



*Conception d'un  
modèle d'évaluation  
multicritère des effets  
du travail du sol :  
DEXiSol*

Stage de fin d'études Réalisé par C.  
Thibault (ENSAT)

Encadré par :

Frédérique Angevin (INRA)

Nicolas Cavan (INRA)

Jérôme Labreuche (Arvalis)

Pascale Métais (Arvalis)

# Sommaire



- Contexte de conception
- Méthode de conception de DEXiSOL
- Présentation de l'arbre principal
- Premiers résultats sur les essais travail du sol de Boigneville
- Perspectives



# 1. Contexte de la conception de DEXiSOL

# Précédents travaux du GIS : synthèse des connaissances

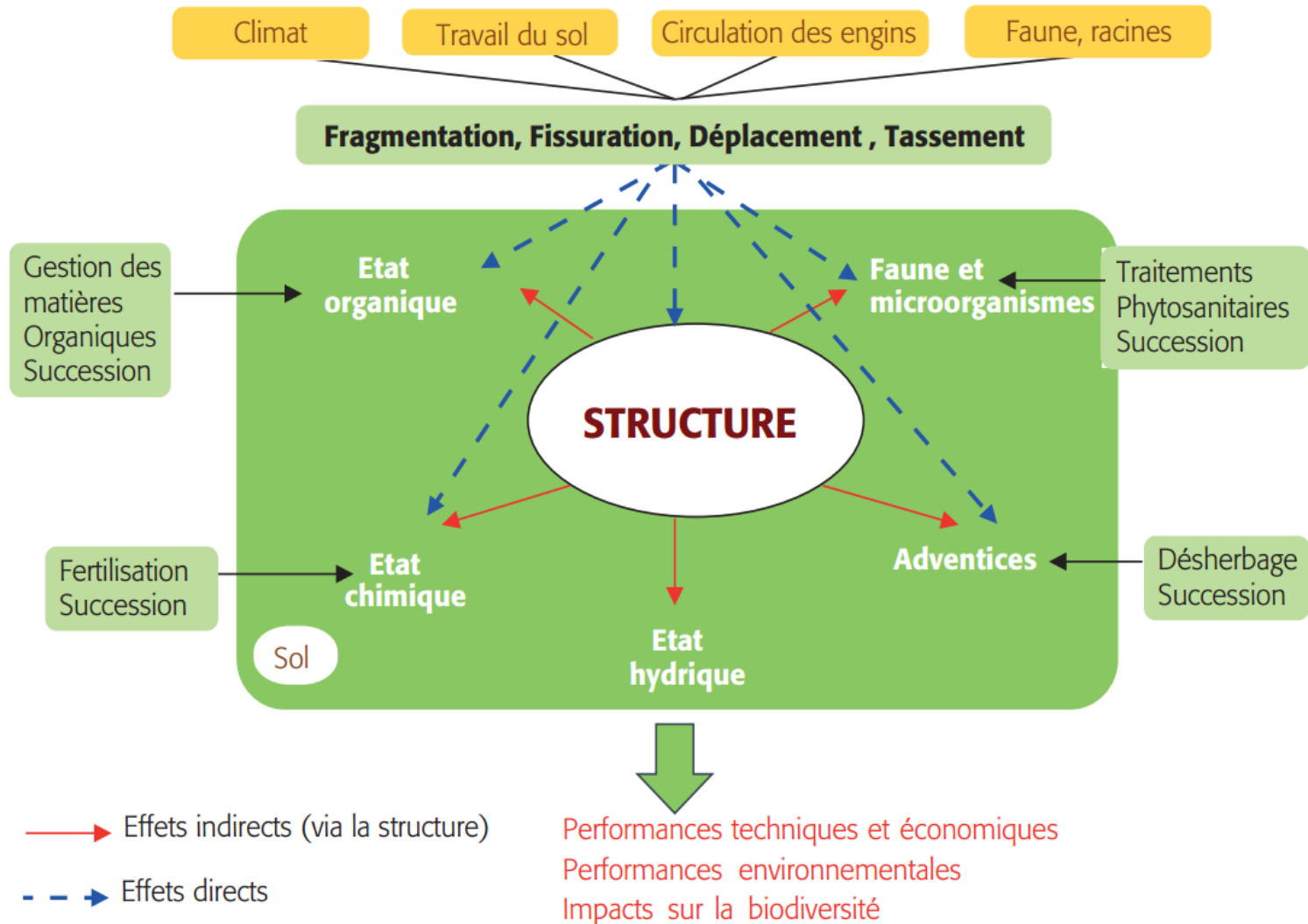


## **Jérôme Labreuche, F. Laurent, J. Roger-Estrade**

- Travail du sol et rendement
- Dynamique de la structure du sol
- Cycles C & N
- Fonctionnement biologique du sol
- Gestion de la flore adventice
- Transferts de phytosanitaires
