



Evaluation des performances de systèmes de culture innovants pour la gestion durable des adventices : exemple d'un groupe DEPHY Ferme de l'Eure

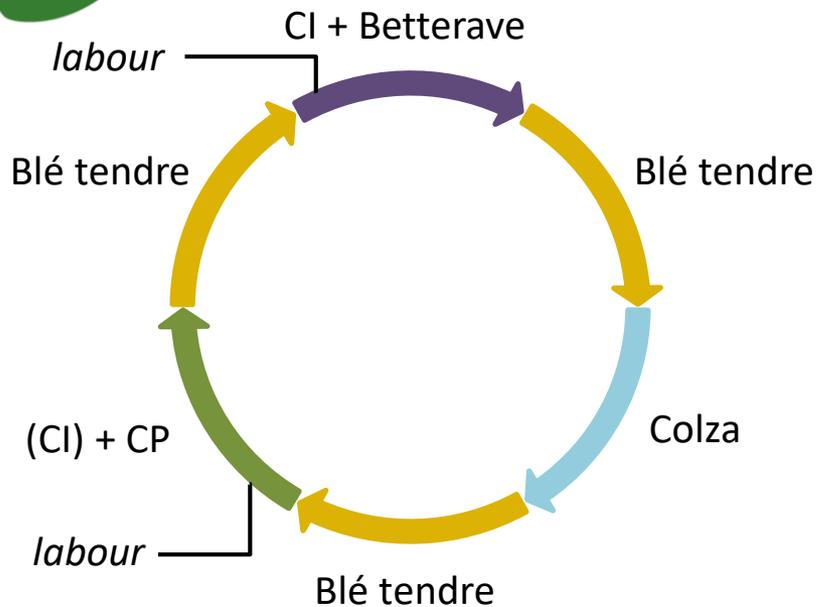
N. Cavan, B. Omon, T. Castel, N. Colbach, F. Angevin



1. Contexte de l'étude : un groupe DEPHY Ferme de l'Eure
2. Performances des systèmes de culture pour la gestion durable des adventices
3. Evolution des performances avec le changement climatique
4. Evolution de la durabilité des systèmes de culture : exemple de la qualité physique du sol

1. Contexte de l'étude : un groupe DEPHY Ferme de l'Eure

Systeme de culture type & problématique adventice



CI : culture intermédiaire
CP : culture de printemps
(maïs grain, lin textile, pois, orge, etc.)

- Autres types de systèmes :
 - Prairie / luzerne en tête de succession
 - Succession diversifiée : 2 cultures de printemps (sans betterave ni maïs).

- Intensité de travail du sol :

Non labour continu

Labour annuel



Grande variabilité des pratiques. Un des leviers majeurs pour réduire l'usage d'herbicides

Principale problématique adventice : raygrass et/ou vulpin, avec apparition de résistances + Suppression à venir du glyphosate ?

Historique de ce groupe DEPHY Ferme

Passage d'une approche ITK à une approche système

Objectifs initiaux :
IFT herbicides ≤ 1
Maîtrise adventices

Nouvelle étape de conception à évaluer

Performances de gestion des adventices ?
Utilisation de FLORSYS



Objectif ajouté :
Durabilité du SdC
Evaluation multicritère avec un outil DEXi

Système de culture initial

Qualité de l'environnement (3/5)	Qualité de l'eau (3/4)	Potential d'eutrophisation (3/4)	Lixiviation du phosphore (3/4)
			Lixiviation de NO3 (3/4)
		Qualité des eaux souterraines (3/4)	Lixiviation des pesticides (3/5)
			Lixiviation de NO3 (3/4)
	Potentiel d'écotoxicité aquatique (2/4)	Risque lié aux pesticides (2/4)	
		Risque de métaux lourds (3/4)	
		Risque de compaction (4/4)	
	Qualité du sol (2/4)	Qualité physique du sol (3/4)	Risque d'érosion (2/4)
		Qualité chimique du sol (2/4)	Matière organique (1/3)
			Fertilis P (2/4)
Qualité biologique du sol (2/4)		Perturbation chimique (3/5)	
Emissions atmosphériques (3/4)		Intensité de la fertilisation (2/3)	
		Stress physique (2/4)	
	Gaz à effet de serre (3/4)	N2O (3/4)	
		CO2 (2/4)	
	NH3 (2/4)	Fertilisants azotés (2/4)	

Système innovant après une rotation complète

Qualité de l'environnement (5/5)	Qualité de l'eau (5/4)	Potential d'eutrophisation (4/4)	Lixiviation du phosphore (4/4)
			Lixiviation de NO3 (3/4)
		Qualité des eaux souterraines (3/4)	Lixiviation des pesticides (3/5)
			Lixiviation de NO3 (3/4)
	Potentiel d'écotoxicité aquatique (3/4)	Risque lié aux pesticides (3/4)	
		Risque de métaux lourds (4/4)	
		Risque de compaction (4/4)	
	Qualité du sol (5/4)	Qualité physique du sol (4/4)	Risque d'érosion (3/4)
		Qualité chimique du sol (2/4)	Matière organique (2/4)
			Fertilis P (3/3)
Qualité biologique du sol (4/4)		Perturbation chimique (4/5)	
Emissions atmosphériques (3/4)		Intensité de la fertilisation (2/3)	
		Stress physique (3/4)	
	Gaz à effet de serre (3/4)	N2O (3/4)	
		CO2 (2/4)	
	NH3 (2/4)	Fertilisants azotés (2/4)	
		IFT total pesticides (4/5)	
		Risque de densité des populations	

Evolution de la durabilité ?
3^{ème} évaluation de la durabilité

Demandes vis-à-vis du modèle mécaniste FLORSYS :

- Tester l'effet d'associations de pratiques innovantes ;
- Enseignements sur la dynamique de moyen – long terme des adventices.

