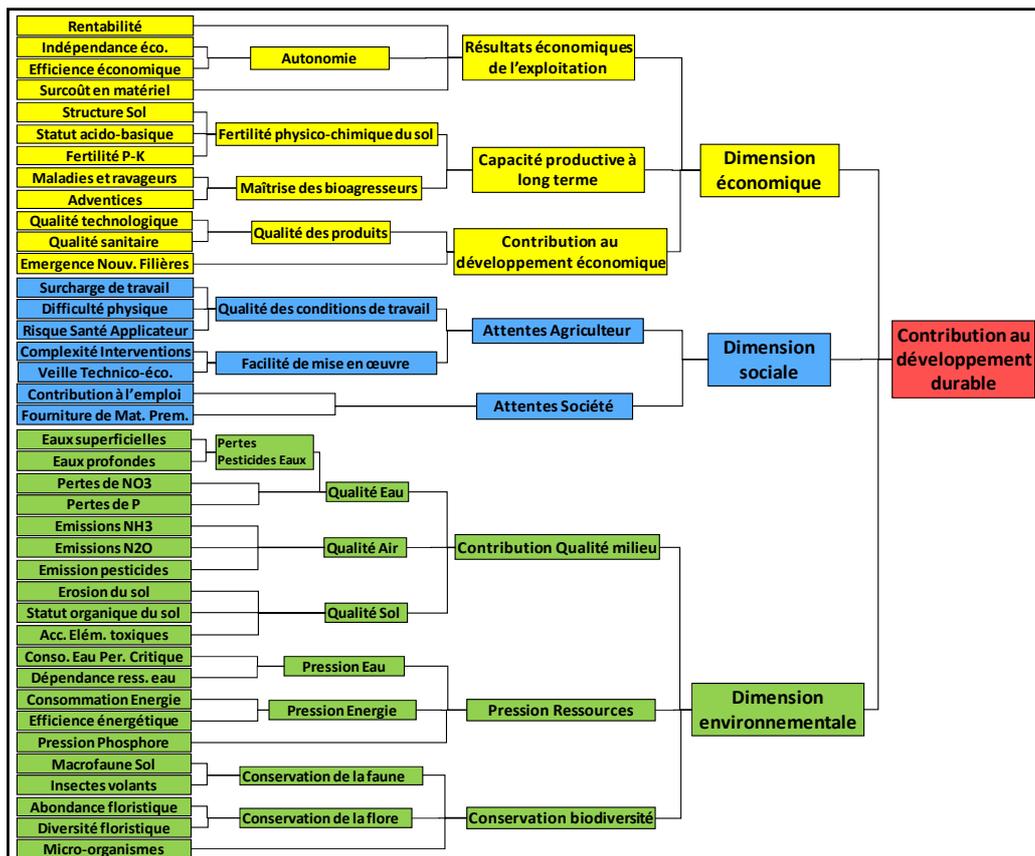
1. La formulation du problème d'évaluation (objet, préoccupations, budget, méthode, construction du collectif de W.)
2. Le choix des SDC existant à évaluer, et/ou la mise au point descriptive des SDC alternatifs + description des systèmes existants de références
3. Le choix du modèle d'évaluation, son adaptation, paramétrage et calibrage.
4. Réalisation de l'évaluation des SDC et rédaction d'un rapport d'évaluation, rassemblant les W préparatoires et les sorties obtenues avec le modèle
5. Analyse des résultats avec les décideurs. Repérage des SDC d'intérêt, comparaison argumentée des profils de performance
6. Valorisation du W d'évaluation : promotion, mise en expérimentation en fermes pilotes, en réseau expérimental

Démarche de conception & d'évaluation de SdC



Le modèle MASC

Vue d'ensemble du modèle MASC



Diversité des modes d'évaluation des indicateurs

- Les indicateurs de « *jugements* » sont obtenus par mise en œuvre :
 - D'une démarche calculatoire formelle pour obtenir un critère quantitatif, suivie d'une discrétisation pour obtenir une classe de jugement
 - Exemple approche de la « Rentabilité » à partir de la Marge Semi-Nette

$$MSN = [\sum_i (PB_i + SA_i - CO_i - CM_i)] / n$$

- D'une démarche d'expertise dirigée, mobilisant les connaissances du collectif d'évaluation sur des facteurs de diagnostic jugés pertinents:

Maitrise des maladies et ravageurs

- Effet de la diversité des familles cultivées
- Effet du travail du sol (Gestion des résidus)
- Effet des méthodes de lutte

- D'une démarche mixte, combinant calcul + discrétisation et expertise

L'agrégation des indicateurs de jugements

- L'agrégation progressive des indicateurs depuis les plus basiques jusqu'à l'indicateur synthétique de contribution au DD repose sur l'utilisation de règles de raisonnement qualitative.

SI Fourniture de matière première = **moyenne à élevée** ET SI Contribution à l'emploi = **très faible**

ALORS Satisfaction des attentes de la société = faible à moyenne.

- Les diverses règles permettant d'obtenir la valeur d'un indicateur agrégé sont tabulées et constituent une « fonction d'utilité »

	Contribution a l'emploi	Fourniture de matieres premieres	Satisfaction des attentes de la societe
1	tres faible	tres faible	tres faible
2	tres faible	faible a moyenne	tres faible
3	tres faible	moyenne a elevee	faible a moyenne
4	tres faible	tres elevee	faible a moyenne
5	faible a moyenne	tres faible	tres faible
6	faible a moyenne	faible a moyenne	faible a moyenne
7	faible a moyenne	moyenne a elevee	moyenne a elevee
8	faible a moyenne	tres elevee	moyenne a elevee
9	moyenne a elevee	tres faible	faible a moyenne
10	moyenne a elevee	faible a moyenne	moyenne a elevee
11	moyenne a elevee	moyenne a elevee	moyenne a elevee
12	moyenne a elevee	tres elevee	tres elevee
13	tres elevee	tres faible	faible a moyenne
14	tres elevee	faible a moyenne	moyenne a elevee
15	tres elevee	moyenne a elevee	tres elevee
16	tres elevee	tres elevee	tres elevee

L'agrégation des indicateurs de jugements

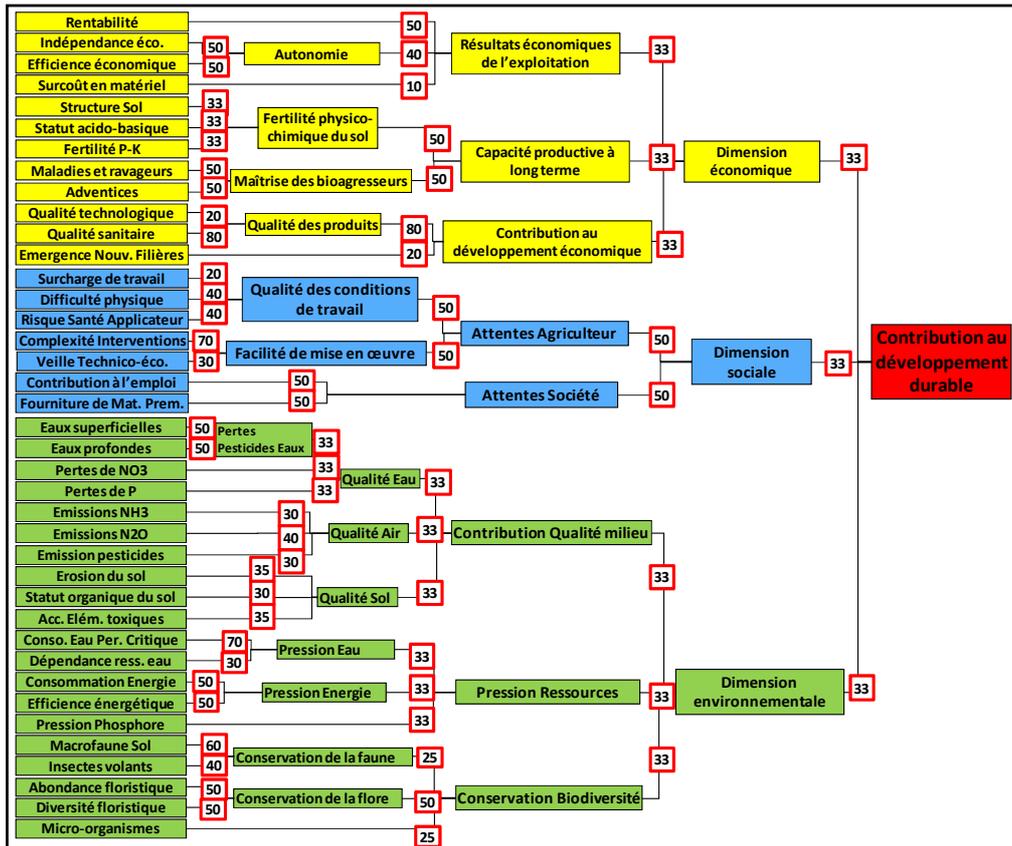
L'usage de table de contingence facilite la définition des règles d'agrégation de manière consensuelle.