- Etc.



# Le travail du sol au cœur des itinéraires techniques



*Roger-Estrade et al. (2014), d'après Roger-Estrade et Richard (1998)*

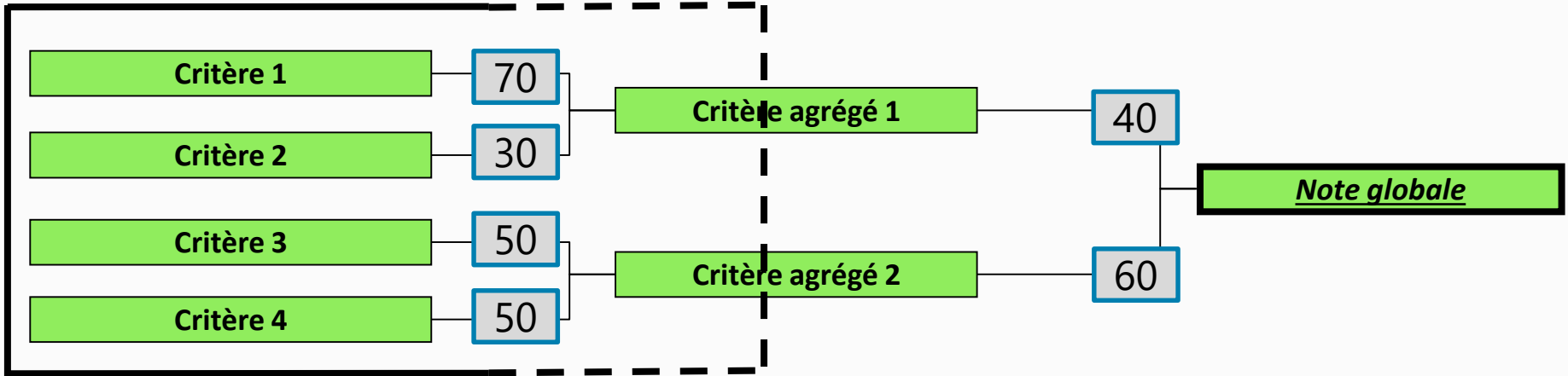
# Analyse multicritère



- Choix du travail du sol est corrélé (*Cavan et al., in press*) :
  - au contexte agronomique (succession de culture)
  - au contexte pédoclimatique (type de sol argilo-calcaire)
- Le travail du sol a des effets (souvent antagonistes) sur de nombreux éléments du système de culture...
- ... des effets décrits par des indicateurs exprimés dans des unités différentes : *recours à des indicateurs en classes.*
- ... des effets décrits partiellement dans des modèles d'analyse multicritère : MASC 2.0 (*Craheix et al., 2011*), DEXiPM (*Pelzer et al., 2012*), construits d'après la méthode DEXi (*Bohanec, 2015*).



