

# Proposition d'une méthodologie de conception multi-objective de systèmes de culture à partir de simulations

**Nathalie Colbach,**

F. Colas, O. Pointurier, W. Queyrel, J. Villerd<sup>§</sup>



Agroécologie, AgroSup Dijon, INRA, Univ. Bourgogne Franche-Comté, Dijon  
Nathalie.Colbach@inra.fr

<sup>§</sup> LAE, INRA, Université de Lorraine, F-54500 Vandoeuvre-lès-Nancy



# Comment concilier trois objectifs antagonistes



**Systemes de culture**



**Perte de rendement**  
**Salissement du champ**



**Relais pour d'autres**  
**bioagresseurs**



**Biodiversité**  
**végétale**  
**sauvage**

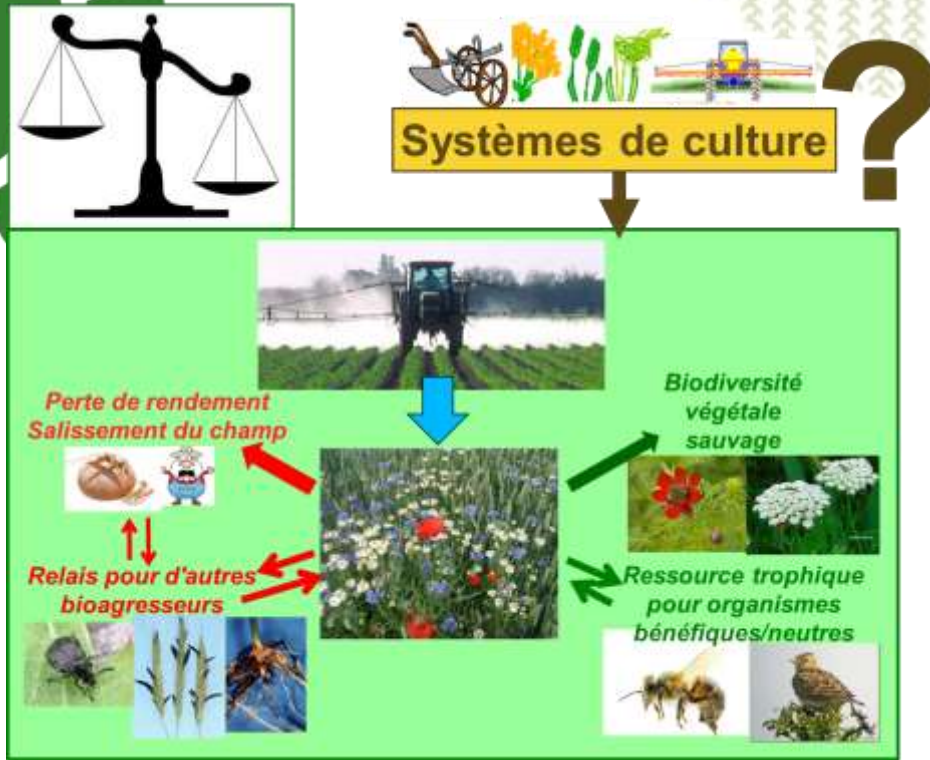


**Ressource trophique**  
**pour organismes**  
**bénéfiques/neutres**





# Comment concilier trois objectifs antagonistes

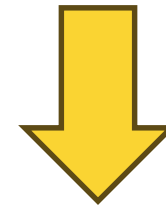


Nombreuses techniques

Interactions

Effets long-terme

Nombreux critères



**Modélisation  
& simulation**



# Une méthode combinant enquêtes et simulations

Expérimentations virtuelles

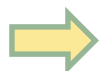


Trade-off entre critères d'évaluation

Enquête

Simulation

Arbre de décision



Classer les stratégies en fonction de leur performance multicritère

Évaluer le système candidat

Identification de modifications prometteuses

Tester les systèmes alternatifs



Stratégies conciliant production agricole, biodiversité et faible usage herbicide