Critère à agréger n°1 (poids = 33%)	Critère à agréger n°2 (poids = 33%)	Critère à agréger n°3 (poids = 33%)			
		Très faible (1)	Faible à moyen (2)	Moyen à élevé (3)	Très élevé (4)
Très Faible (1)	Très faible (1)	3	4	5	6
	Faible à moyen (2)	4	5	6	7
	Moyen à élevé (3)	5	6	7	8
	Très élevé (4)	6	7	8	9
Faible à moyen (2)	Très faible (1)	4	5	6	7
	Faible à moyen (2)	5	6	7	8
	Moyen à élevé (3)	6	7	8	9
	Très élevé (4)	7	8	9	10
Moyen à élevé (3)	Très faible (1)	5	6	7	8
	Faible à moyen (2)	6	7	8	9
	Moyen à élevé (3)	7	8	9	10
	Très élevé (4)	8	9	10	11
Très élevé (4)	Très faible (1)	6	7	8	9
	Faible à moyen (2)	7	8	9	10
	Moyen à élevé (3)	8	9	10	11
	Très élevé (4)	9	10	11	12

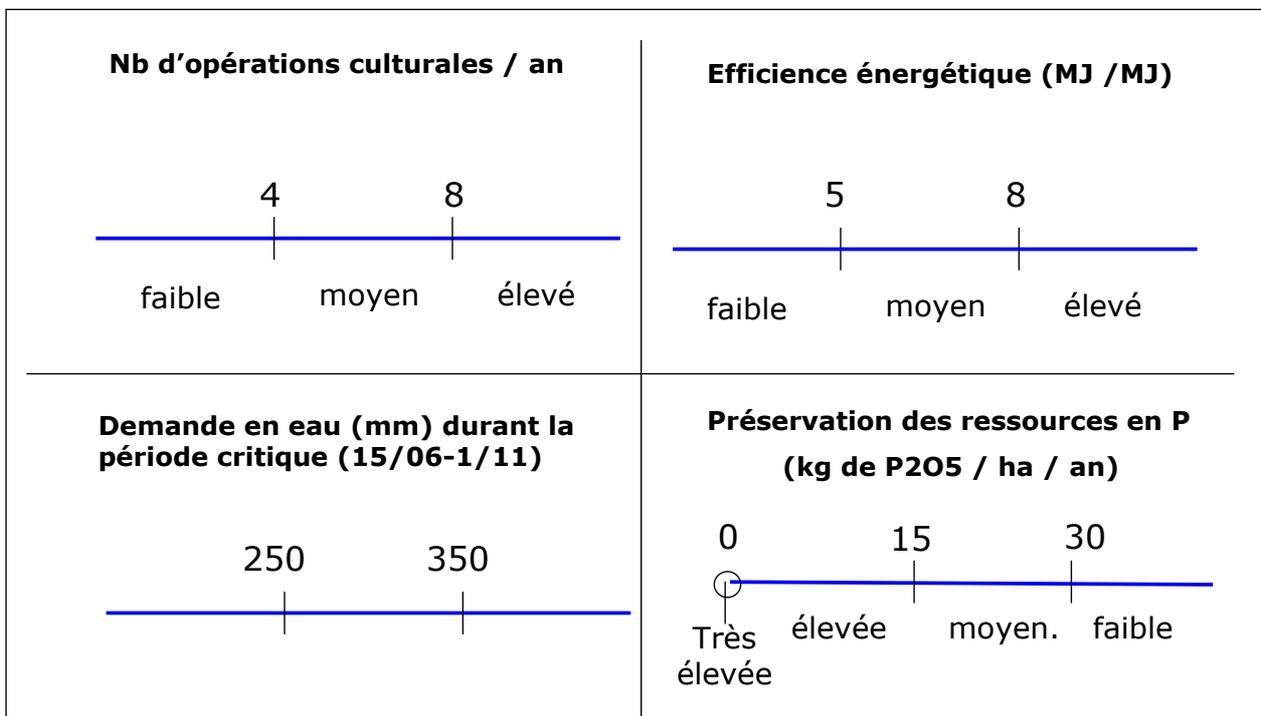
très faible	faible	moyenne	élevée	très élevée
-------------	--------	---------	--------	-------------

La définition des règles détermine le poids relatifs affecté aux divers indicateurs, pour l'évaluation des indicateurs parents et donc pour l'indicateur synthétique de contribution au DD.

Pondérations proposées dans MASC 2.0



Exemple de seuillage des critères quantitatifs à la base des indicateurs qualitatifs de MASC



DEXi est téléchargeable à
<http://kt.ijs.si/MarkoBohanec/dexi.html>



**DEXi:
A Program for Multi-Attribute Decision Making**

Version 3.03

Purpose

DEXi is an educational computer program for multi-attribute decision making. It is aimed at interactive development of qualitative multi-attribute decision models and the evaluation of options. This is useful for supporting complex decision-making tasks, where there is a need to select a particular option from a set of possible ones so as to satisfy the goals of the decision maker. A multi-attribute model is a hierarchical structure that represents the decomposition of the decision problem into subproblems, which are smaller, less complex and possibly easier to solve than the complete problem.

Further information on DEXi:

[Functionality](#)

[Screenshots](#)

[Documentation](#)

[Development and history](#)

[Typical applications](#)

Download

DEXi is implemented in Borland Delphi and runs on Microsoft Windows platforms. It can be used free of charge for non-commercial applications.

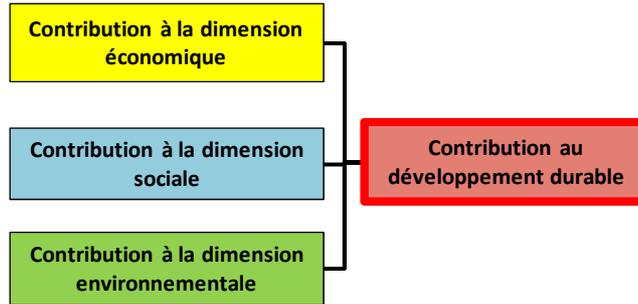
The latest DEXi version is [3.03](#) and is available in two languages:

Slovene: [DEXi303si_setup.exe](#)

English: [DEXi303en_setup.exe](#)

Quelques indicateurs de MASC 2.0

Contribution au développement durable



Objet :

Ce critère synthétise qualitativement l'ensemble des critères d'évaluation des systèmes de culture relatifs aux trois dimensions du développement durable.