# Méthode de construction de DEXiSOL

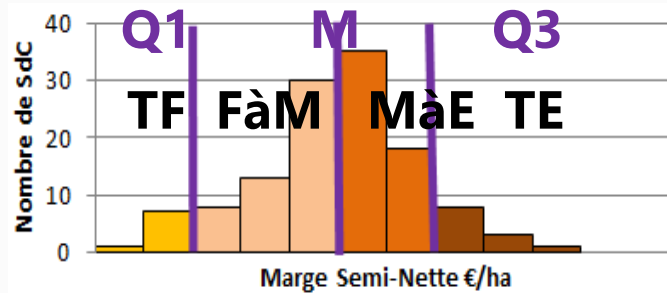


1. Choix des critères → **multiperformance**
2. Choix des pondérations *a priori* et critères agrégés
3. (Re)définition de ces critères pour mieux intégrer les effets du travail du sol (experts de chaque domaine)
4. Premiers tests du modèle (sur les essais longue durée de Boigneville)

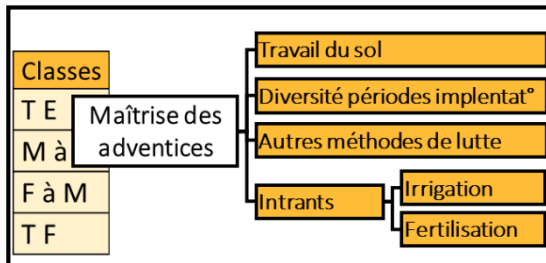
# Types de critères



Marge Semi-Nette (MSN) annuelle moyenne sur la rotation (€/ha/an)		
Classes	Valeurs Seuils MSN	
T E	> 500 €/ha	> 3 <sup>ème</sup> Quartile
M à E	[350; 500[	[médiane; Q3]
F à M	[200; 350[	[Q1; médiane]
T F	< 200€/ha	< 1 <sup>er</sup> Quartile



Quantitatif



Arbre satellite



Classe	Valeurs seuils
T E	< 18
M à E	18 ≤ Score < 23
F à M	23 < Score ≤ 28
T F	Score > 28

Entrez ci votre indice de valeur de risque		
SOL	Argileux	5
	Limono-argileux	4
	Argilo-calcaire	4
	Limoneux	2
	Limono-sableux/charbonneux crayeuse	1
Le précédent	Sableux	0
	Coza	6
	Céréales d'hiver	4
La date d'implantation	Cultures de printemps	1
	Pluri-annuelles (prairies, jachères...)	5
Sensibilité de la culture mise en place	Maïs/foin	5
	Bé/orge/praires	1
	Maïs	2
	Tournefort	4
Méthodes de lutte	Coza	6
	Beaucoup de limaces	4
		2
		0
		0
Calcul de la somme		4
		2
		1
		2
Calcul de la somme		<b>26</b>

Grille de notation



Expertise (1 seul critère)