Simulation

Évaluation

# Une méthode combinant enquêtes et simulations

Expérimentations virtuelles



Trade-off entre critères d'évaluation

Enquête

Simulation

Arbre de décision



Classer les stratégies en fonction de leur performance multicritère

Évaluer le système candidat

Identification de modifications prometteuses

Tester les systèmes alternatifs



Stratégies conciliant production agricole, biodiversité et faible usage herbicide

Simulation

Évaluation

# Expérimentations virtuelles

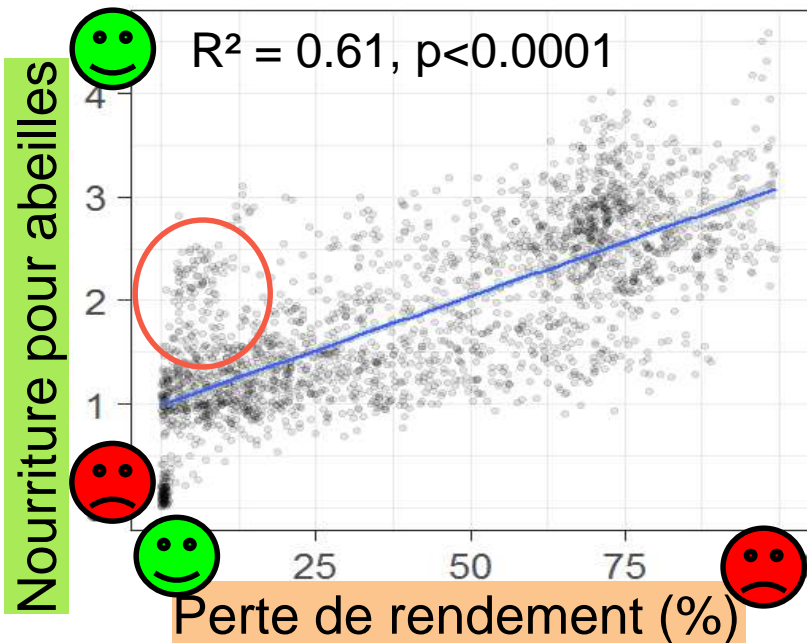
Expérimenter de nombreux systèmes de culture contrastés avec la parcelle virtuelle FLORSYS → indicateurs d'impact de la flore adventice



## Plan de simulation

- 255 systèmes de culture de 7 régions
  - *Enquête en exploitation*
  - *Conseillers*
  - *Biovigilance-Flore*
  - *Experts*
- 10 répétitions météo
- 27 années