Modalités de qualification :

Nombre de classes : 7

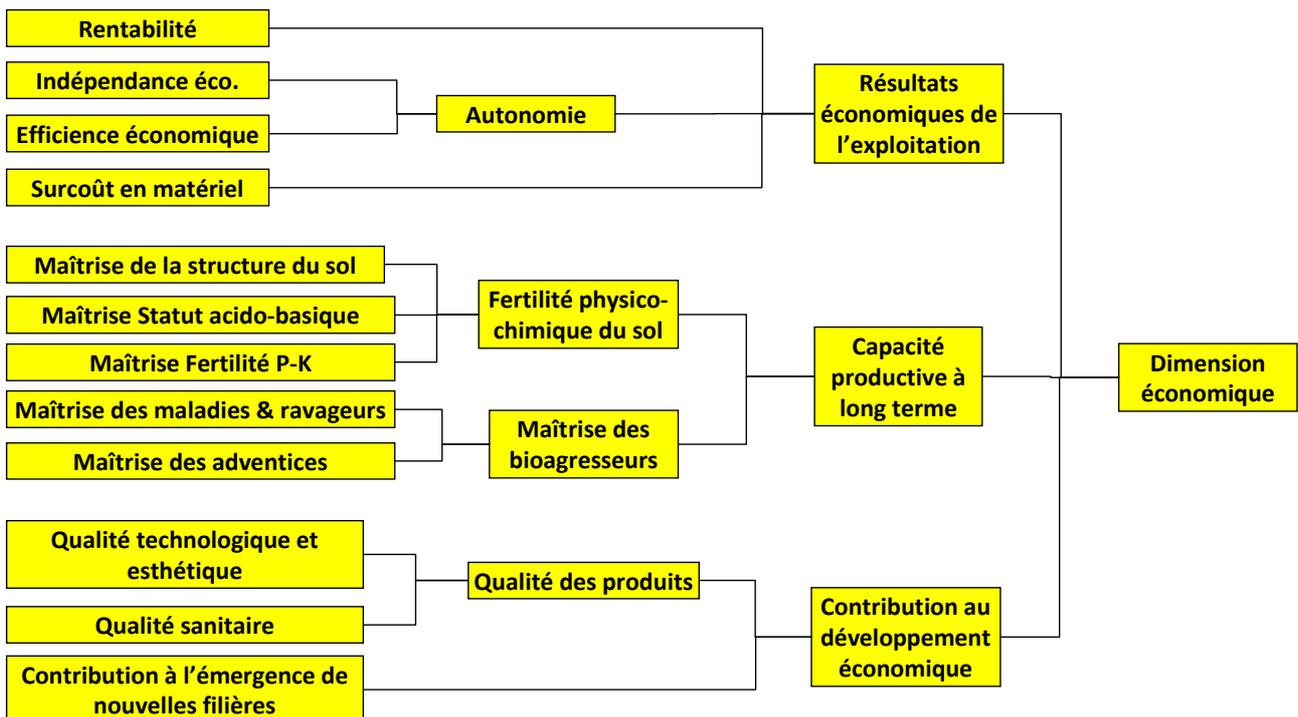
Classes : très faible ; faible ; assez faible ; moyenne ; assez élevée ; élevée ; très élevée

Mode de calcul ou d'évaluation : Agrégation des critères basiques.

- Contribution à la dimension économique (33%)
- Contribution à la dimension sociale (33%)
- Contribution à la dimension environnementale (33%)

125 règles de décisions sont à spécifier

Contribution à la dimension économique

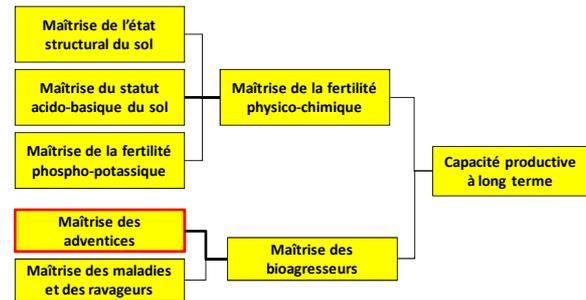


Maîtrise des adventices

Objet :

Les populations d'adventices, lorsqu'elles sont insuffisamment maîtrisées dans un système de culture, peuvent envahir progressivement la parcelle jusqu'à des niveaux préjudiciables pour les cultures.

Le maintien du stock semencier dans le sol à des niveaux suffisamment bas pour éviter de tels risques à moyen et long terme, est important pour préserver la capacité productive à long terme de la parcelle.



Modalités de qualification :

4 classes : très faible ; faible à moyenne ; moyenne à élevée ; très élevée

Mode de calcul ou d'évaluation :

Indicateur de nature complexe qui peut être évalué par expertise dirigée, à l'aide d'un arbre de décision satellite regroupant les facteurs de diagnostics essentiels.

Maitrise des adventices

- Effet de la diversité des périodes d'implantation
- Effet du labour
- Effet des méthodes de lutte

Facteurs de diagnostic de la maîtrise des adventices

■ Facteur 1 : Effet de la diversité des périodes d'implantation des cultures.

La diversité des périodes d'implantation des cultures dans une rotation permet de contrôler le développement d'une flore spécialisée et concurrentielle dans la parcelle.

Le critère **Effet des périodes d'implantation** est calculé en comptabilisant le nombre de classes se référant à des périodes de semis différentes dans la rotation (respect du principe d'alternance).

Classe A : Semis d'automne précoce (semis avant le 1er octobre) : ex : Colza, Orge d'hiver...

Classe B : Semis d'automne moyennement précoce (semis entre le 1er octobre et 1er novembre) : ex : Céréales d'hiver, Féverole d'hiver, Pois d'hiver...

Classe C : Semis culture d'hiver tardif (semis après le 1er novembre) : Blé dur et Orge de printemps (Sud de la Loire), Céréales d'hiver, Féverole d'hiver, Pois d'hiver...

Classe D : Semis de printemps précoce (avant le 1er Avril) : ex : Pois de printemps, Orge de printemps, Lupin, Féverole de printemps, Betterave précoce...

Classe E : Semis de printemps tardif (après le 1er Avril) : ex : Maïs, Tournesol, Soja, Sorgho, Betterave tardive, Pomme de terre...

L'**Effet de la diversité des périodes d'implantation** (EPI) est ensuite discrétisé en classes qualitatives grâce aux valeurs-seuils préconisées :

Pour une rotation Colza/Blé d'hiver/Orge d'hiver on comptabilise deux classes différentes (A et B ; on considérant ici que les deux céréales sont semées entre le 1er octobre et le 1er novembre), par conséquent EPI = 2 (classe faible).

Effet de la diversité des périodes d'implantation (EPI)	Classe qualitative
EPI = 1	très faible
EPI = 2	faible
EPI = 3	moyenne
EPI = 4	élevée
EPI ≥ 5	très élevée

Facteurs de diagnostic de la maîtrise des adventices

■ Facteur 2 : Effet du labour.

Le labour est un élément important de contrôle du stock semencier. L'enfouissement des semences d'adventices leur fait perdre, plus ou moins rapidement selon les espèces, leur capacité germinative.

Ce critère sera évalué directement en termes de "présence" ou "absence" de labour dans le système de culture évalué

Effet du labour	Classe qualitative
Présence	élevé
Absence	faible

■ Facteur 3 : Effet des méthodes de luttes explicites.

- La lutte physique (interventions de désherbage mécanique et thermique).
- La lutte chimique (herbicides de synthèse).
- Le pouvoir de compétition directe des cultures principales & intermédiaires sur les adventices.

L'effet de ces méthodes de lutte sur la maîtrise des adventices est estimé en deux temps :

1) **calcul d'un indice** (EMLCi) caractérisant l'effet combiné des méthodes de lutte spécifiques pour **chaque campagne de la rotation** (cycle cultural + interculture).

2) **calcul d'un indice global** (EML) caractérisant l'effet des méthodes de lutte sur la **rotation**.

Les indices de lutte physique (LPi), de lutte chimique (LCi) et de contrôle par le couvert (ICCi) à affecter à chaque culture de la rotation sont renseignés à partir d'un tableau conçu à dire d'expert.