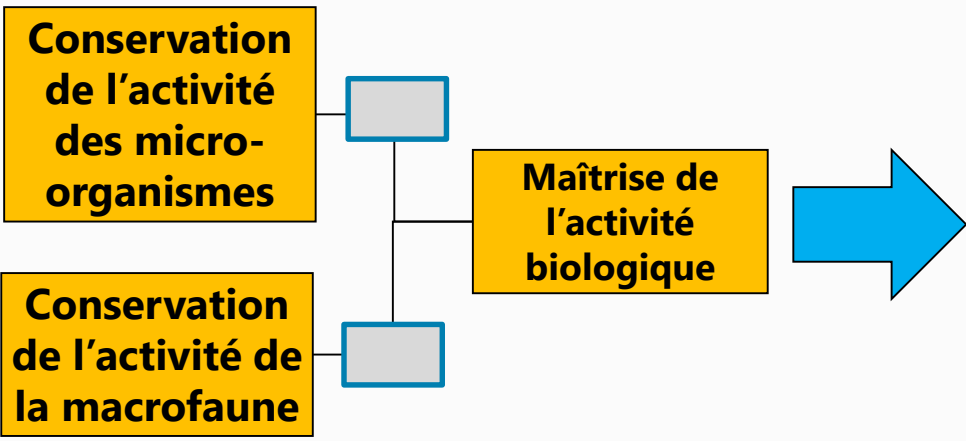
# Agrégation de plusieurs critères



Remplir chaque case du tableau d'agrégation



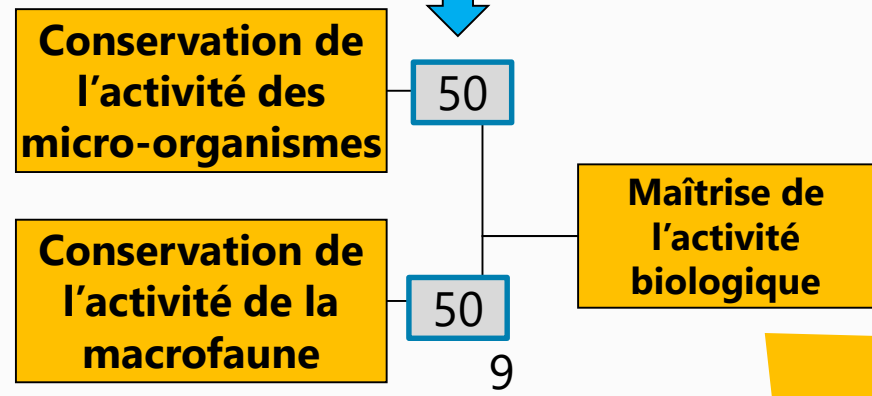
Faible Moyenne Elevée



Activité Micro-organismes	Activité Macrofaune	Activité biologique
Faible	Faible	Faible
Faible	Moyenne	?
Faible	Elevée	?
Moyenne	Faible	?
...	...	