# Synergies et antagonismes entre objectifs



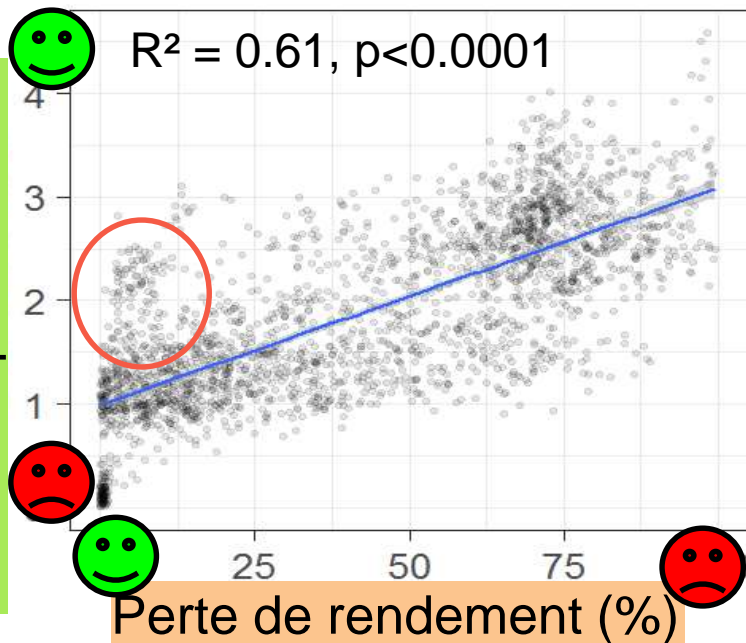
→ Si biodiversité ↗, nuisibilité ↗

→ Il y a des cas avec faible nuisibilité et forte biodiversité

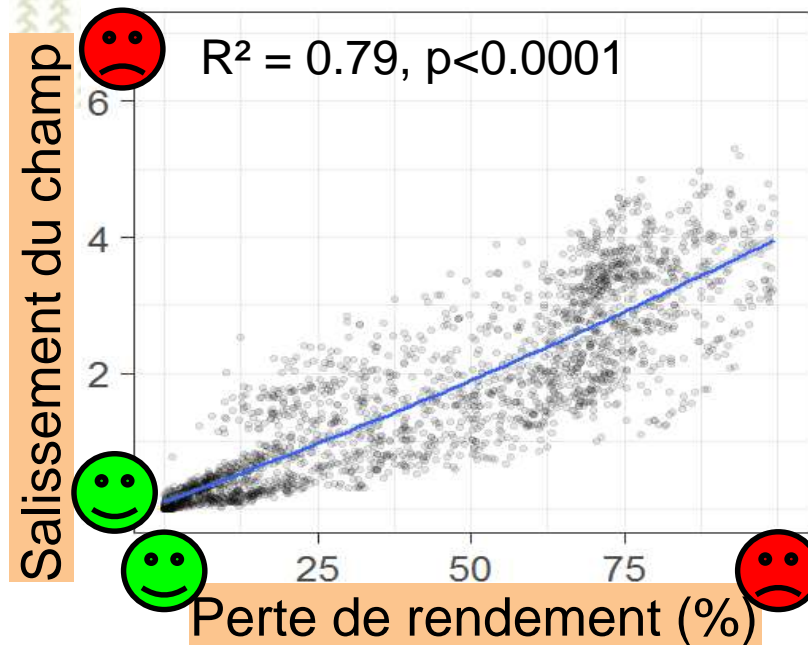


# Synergies et antagonismes entre objectifs

Nourriture pour abeilles



Salissement du champ

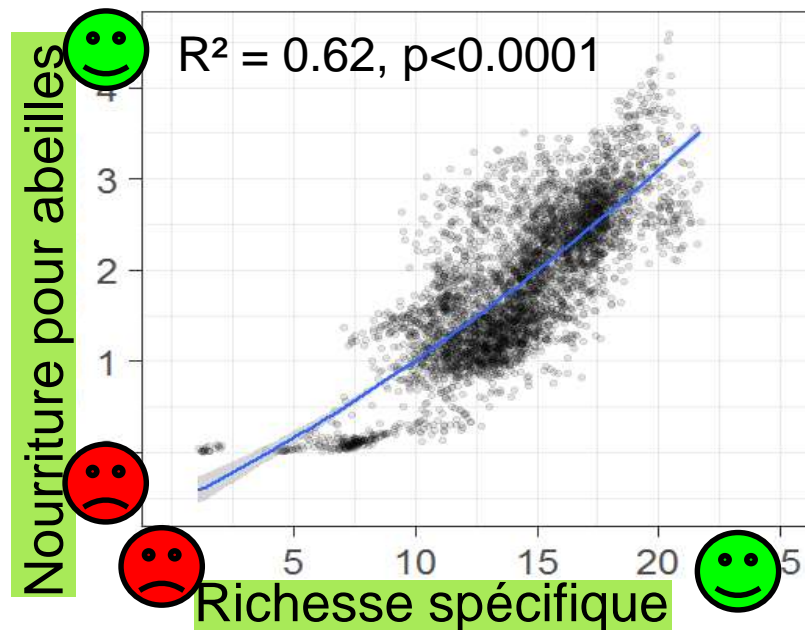
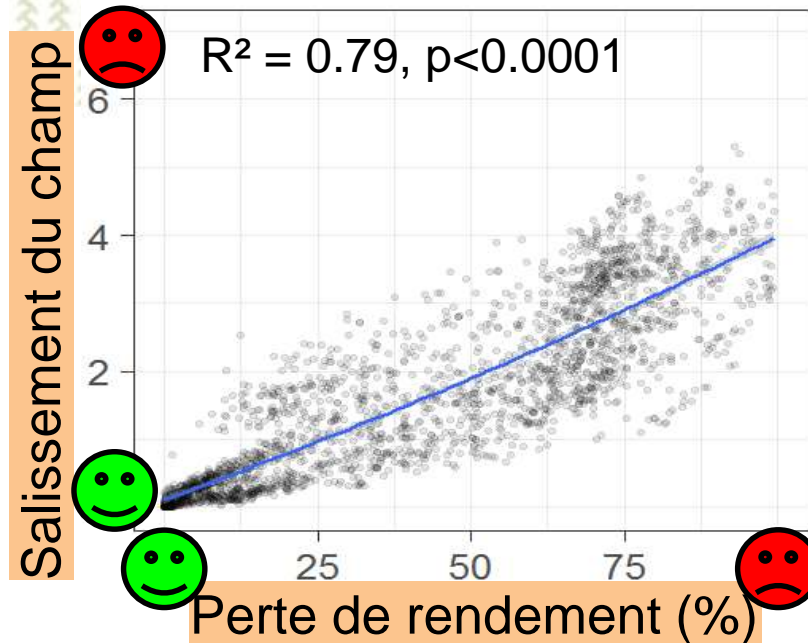
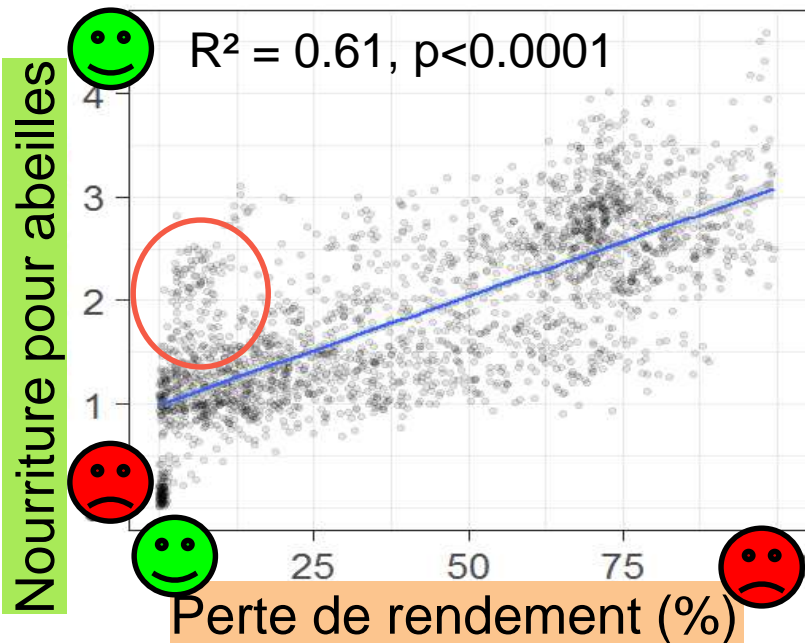


- Si biodiversité ↗, nuisibilité ↗
- Il y a des cas avec faible nuisibilité et forte biodiversité

- Les indicateurs de nuisibilité sont corrélés
- Ce sont les mêmes systèmes qui réduisent tous les aspects de nuisibilité



# Synergies et antagonismes entre objectifs



- Si biodiversité ↗, nuisibilité ↗
- Il y a des cas avec faible nuisibilité et forte biodiversité
- Les indicateurs de nuisibilité sont corrélés
- Ce sont les mêmes systèmes qui réduisent tous les aspects de nuisibilité
- Les indicateurs de biodiversité sont corrélés
- Ce sont les mêmes systèmes qui favorisent tous les aspects de biodiversité

# Une méthode combinant enquêtes et simulations

Expérimentations virtuelles



Trade-off entre critères d'évaluation

Enquête

Simulation

Arbre de décision



Classer les stratégies en fonction de leur performance multicritère

Évaluer le système candidat

Identification de modifications prometteuses

Tester les systèmes alternatifs



Stratégies conciliant production agricole, biodiversité et faible usage herbicide