Facteurs de diagnostic de la maîtrise des adventices

Table des valeurs de référence pour les indices :

- de lutte physique (LPi)
- de lutte chimique (LCi)
- de contrôle par le couvert (ICCi)

relatifs à chaque culture de la rotation.

Indices de lutte physique (LPi)		
Interculture	Deux interventions mécaniques superficielles en moyenne (un déchaumage + préparation du lit de semence)	0
	Trois interventions mécaniques superficielles en moyenne	1
	Plus de trois interventions mécaniques superficielles en moyenne	2
Culture	Aucune intervention de désherbage mécanique	0
	Une à deux interventions de désherbage mécanique	1
	Au moins trois interventions de désherbage mécanique	2
Indices de lutte chimique (LCi)		
Interculture	Aucun passage d'herbicide	0
	Au moins un passage d'herbicide	1
Culture	IFT herbicide = 0	0
	0 < IFT herbicide ≤ 1	1
	1 < IFT herbicide ≤ 2	2
	IFT herbicide > 2	3
Indices de contrôle par le couvert (CCi)		
Interculture	Pas de culture intermédiaire	0
	Culture intermédiaire moyennement à peu couvrante	1
	Culture intermédiaire très couvrante et/ou présence d'un mulch épais et dense	2
Culture	Culture peu couvrante (maïs, tournesol, pomme de terre, betterave...)	1
	Culture moyennement couvrante (févérole, colza, pois, céréales moyennement à peu couvrantes)	2
	Culture couvrante (cultures associées, cultures avec semis sous-couvert variétés de céréales très couvrantes : triticale, orge d'hiver...)	3
	Culture très couvrante (chanvre, prairie, luzerne, culture avec présence d'un mulch dense...)	4

Facteurs de diagnostic de la maîtrise des adventices

- **Facteur 3** : Calcul de l'indice global caractérisant l'effet des moyens de lutte sur le système (EML)

Campagne	1		2		3	
	Interculture	culture 1	Interculture	culture 2	Interculture	culture 3
Indice de lutte physique (LP _i)	0	2	0	0	1	1
Indice de lutte chimique (LC _i)	1	0	0	2	0	1
Indice de contrôle par le couvert (ICC _i)	0	2	0	1	1	2
Effet des méthodes de lutte sur chaque campagne (EMLC _i) : EMLC _i = LP _i + LC _i + ICC _i	5		3		6	
Effet moyen des méthodes de lutte sur le système de culture (EML) : EML = (Σ EMLC _i) / n	4.7					

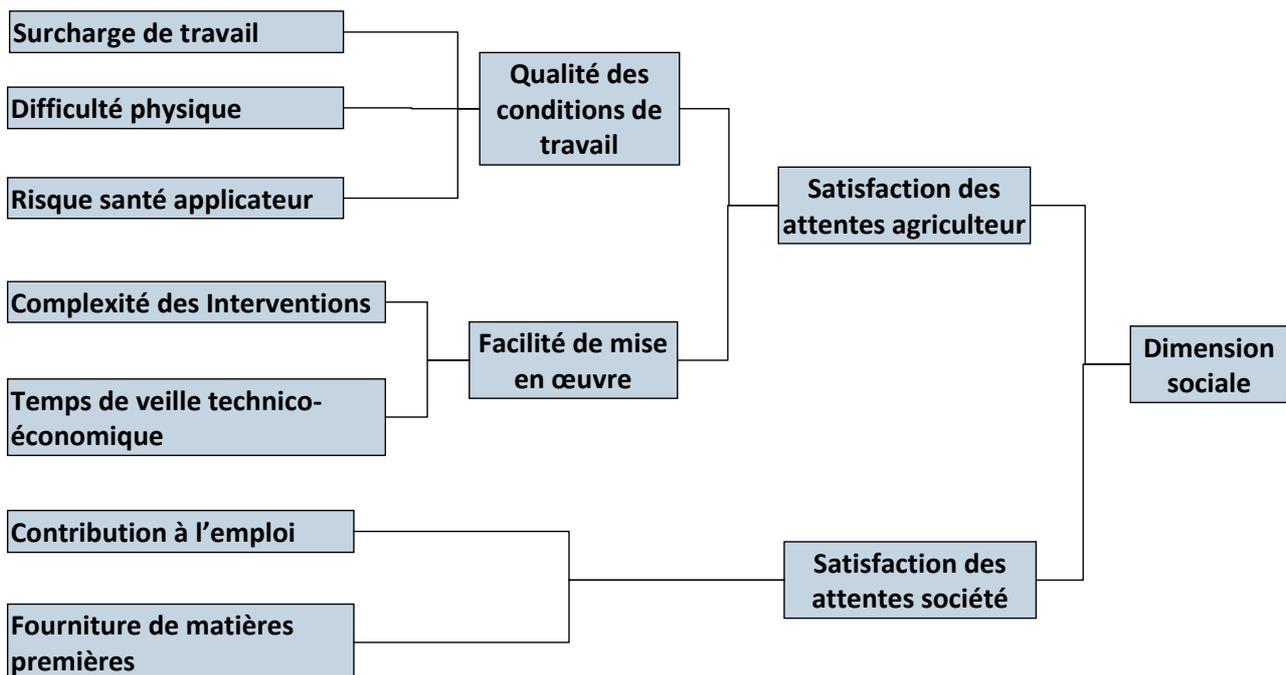
Valeurs seuils proposées pour discrétiser l'indice global EML :

Effet des méthodes de lutte (EML)	Classe qualitative
EML ≤ 4	faible
4 < EML ≤ 5	moyen
EML > 5	élevé

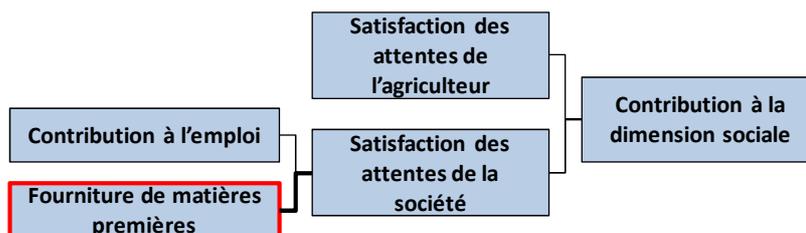
- **Diagnostic général du degré de maîtrise des adventices par le système de culture.**

La Maîtrise des adventices sera qualifiée de **très faible, faible à moyenne, moyenne à élevée, très élevée**. Les critères Effet de la diversité des périodes d'implantations, Effet du labour et Effet des moyens de lutte ont des poids respectifs de **35%, 20% et 45%**.

Contribution à la dimension sociale



Fourniture de matières premières



Objet : Ce critère reflète le niveau de production en matières premières atteint par les systèmes de culture, pour une diversité de destination des cultures (alimentation humaine, alimentation animale, cultures à fibres, cultures énergétiques, cultures semencières...). La productivité des systèmes agricoles permet d'apporter un élément de réponse sur la contribution du système de culture à satisfaire les besoins de la société en produits d'origine agricole.

Modalités de qualification :

4 Classes : très faible ; faible à moyenne ; moyenne à élevée ; très élevée

Mode de calcul : Ce critère peut être évalué de deux manières différentes :

- Par la **productivité surfacique** (estimation du rendement/ha) pour des situations où la surface est considérée comme le principal facteur limitant de la production.
- Par la **productivité de la main d'œuvre** (quantité de matière produite par unité de temps travaillée) pour des situations où la disponibilité de la main d'œuvre est considérée comme le principal facteur limitant de la production.