Faible Moyenne Elevée

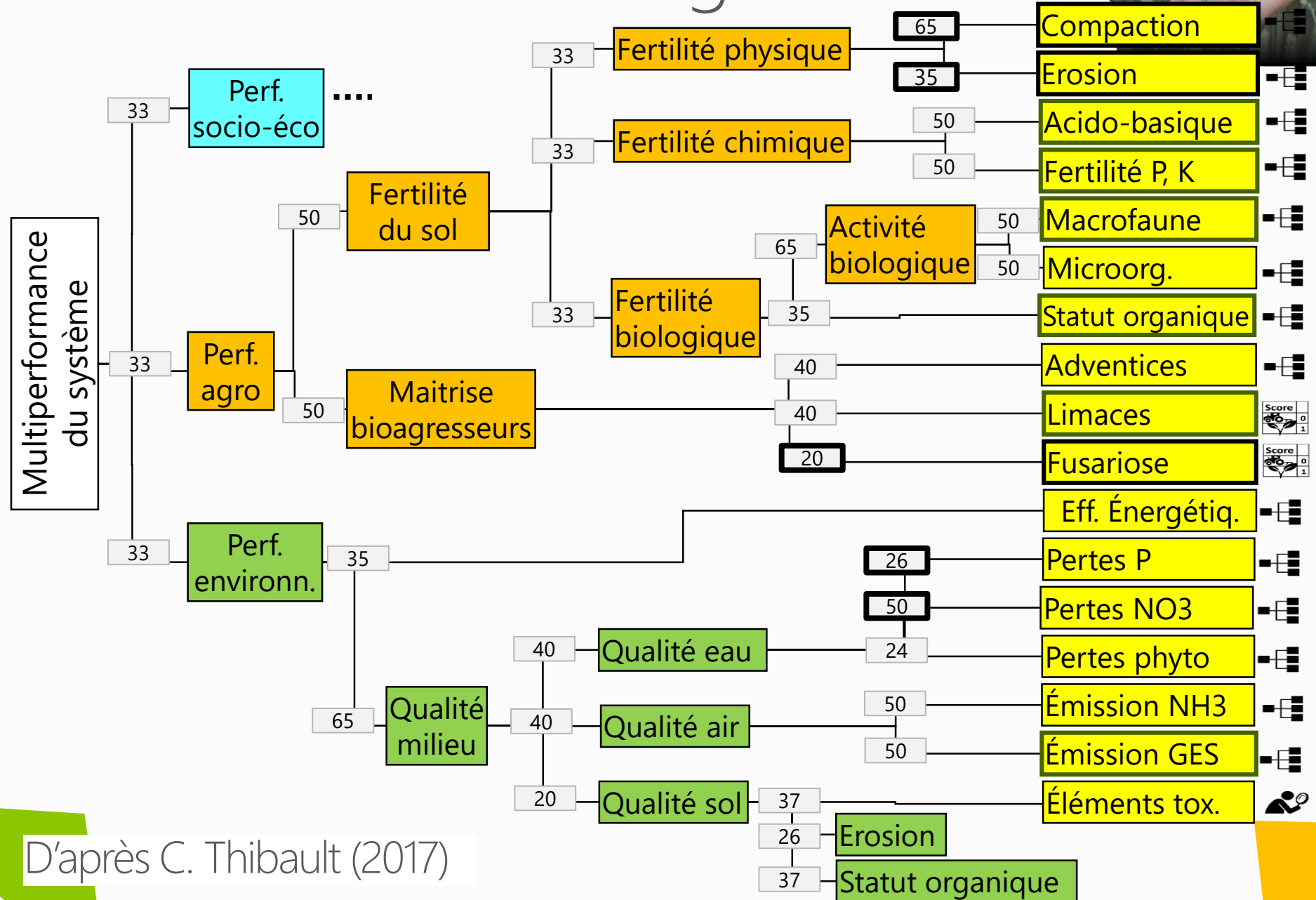
Définir une pondération





### 3. Présentation de l'arbre principal : DEXiSOL

# DEXiSOL : l'arbre général



D'après C. Thibault (2017)

# 24 fiches critère



## DEXiSOL : Maîtrise des adventices

Experts : Stéphane Cordeau, Bruno Chauvel, Pascale Métais

Mai à août 2017

Choix de la définition de la « Maîtrise des adventices » : le contrôle des adventices présentes et le maintien du stock semencier dans le sol à des niveaux suffisamment bas pour éviter des risques à long et moyen terme (préserver la capacité à produire à long terme en évitant que les adventices envahissent la parcelle jusqu'à des niveaux incontrôlables ou préjudiciables pour les cultures). (Craheix et al., 2011)

Les pratiques influent sur l'abondance, la biomasse, la diversité ou richesse et la production de semences. Certaines recommandation pour limiter la grenaison des adventices peuvent entrer en contradiction avec les processus de récolte et stockage actuel (un certain taux de MS est souhaitable empêchant une récolte trop précoce qui limiterait la grenaison des adventices).

Les pratiques qui permettent de gérer les stocks de semences et de maîtriser les adventices sont efficaces si le stock de semences d'adventices n'est pas trop élevé. Autrement, il ne reste guère plus que le désherbage chimique qui montre de plus en plus ses limites aujourd'hui.

L'arbre satellite Maîtrise des adventices de DEXiSOL, s'appuie sur l'architecture du même critère proposé dans MASC2.0. On y ajoute des caractéristiques du milieu

Selon les experts, on pourrait avoir comme priorité d'effet sur la gestion des adventices : Travail du sol > rotation efficace par la diversification des implantations et des herbicides (empêchement flore trop spécifique) > méthode lutte. De plus, les experts ont identifié dans des essais des « effets intrants » (irrigation et fertilisation), voir l'arbre de décision 1.