Simulation

Évaluation

# Une note multicritère à partir des indicateurs

## Choix des indicateurs

### Nuisibilité

Directe	Perte de rendement
Indirecte	Promotion de parasite
Sociologique	Salissement du champ
Ecotoxicologique	Usage herbicide

### Bénéfices

Ressources trophiques pour	Pollinisateurs
----------------------------	----------------



## Note individuelle

Note	Relative au maximum observé or possible	
	Nuisibilité	Biodiversité
A (meilleure)	< 5%	> 75%
B	5-10%	70-75%
C	10-20%	60-70%
D	20-30%	50-60%
E (pire)	> 30%	< 50%

## Note multicritère

Note multicritère	Note individuelle	
	Perte de rendement	Autre
<b>A (meilleure)</b>	A	A

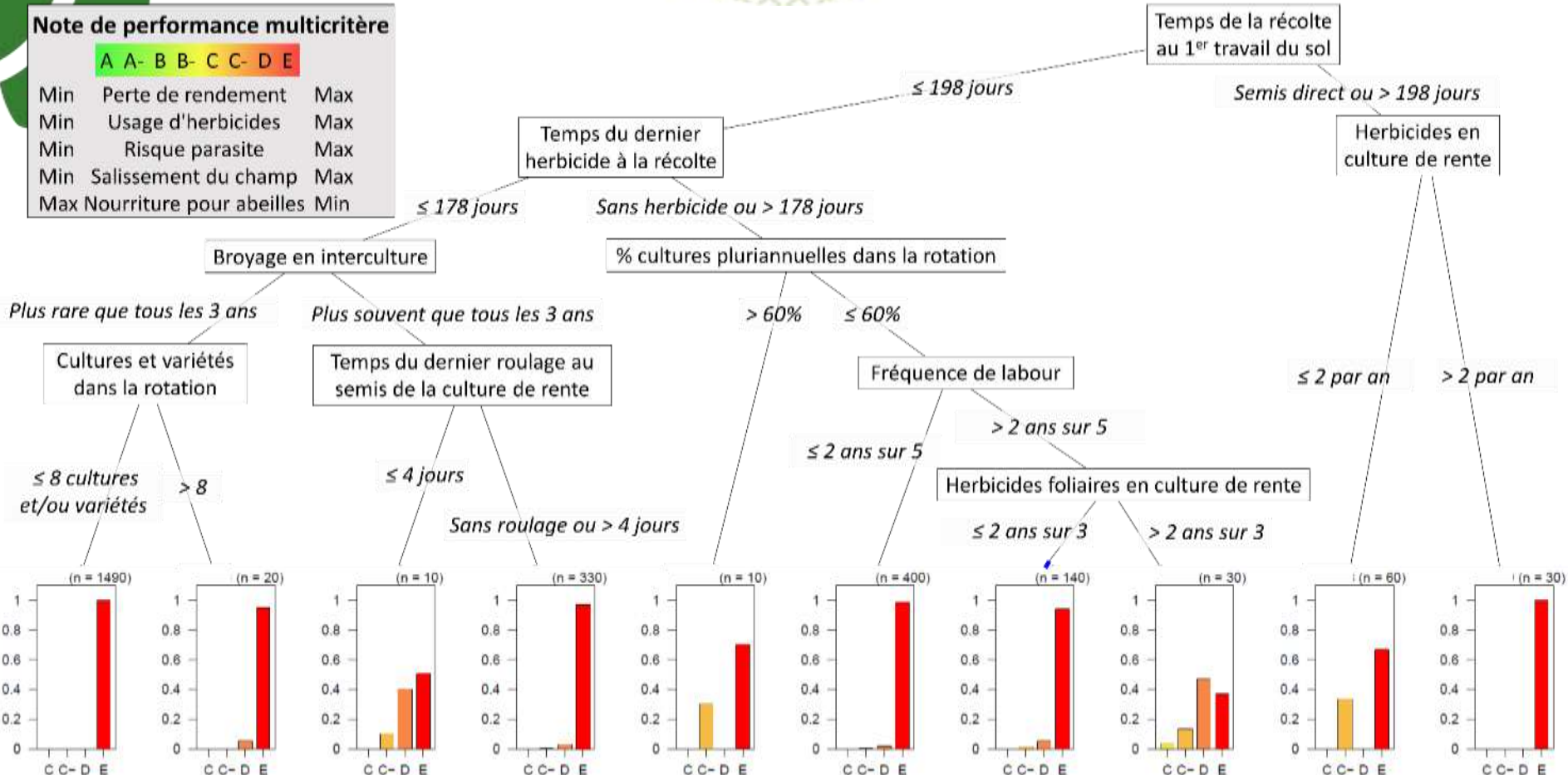
# Arbre de décision multicritère

Des combinaisons de pratiques pour atteindre une combinaison d'objectifs

## Note de performance multicritère

A A- B B- C C- D E

Min	Perte de rendement	Max
Min	Usage d'herbicides	Max
Min	Risque parasite	Max
Min	Salissement du champ	Max
Max	Nourriture pour abeilles	Min