Fourniture de matières premières

Estimation de la fourniture de matières premières par la productivité surfacique

La productivité surfacique peut-être évaluée en calculant l'écart moyen sur la rotation entre le rendement attendu ou obtenu (IRA) et le rendement permis en conduite « intensive » (IRI) pour chaque culture i de la rotation.

$$FMP = [\sum_i (IRA_i / IRI_i) * 100] / n$$

- IRA_i : rendement attendu ou obtenu pour la culture i
- IRI_i : rendement permis en conduite intensive pour la culture i
- n : durée de la rotation en années

Fourniture de matières premières (FMP) <i>selon la productivité surfacique</i>	Classe qualitative
FMP < 70%	très faible
70% ≤ FMP < 80 %	faible à moyenne
80% ≤ FMP < 90 %	moyenne à élevée
FMP ≥ 90%	très élevée

Fourniture de matières premières

Estimation de la fourniture de matières premières par la productivité de la main d'œuvre

la productivité de la main d'œuvre peut être estimée par comparaison entre le système de culture évalué et une conduite intensive. La productivité de la main d'œuvre peut être évaluée en faisant le rapport moyen sur la rotation entre les écarts de rendements et les écarts de temps de travail obtenus par différence entre la conduite évaluée et une conduite intensive

$$FMP = [\sum_i (IRA_i / IRI_i) / \sum_i (HTA_i / HTI_i)] / n$$

IRAI : rendement attendu ou obtenu pour la culture i

IRIi : rendement permis en conduite intensive pour la culture i

HTAi : nombre d'heures de travail/ha consacrées à la culture i

HTIi : nombre d'heures de travail/ha consacrées à la culture i en conduite intensive

n : durée de la rotation en années

Fourniture de matières premières (FMP) selon la productivité de la main d'œuvre	Classe qualitative
FMP < 0.8	très faible
0.8 ≤ FMP < 1	faible à moyenne
1 ≤ FMP < 1.2	moyenne à élevée
1.2 ≤ FMP	très élevée

Exemples de niveaux de production associés à différents modes de culture

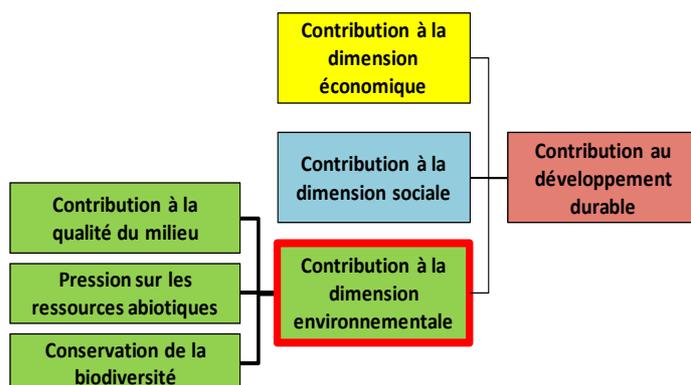
Régions	Maïs				Colza				Tournesol				Pois			
	Int.	Rais.	Prot. Int.	Syst. Int.	Int.	Rais.	Prot. Int.	Syst. Int.	Int.	Rais.	Prot. Int.	Syst. Int.	Int.	Rais.	Prot. Int.	Syst. Int.
Alsace	96,7	96,7	90.9	87	/	/	/	/	23.6	26.3	22.7	23.6	/	/	/	/
Aquitaine	96,7	96,7	90.9	87	/	/	/	/	23.6	26.3	22.7	23.6	35	35	33	33
Auvergne	96,7	96,7	90.9	87	/	/	/	/	23.6	26.3	22.7	23.6	35	35	33	33
Basse-Normandie	83.3	83.3	78.3	75	/	/	/	/	23.6	26.3	22.7	23.6	49	49	47	47
Bourgogne	96,7	96,7	90.9	87	31	29	26.3	25	23.6	26.3	22.7	23.6	49	49	47	47
Bretagne	83.3	83.3	78.3	75	/	/	/	/	23.6	26.3	22.7	23.6	49	49	47	47
Centre	96,7	96,7	56	87	31	29	26.3	25	23.6	26.3	22.7	23.6	49	49	47	47
Champagne-Ardenne	83.3	83.3	78.3	75	31	29	26.3	25	23.6	26.3	22.7	23.6	49	49	47	47
Franche-Comté	83.3	83.3	78.3	75	31	29	26.3	25	23.6	26.3	22.7	23.6	49	49	47	47
Haute-Normandie	83.3	83.3	78.3	75	31	29	26.3	25	23.6	26.3	22.7	23.6	49	49	47	47
Ile-de-France	96,7	96,7	90.9	87	31.3	29.3	26.6	25.3	23.6	26.3	22.7	23.6	49	49	47	47
Languedoc-Roussillon	/	/	/	/	/	/	/	/	23.6	26.3	22.7	23.6	35	35	33	33
Limousin	/	/	/	/	/	/	/	/	23.6	26.3	22.7	23.6	35	35	33	33
Lorraine	83.3	83.3	78.3	75	31	29	26.3	75	23.6	26.3	22.7	23.6	49	49	47	47
Midi-Pyrénées	96,7	96,7	90.9	87	/	/	/	/	23.6	26.3	22.7	23.6	35	35	33	33
Nord-Pas-de-Calais	83.3	83.3	78.3	75	/	/	/	/	23.6	26.3	22.7	23.6	49	49	47	47
Pays de la Loire	/	/	/	/	/	/	/	/	23.6	26.3	22.7	23.6	49	49	47	47
Picardie	83.3	83.3	78.3	75	31.3	29.3	26.6	25.3	23.6	26.3	22.7	23.6	49	49	47	47
Poitou-Charentes	96,7	96,7	90.9	87	31	29	26.3	25	23.6	26.3	22.7	23.6	49	49	47	47
Provence-Alpes-Côte-d'Azur	/	/	/	/	/	/	/	/	23.6	26.3	22.7	23.6	35	35	33	33
Rhône-Alpes	96,7	96,7	90.9	87	/	/	/	/	23.6	26.3	22.7	23.6	35	35	33	33

Int. Intensive; Rais. Raisonnée ; Prot. Int. Protection intégrée ; Syst. Int. Système intégrée

Contribution à la dimension environnementale

Objet :

Ce critère caractérise la contribution des systèmes de culture à la dimension environnementale en considérant leurs impacts potentiels sur la qualité du milieu, sur les ressources abiotiques et sur la biodiversité.



Modalités de qualification :

5 Classes : très faible ; faible ; moyenne ; élevée ; très élevée

Mode de calcul ou d'évaluation : Agrégation des critères :

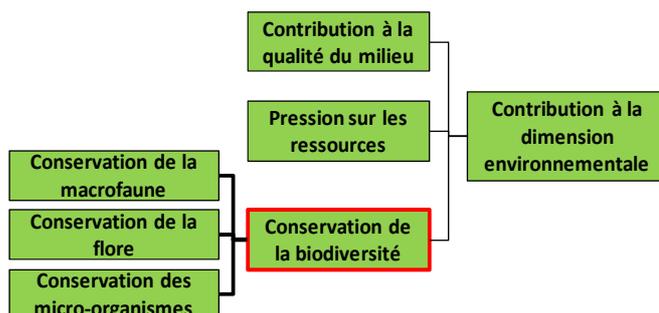
- Contribution à la qualité du milieu (33%)
- Pression sur les ressources abiotiques (33%)
- Conservation de la biodiversité (33%)

Chacun de ces 3 critères ayant quatre classes, 64 règles de décision sont à spécifier

Conservation de la biodiversité

Objet :

Compte tenu de l'échelle d'évaluation, ce critère estime l'impact du système de culture sur **la biodiversité peu mobile** inféodée aux milieux agricoles. La conservation de la biodiversité est évaluée en considérant à la fois la valeur patrimoniale des espèces présentes et les services éco-systémiques qu'elles sont susceptibles de fournir.