### Maîtrise des adventices

-Effet du travail du sol	<b>tres faible; faible a moyenne; moyenne a eleve; tres eleve</b>
-Effet de la diversite des perodes d implantation	<b>faible; moyen; eleve</b>
-Effet des methodes de lutte (adventices)	<b>tres faible; faible; moyenne; eleve; tres eleve</b>
<b>Effet des intrants</b>	<b>faible; moyen; eleve</b>
-Fertilisation	<b>moyen a eleve; faible a eleve</b>
-Irrigation	fertilisation raisonnee ou surfertilisation; <b>sous fertilisation</b>
	<b>presence; absence</b>

Arbre de décision 1 : Architecture de l'arbre satellite maîtrise des adventices. DEXiSOL 2017

## A. Hiérarchisation et choix des critères de l'arbre satellite « maîtrise des adventices » DEXiSOL

### 1. Effet du travail du sol (modification du critère de MASC2.0)

D'après les experts, l'effet du labour ne peut pas se limiter à une absence ou une présence de labour (classes proposées dans MASC2.0). En effet, le labour systématique semble pénalisant pour le système à long terme. Le plus efficace est de labourer avant la culture qui est la plus favorable à l'adventice dominante de la rotation et surtout de labourer lorsque l'infestation du précédent cultural dépasse 30% de l'enherbement de l'anté-précédent pour enfouir plus de semences adventices que l'on en remonte (Labreuche, Laurent, & Roger-Estrade, 2014). Les techniques culturales sans labour peuvent permettre de gérer une partie des adventices notamment avec des faux semis, mais selon les experts, la maîtrise reste assez difficile. Le non travail (SD) n'a pas d'effet direct sur la gestion des adventices ou leurs graines (les effets de la couverture du sol sont pris en compte dans un autre critère).

On propose 3 classes pour qualifier l'effet du travail du sol dans le tableau 1.

Experts sollicités

Description générale de l'effet du travail du sol

Arbre satellite

Description détaillée

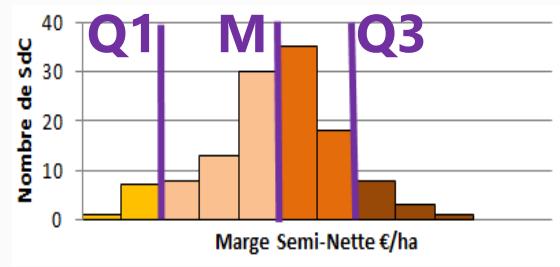
... Fonction d'agrégation



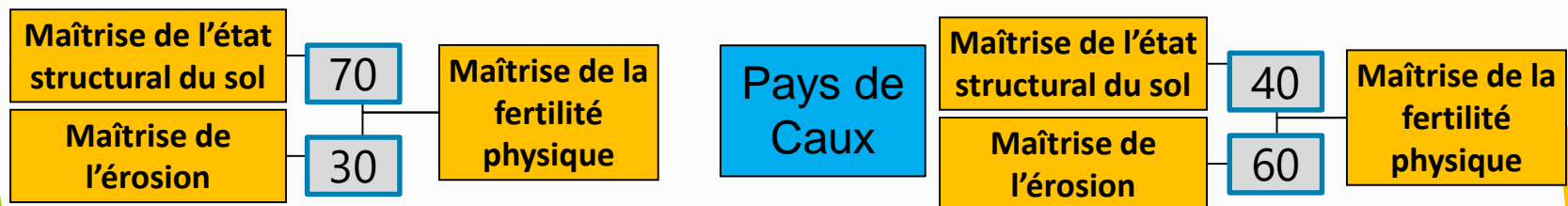
# Prise en compte du contexte agronomique pédoclimatique

- Seuillage des variables quantitatives

Marge Semi-Nette (MSN) annuelle moyenne sur la rotation (€/ha/an)	
Classes	Valeurs Seuils MSN
T E	> 500 €/ha >3 <sup>ème</sup> Quartile
M à E	[350; 500[ [médiane; Q3[
F à M	[200; 350[ [Q1; médiane[
T F	< 200€/ha < 1 <sup>er</sup> Quartile



- Définition même de l'indicateur. *Ex : le type de sol influe sur la note de risque fusariose.*
- Pondérations changeables pour l'agrégation