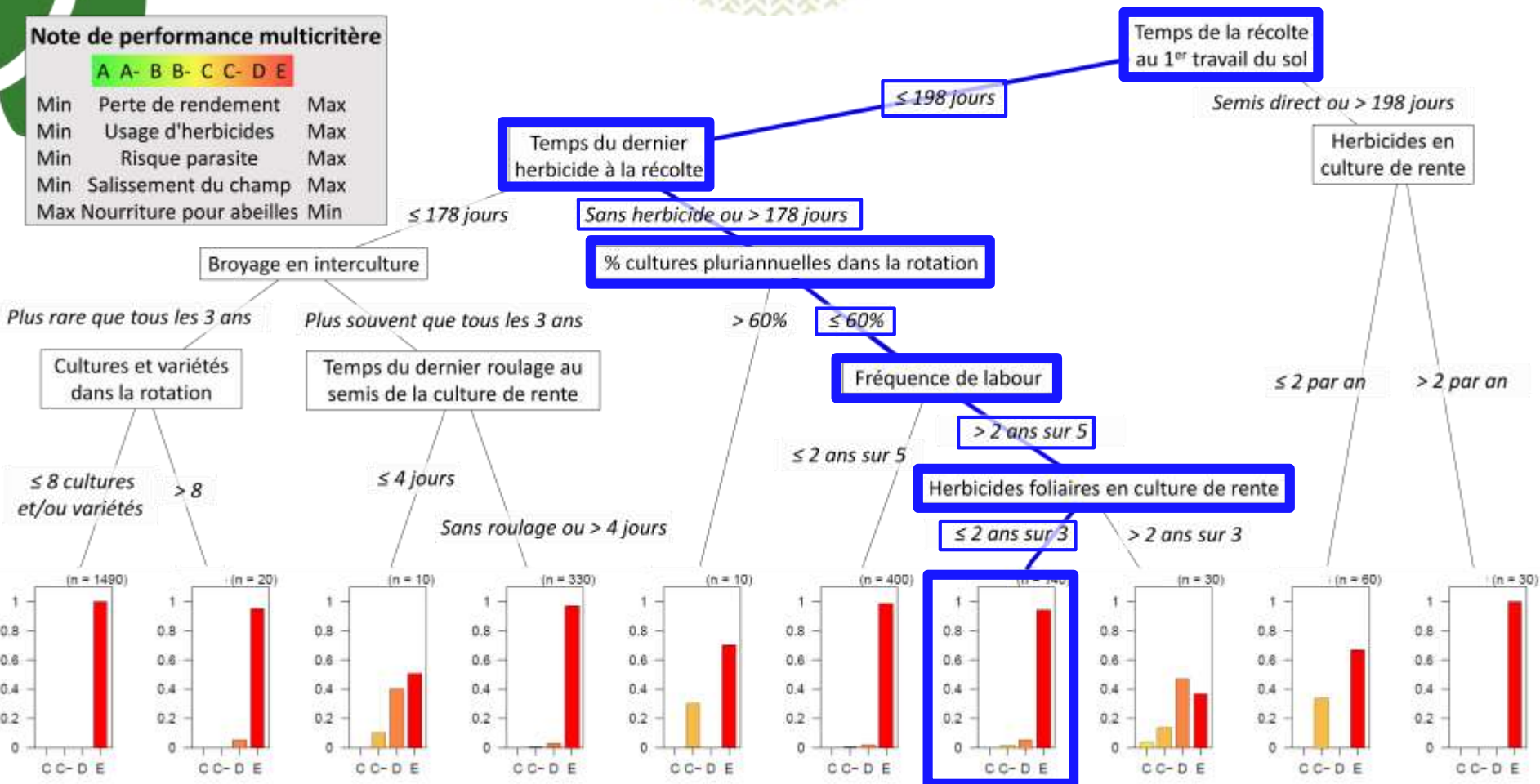
# Arbre de décision multicritère

## Évaluer un système existant

### Note de performance multicritère

A A- B B- C C- D E

Min	Perte de rendement	Max
Min	Usage d'herbicides	Max
Min	Risque parasite	Max
Min	Salissement du champ	Max
Max	Nourriture pour abeilles	Min



## Identifier des changements pour améliorer la performance multicritère



# Une méthode combinant enquêtes et simulations

Expérimentations virtuelles



Trade-off entre critères d'évaluation

Enquête

Simulation

Arbre de décision



Classer les stratégies en fonction de leur performance multicritère

Évaluer le système candidat

Identification de modifications prometteuses

Tester les systèmes alternatifs



Stratégies conciliant production agricole, biodiversité et faible usage herbicide

Simulation

Évaluation

# Tester les modifications avec FLORSYS

					Note de performance multicritère							
					A A- B B- C C- D E							
					Min		Perte de rendement				Max	
					Min		Usage d'herbicides				Max	
					Min		Risque parasite				Max	
					Min		Salissement du champ				Max	
					Max		Nourriture pour abeilles				Min	
	Changement identifié sur l'arbre	Modifications			A	A-	B	B-	C	C-	D	E
R		Système à améliorer			0	0	0	0	0	0	0.3	0.7
I1	Herbicides foliaires au moins 2 ans sur 3	Remplacé 1 herbicide	pseudo-racinaire	en orge par un foliaire	0	0	0	0	0.1	0	0.2	0.7
I1'			pseudo-racinaire/racinaire		0	0	0	0	0.3	0.4	0.3	