Modalités de qualification :

4 Classes : très faible ; faible à moyenne ; moyenne à élevée ; très élevée

Mode de calcul ou d'évaluation : Agrégation des critères :

- Conservation de la macrofaune (25)
- Conservation de la flore (50 %)
- Conservation des micro-organismes (25%)

Chacun de ces 3 critères ayant quatre classes, 64 règles de décision sont à spécifier

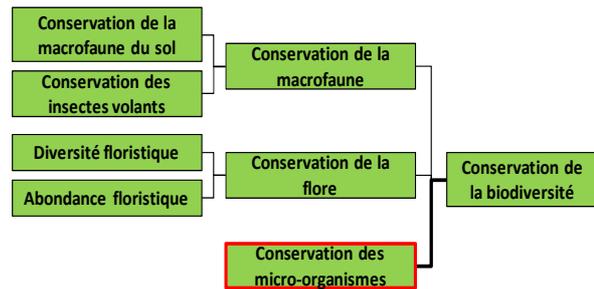
Conservation des micro-organismes du sol

Objet :

Les micro-organismes du sol sont une composante essentielle de la biodiversité des parcelles agricoles.

Leur abondance permet de donner une indication sur le niveau d'activité biologique du sol et sur l'intensité des services écosystémiques potentiellement rendus.

La diversité des espèces permet d'estimer la résilience et la stabilité du milieu face à des perturbations diverses.



Modalités de qualification :

4 classes : très faible ; faible à moyenne ; moyenne à élevée ; très élevée

Mode de calcul ou d'évaluation :

Indicateur de nature complexe qui peut être évalué par expertise dirigée, à l'aide d'un arbre de décision satellite regroupant les facteurs de diagnostics essentiels.

Conservation des micro-organismes du sol

- Effet des apports de matières organiques
- Effet des pesticides
- Effet de la diversité des familles cultivées

Facteurs de diagnostic de la conservation des μ du sol

■ Facteur 1 : Effet des apports de matières organiques

L'abondance des micro-organismes est souvent très liée à l'importance des ressources carbonées dans le sol. Ainsi, les systèmes de culture qui restituent une forte biomasse sont favorables à leur développement.

L'effet des apports de matières organiques sur la biodiversité des micro-organismes sera estimé par l'indicateur IMO de la méthode INDIGO.

■ Facteur 2 : Effet des pesticides

L'usage important de pesticides conduit à simplifier les communautés microbiennes du sol. Cela peut avoir des conséquences agro-environnementales néfastes car les espèces restantes sont moins diverses et ne parviennent souvent pas à rendre autant de services écosystémiques que les espèces remplacées.

L'impact négatif des pesticides sur les micro-organismes du sol sera estimé par l'indice de fréquence des traitements total.

$$IFTT = \sum IFTT_i / n$$

IFTTi : IFT parcellaire annuel comptabilisant les insecticides, les fongicides et les herbicides.

n : durée de la rotation en années

Rappel : Calcul des IFT

$$IFT = (DA \times ST) / (DH \times SP)$$

DA : dose appliquée ST : surface traitée
DH : dose homologuée SP : surface parcellaire

IFT Total (IFTT)	Classe
IFTT = 0	nul
0 < IFTT ≤ 3	faible
3 < IFTT ≤ 5	moyen
5 < IFTT	élevé

Facteurs de diagnostic de la conservation des μ o du sol

■ Facteur 3 : Effet de la diversité des cultures

Bien que la diversité des cultures dans une rotation n'implique pas systématiquement une augmentation de la diversité des micro-organismes du sol, plusieurs études révèlent que la biodiversité des micro-organismes est intimement reliée à la biodiversité végétale de surface.

L'effet de la diversité des couverts sera par conséquent appréhendé ici par la diversité des familles cultivées dans la rotation en utilisant l'indice de diversité de Simpson rendant compte à la fois du nombre de familles et de leur équitabilité.

Diversité des familles cultivées (DFC)	Classe qualitative
$DFC \leq 1.7$	faible
$1.7 < DFC \leq 2.5$	moyen
$DFC > 2.5$	élevé

■ Diagnostic général de la conservation des micro-organismes du sol

Le critère agrégé Conservation des micro-organismes du sol sera qualifié de très faible, faible à moyenne, moyenne à élevée, très élevée. Les critères Effet des apports de matières organiques, Effet des pesticides et Effet de la diversité des familles cultivées ont respectivement des poids de **50%, 25% et 25%**.

Un exemple d'application de MASC

Etude des performances des systèmes de culture biologiques dans les exploitations sans élevages.

Projets PSDR 3 Midi-Pyrénées & CASDAR RotAB
(2007 – 2011)

Motivations de l'étude des SDC bio spécialisés

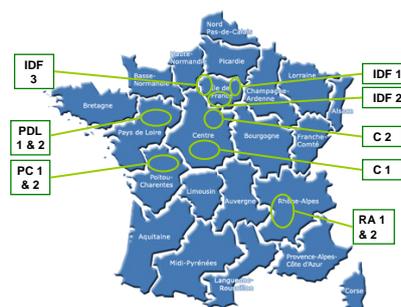
- Une dynamique de développement très active des SDC bio dans des contextes très diversifiés (175 000 ha en 2010, 8 régions avec + de 5000 ha).
- La forme dite « spécialisée » (exploitations sans élevage) fait débat et pose des questions quant à sa durabilité (agronomique, économique).
- Un besoin de préciser « l'image » générale établie par C. David (1999; 2009) sur les performances de cette forme de production :
 - Etablir des profils de forces et faiblesses en lien avec les pratiques culturales (e. g. typologie de systèmes bio, avec ou sans luzerne)
 - Repérer les systèmes les plus performants en Midi-Pyrénées, support de promotion de l'AB et point de départ pour le conseil individuel aux agriculteurs

Jeu de cas 1: issu d'une approche typologique 11 « rotations bio types » identifiées dans 5 régions

Origine : Centre, Ile de France, Poitou-Charentes, Pays de Loire, Rhône Alpes

	Durée de la rotation (en années)	luzerne	irrigation	rotation
Centre 1	8	avec	sans	luzerne (3 ans) - blé - triticales - féverole P - blé - orge H
Centre 2	8	avec	avec	luzerne (2 ans) - blé - betterave rouge - blé - maïs grain - féverole H - blé
IDF 1	10	avec	sans	luzerne (2 ans) - blé - triticales - avoine - féverole P - blé - orge P - jachère trèfle blanc - blé
IDF 2	9	avec	sans	luzerne (3 ans) - blé - colza - blé - féverole H - blé - orge P
IDF 3	6	sans	sans	féverole P - blé - maïs grain - triticales/pois fourrager - blé - triticales
PC 1*	9	avec	avec	luzerne (3 ans) - blé - maïs grain - féverole H - triticales - tournesol - orge H
PC 2*	5	sans	sans	féverole H - blé - orge H - tournesol - blé
PDL 1*	3	sans	avec	féverole H - blé - maïs grain
PDL 2*	5	sans	sans	féverole P - blé - tournesol - blé - maïs grain
RA 1*	6	avec	sans	luzerne (3 ans) - blé - blé - tournesol
RA 2*	3	sans	avec	soja - blé - maïs grain

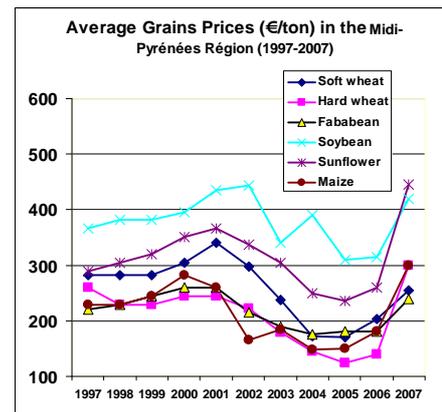
Sources :
Bonte J.B. (ARVALIS) , 2010
ITAB, 2011