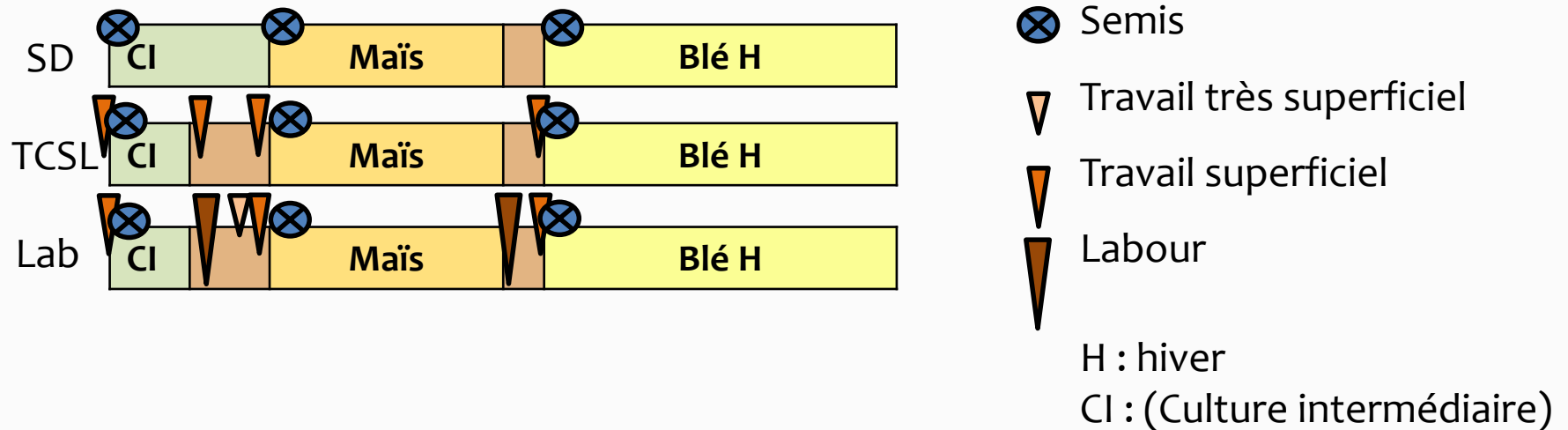


## 4. Premiers résultats sur les essais travail du sol de Boigneville

# Essais de Boigneville



- 3 modalités de travail du sol : labour – TCSL – semis direct
- Limons argileux, < 15% pierrosité non battant, profond, plat
- Résultats présentés sur la rotation maïs-blé



# Représentation synthétique des effets du travail du sol



- Présentation des résultats pour la perf. Environnementale :
  - Semis direct

↓ 1 /4	Capacité à limiter les émissions de NH3	↓ 1 /4	Contribution à la qualité de l'air	↓ 2 /4	Contribution à la qualité de l'environnement	↓ 2 /4	Performances environnementales
↔ 2 /4	Capacité à limiter les émissions d'autres GES		Contribution à la qualité de l'eau				
↑ 3 /4	Capacité à limiter les transferts de NO3	↑ 3 /4	Contribution à la qualité du sol				
↑ 3 /4	Capacité à limiter les transferts de P						
↔ 2 /4	Capacité à limiter les transferts de produits sanitaires						
↑ 3 /4	Maîtrise du statut organique du sol						
↑ 3 /4	Maîtrise accumulation élém. toxiques						
↑ 3 /4	Maîtrise de l'érosion						
↑ 3 /4	Efficiéce énergétique						