I2	Broyage au moins 1 an sur 3	Broyage avant céréales			0	0	0	0	0	0.0	0.2	0.8
	Rouleau avant semis	Rouleau au semis										
I3	Semis direct ou 1 <sup>er</sup> travail après 198 jours	Ajouté tournesol (+blé) pour retarder le travail du sol			0	0	0	0	0	0.1	0	0.9
O	Combiner les meilleures options	I1' et I2			0	0	0	0	0.1	0.2	0.3	0.4



# Conclusion

## La méthode

- Améliore pas-à-pas  
*vers un performance multicritère*
- Propose des grands classiques (ex. Labourer)  
*mais aussi des options peu connues & interactions (ex. broyage et rouleau avant semis)*
- Classe en fonction des effets moyens  
*mais aussi probabilités de réussite et d'échec*
- Prédit des effets  
*mais permet aussi de comprendre les mécanismes sous-jacents*

## Limites

- Si le nombre de critères à concilier ↗, les options de gestion ↘
- Impossible de concilier production, biodiversité et faible usage herbicide

## Perspectives

- Améliorer les arbres pour concilier les 3 types d'objectifs  
*en explorant des systèmes innovants (DEPHY), extrêmes (ex. sans herbicides, sans travail du sol), aléatoires ....*



# Merci de votre attention

Proposition d'une méthodologie de conception multi-objective de systèmes de culture à partir de simulations

**Nathalie Colbach,**

F. Colas, O. Pointurier, W. Queyrel, J. Villerd<sup>§</sup>



Agroécologie, AgroSup Dijon, INRA, Univ. Bourgogne Franche-Comté, Dijon  
Nathalie.Colbach@inra.fr

<sup>§</sup> LAE, INRA, Université de Lorraine, F-54500 Vandoeuvre-lès-Nancy