Jeu de cas 2 : issu d'une approche statistique 44 SDC bio de Midi-Pyrénées

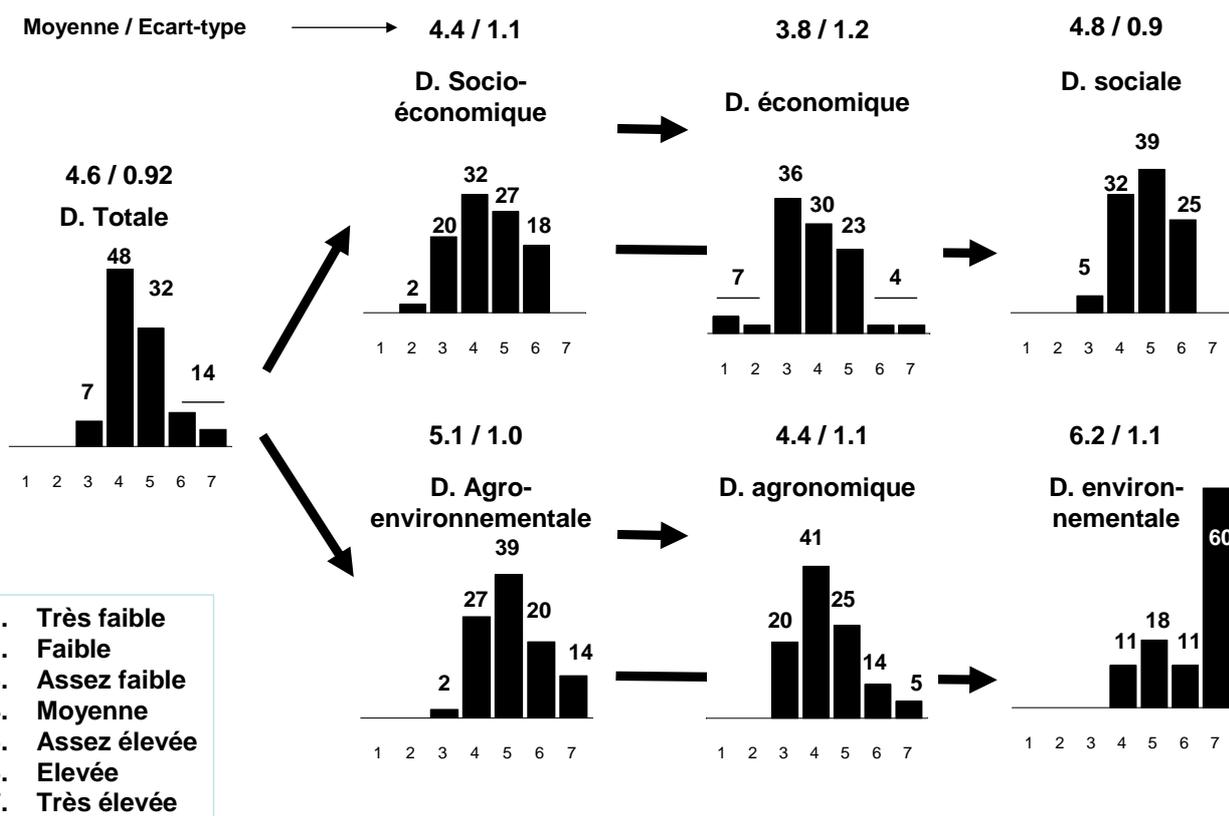
- 44 SDC de 4 années chacun (2003/2004 -2006/2007) dont 21 irrigués, 23 non irrigués
- 19 exploitations agricoles (25 à 230 ha de SAU) sans élevage situées dans 7 PRA.
- Cultures principales : blé tendre (30%), Soja (21%), Tournesol (11%), lentille et féverole (8%)

- Contexte des années 2003 à 2007 :
 - Fort déficit hydrique en 2003 et 2006
 - Baisse sévère des prix des céréales et protéagineux
 - Renchérissement progressif de l'énergie fossile

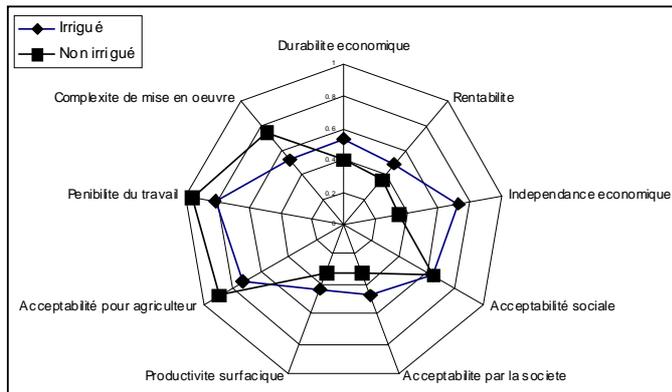


Distributions des indicateurs de durabilité des SDC biologiques en Midi-Pyrénées

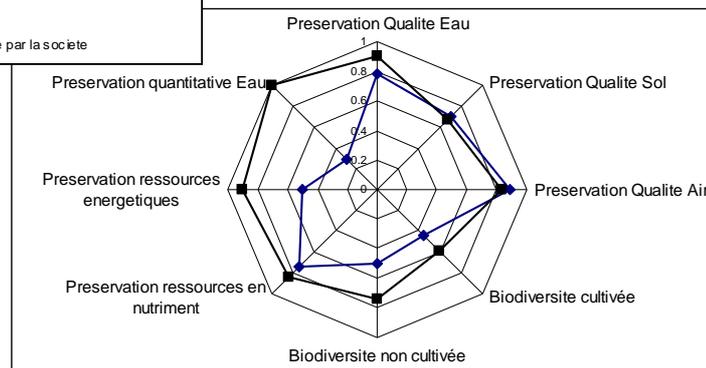
Moyenne / Ecart-type



Indicateurs de durabilité des SDC irrigués et non-irrigués en Midi-Pyrénées (2003-2007)

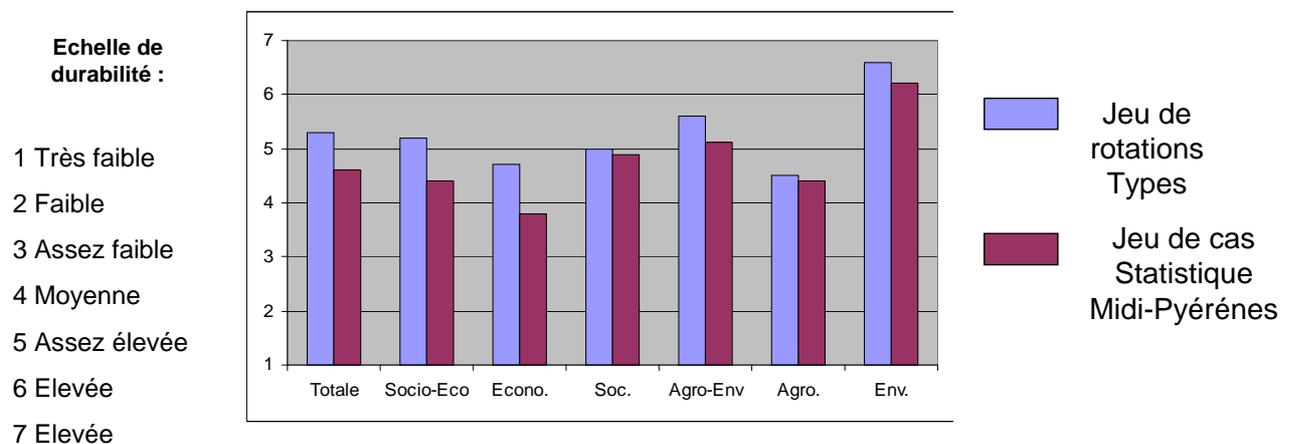


Effet du niveau d'intensification sur le profil de performances des systèmes



Les SDC bio sans élevage sont ils durables ?

- Une similitude dans la hiérarchie des notes moyennes des indicateurs de durabilité pour les deux jeux de cas



D. Economique ≤ D. agronomique < D. Sociale << D. environnementale

Résultats : Durabilité économique

- La DE des SDC Bio spécialisés est la dimension la plus variable dans le temps et dans l'espace :
 - La rentabilité est dépendante, de manière croissante : du coût des intrants, du niveau de la production, du prix de vente des récoltes.
 - Les fluctuations de la production (aléas climatiques) sont très dommageables lorsque la production se situe à un niveau interannuel moyen à faible (situations NI du sud de la France)
 - Les fléchissements prononcés de prix (e.g. 2003-2006) peuvent mettre en péril la durabilité économique des exploitations
 - Conjugaison des aléas économiques et des aléas productifs : la pérennité des SDC biologiques spécialisés devient très dépendante des aides.