- Techniques culturales sans labour

↑ 2 /4	Capacité à limiter les émissions de NH3	↔ 2 /4	Contribution à la qualité de l'air	↔ 2 /4	Contribution à la qualité de l'environnement	↔ 2 /4	Performances environnementales
↑ 2 /4	Capacité à limiter les émissions d'autres GES		Contribution à la qualité de l'eau				
↑ 3 /4	Capacité à limiter les transferts de NO3	↑ 3 /4	Contribution à la qualité du sol				
↑ 3 /4	Capacité à limiter les transferts de P						
↑ 2 /4	Capacité à limiter les transferts de produits sanitaires						
↑ 3 /4	Maîtrise du statut organique du sol						
↑ 3 /4	Maîtrise accumulation élém. toxiques						
↑ 3 /4	Maîtrise de l'érosion						
↑ 3 /4	Efficiéce énergétique						

- labour

↑ 2 /4	Capacité à limiter les émissions de NH3	↓ 1 /4	Contribution à la qualité de l'air	↔ 3 /4	Contribution à la qualité de l'environnement	↔ 3 /4	Performances environnementales
↓ 1 /4	Capacité à limiter les émissions d'autres GES		Contribution à la qualité de l'eau				
↑ 4 /4	Capacité à limiter les transferts de NO3	↔ 3 /4	Contribution à la qualité du sol				
↑ 3 /4	Capacité à limiter les transferts de P						
↑ 3 /4	Capacité à limiter les transferts de produits sanitaires						
↑ 3 /4	Maîtrise du statut organique du sol						
↑ 3 /4	Maîtrise accumulation élém. toxiques						
↑ 3 /4	Maîtrise de l'érosion						
↑ 2 /4	Efficiéce énergétique						



# Principaux résultats



- Même note globale. Note globale = f(rotation)
- Même note (ou presque) pour chacune des 3 performances.
- *Effets antagonistes du type de travail du sol ?*
- DEXiSol permet :
  - De distinguer les différences entre systèmes de travail du sol au niveau des critères peu ou pas agrégés
  - De prendre en compte le contexte agronomique et pédoclimatique pour évaluer un système de travail du sol

Un critère sous-estimé sur les deux modalités sans labour (TCSL et SD) : maîtrise des adventices

# 4. Perspectives



- Amélioration de DEXiSol :
  - Poursuite de l'évaluation de la cohérence du modèle (notamment SdC avec colza)
  - Analyse de sensibilité
- Publication à venir et mise à disposition après le dépôt légal (DIRV en cours)
- Classement des nouveaux essais adventices qui seront mis en place à Boigneville.

# Références



Le documents de 4 pages sur le stage sur le site du GIS : <https://www.gchp2e.fr/Actions-thematiques/Gestion-durable-des-sols/Conception-d-un-modele-d-evaluation-multicritere-des-effets-du-travail-du-sol>

Bohanec, M.: *DEXi: Program for Multi-Attribute Decision Making, User's Manual, Version 5.00*. IJS Report DP-11897, Jožef Stefan Institute, Ljubljana, 2015.

Cavan N., Labreuche J., Wissocq A., Angevin F., Cousin I., *in press*. Les cultures d'automne et les sols argilo-calcaires sont favorables à la mise en œuvre des techniques culturales sans labour. *Etude et Gestion des Sols*.

Craheix, D., Angevin F., Bergez J-E., Bockstaller C., Colomb B., Guichard L., Reau R., Sadok W., et Doré T. « MASC2.0, Un outil pour l'analyse de la contribution des systèmes de culture au développement durable. Jeu complet de fiches critères MASC 2.0 ». INRA - AgroParisTech - GIS HP2E, 2011.

Pelzer E., Fortino G., Bockstaller C., Angevin F., Lamine C., Moonen C., Vasileiadis V., et al. « Assessing Innovative Cropping Systems with DEXiPM, a Qualitative Multi-Criteria Assessment Tool Derived from DEXi ». *Ecological Indicators* 18 (juillet 2012): 171-82. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2011.11.019>.

Roger-Estrade J., Labreuche J., et H. Boizard. « Importance du travail du sol : typologie des modes de mise en oeuvre et des effets sur le rendement des cultures ». In *Faut-il travailler le sol? Acquis et innovations pour une agriculture durable*, Quae., 1:11-27. Paris, 2014.

Merci de votre attention !