Résultats : Durabilité agronomique

- La DA : aspect présentant de fortes disparités selon les composantes analysées et les situations évaluées:
 - Maîtrise des bioagresseurs : globalement acceptable (comparée à maraîchage, arboriculture bio ...)
 - Maîtrise des adventices : des solutions satisfaisantes existent, mais reposent en général sur le recours systématique au labour (énergie) et/ou le recours à des couverts fourragers (luzerne) .
 - Maîtrise de la fertilité du sol :
 - Gestion de l'azote : Satisfaction des besoins en N des cultures non légumineuses : du pire à l'acceptable
 - Gestion de P : inquiétudes sérieuses (bilans souvent négatifs)
 - Gestion de K : rares cas défavorables (luzerne à bilan de K très négatif)
 - Gestion du statut organique : souvent un niveau de restitution ne permettant pas de maintenir le statut organique à un niveau satisfaisant à long terme

Résultats : Acceptabilité sociale

- Une dimension de la durabilité favorablement notée, de manière homogène entre les deux jeux de cas
 - Acceptabilité pour l'agriculteur (pénibilité du travail, risques pour la santé, complexité de mise en œuvre) : **élevée à très élevée**
 - Acceptabilité pour la société globale : Appréciée de manière «simpliste» sur deux critères :
 - Contribution à l'emploi saisonnier à l'échelle territoriale : **faible**
 - Contribution à la production de bien alimentaire : **faible à élevée**, selon cultures et contextes

Résultats : Durabilité environnementale

- La DE : la dimension la plus favorablement notée, mais quelques bémols sur des risques avérés:
 - Lixiviation d'azote (CAU des engrais organiques limité, mauvaise valorisation des reliquats derrière légumineuse, peu d'engrais vert).
 - Pression sur les ressources abiotiques (eau et énergie) peuvent être importants dans les rotations irriguées
 - La biodiversité cultivée est faible dans les rotations courtes à très courtes. Les systèmes spécialisés ne participent pas à la conservation de variétés anciennes
 - La préservation de la biodiversité non cultivée est jugée élevée, mais est appréciée de manière peu discriminante par MASC.

Introduction à la discussion

Intérêt général de ce type d'approche multicritère

- Fournir un profil d'appréciations qualitatives sur les performances en durabilité des SDC, destinées à enrichir les perceptions initiales des utilisateurs, les argumenter, les faire évoluer.
- Les diagnostics permettent de classer des options de SDC, et préparent la décision (rejet, promotion, mise en pratique ou en expérimentation)
- Offrir la possibilité d'analyser la durabilité des SDC à des groupes d'utilisateurs diversifiés composés de praticiens, avec ou sans l'aide chercheurs :
 - Utilisation d'un **modèle** d'évaluation légitimé par les conditions de sa mise au point et les nombreux tests dont il a fait l'objet (MASC 2.0)
 - Utilisation d'un **outil** qui permet de valoriser les connaissances préalables des utilisateurs sur les SDC et leur système de préférence.

Intérêt de MASC pour les conseillers agricoles 1/2

- Pour l'étude de la variabilité des performances des SDC existants dans un cadre territorial
 - Oui, preuve établie : Ex projet RotAB / CITODAB ...
- Comme outil pour l'animation d'ateliers de conception de SDC avec des agriculteurs
 - Oui preuve établie : Projets dans le cadre EPHY-Ecophyto (Eure) ...
- Comme outil d'évaluation et de gouvernance de systèmes alternatifs en expérimentation :
 - Oui, preuve établie : Projets supportés par des CRA, projets participatif recherche / développement (Maelia MIC-MAC design). Lycées Agricoles ?
- Comme outil d'appui au conseil individuel (dossier de conversion, audit de systèmes en difficultés ...)
 - La preuve reste à faire. Expériences en cours.

Intérêts associés à la mise en œuvre d'une démarche basée sur MASC pour les conseillers agricoles 2/2

- Apprentissages associés au traitement de questions complexes à l'utilisation de modèle ou de représentation qualitative élaborée
- Facilite la problématisation autour des performances des SDC : qu'est ce qui doit être amélioré, ici et maintenant ?
- Prétexte supplémentaire à la création de référentiels régionaux (bench marking de performances) indispensables au seuillage des critères Qt
- Aide à l'expression et la capture des préférences quant à l'importance relative des objectifs assignés aux SDC (pondération des indicateurs),
 - Facilite le W des conseillers comme évaluateurs intégrant des exigences du monde agricole et des exigences sociétales.
- Aide à la formalisation des K des conseillers et à leur valorisation dans le processus d'évaluation
 - Pallier à l'absence de modèle académique d'aide au diagnostic
- Facilite le partage d'expérience entre conseillers et l'alternance des rôles dans le partage
- Favorise l'émergence de groupe de travail thématique dans un réseau de conseillers, pour la connaissance des SDC et l'approche de leur performances.

Adresse de téléchargement de MASC 2.0

https://www5.versailles-grignon.inra.fr/agronomie/Productions/logiciels_et_modeles/MASC/Modele-MASC

Pour en savoir plus sur MASC et ses applications

- Sadok W., Angevin F., Bergez J.-E., Bockstaller C., Colomb B., Guichard L., Reau R., Doré T., **2008**. Ex ante assessment of the sustainability of alternative cropping systems: guidelines for identifying relevant multi-criteria decision aid methods. *Agron. Sustain. Dev.*, volume 28, issue 1, p. 163-174.
- Sadok W., Angevin F., Bergez J.E, Bockstaller C., Colomb B., Guichard L., Reau R., Messéan A. and Doré T., **2009**. MASC: a qualitative multi attribute decision model for ex ante assessment of the sustainability of cropping systems. *Agron. Sustain. Dev.*, volume 29, Issue 3 p. 447-461.
- Colomb, B., Aveline A., Carof, M., **2011a**. Une évaluation multicritère de la durabilité de systèmes de grandes cultures biologiques. Quels enseignements? Restitution des programmes RotAB et CITODAB. INRA. 42 p. + annexes. <http://www.itab.asso.fr/downloads/jtgc2011/rapport-citodab.pdf>
- Colomb, B., Fontaine, L., Glandières, A., Aveline, A., Carof, M., Celette, F., Craheix, D., Arino, J., Collet, S., Garnier, J. F., Glachant, C., Gouraud, J.P., Haefliger, M., Morand, P., Moulin, V., Perret, C., Prieur, L., Quirin, T., Renan, M., Rossignol, E. **2011b**. Une approche de la durabilité des systèmes de grandes cultures spécialisés. Colloque « Transversalités de l'agriculture biologique ». Société Française d'Economie Rurale (SFER). MISHA, Université de Strasbourg. 20 pages. http://www.sfer.asso.fr/les_colloques2/les_transversalites_de_l_agriculture_biologique/programme_actes_du_colloque
- Craheix D., Angevin F., Bergez J.E., Bockstaller C., Colomb B., Guichard L., Reau R. , T. Doré T. **2012**. MASC 2.0, un outil d'évaluation multicritère pour estimer la contribution des systèmes de culture au développement durable. *Innovations Agronomiques* . Volume xx, 2012.
- Craheix *et al.*, 2011. INRA–APT–GIS GCHP2E, 49 p. Available at: http://www5.versailles-grignon.inra.fr/agronomie/Productions/logiciels_et_modeles/MASC
- Craheix *et al.*, 2012. Multicriteria assessment of the sustainability of cropping systems: A case study of farmer involvement. Xth European IFSA Symposium, 1-4 July 2012, Aarhus, Denmark, 8p (in press).