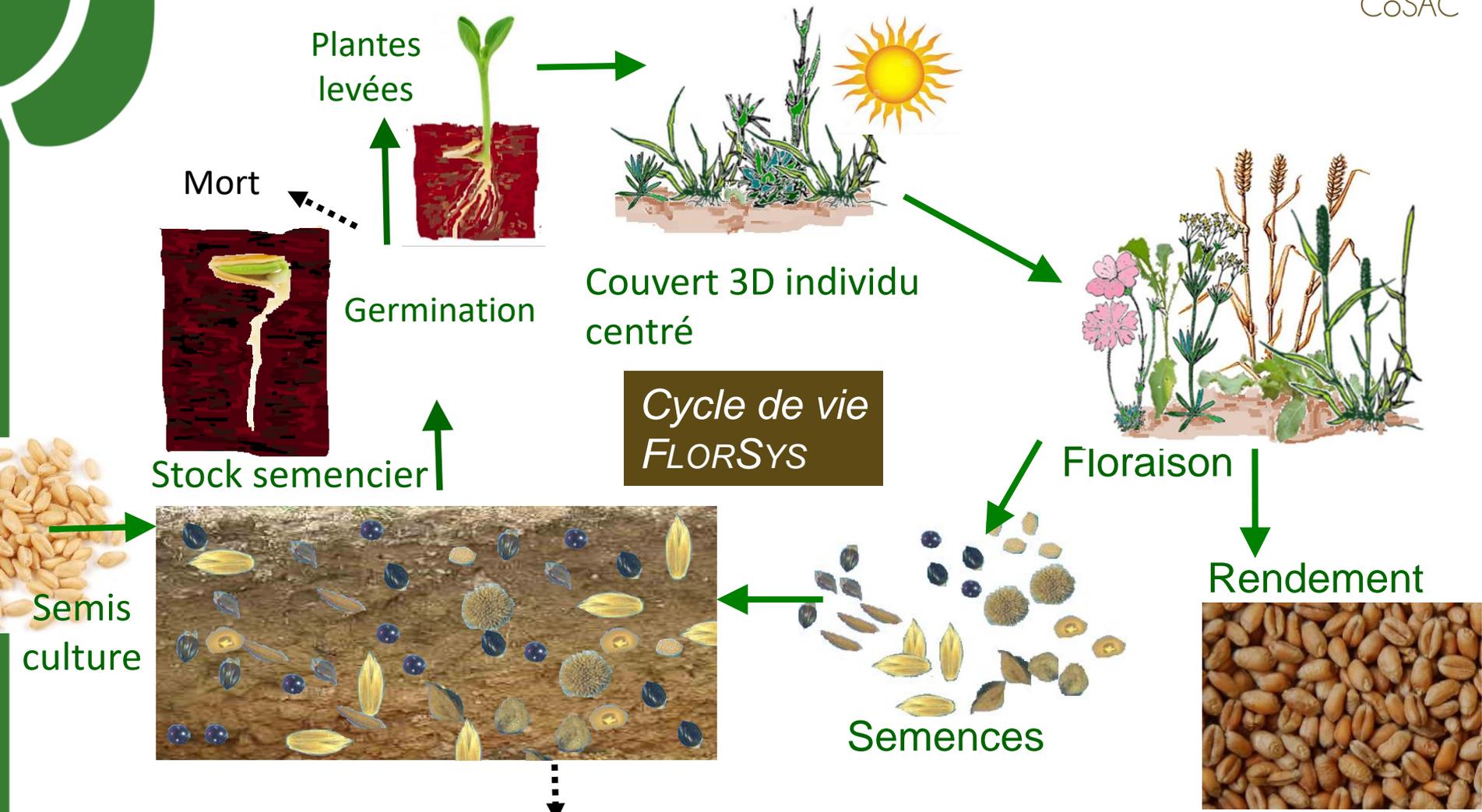
2. Performances pour la gestion durable des adventices

Plan de simulation

Définition des indicateurs de gestion des adventices

Résultats de simulation

Structure de FLORSYS (d'après N. Colbach)



Pas de temps journalier

Colbach et al (2006, 2010, 2014) Eur J Agron,
Colbach et al (2007) Ecol Mod; Gardarin et al. (2012)
Ecol Mod; Munier-Jolain et al (2013) Ecol Mod, (2014) Field Crops Res

Plan de simulation

12 évolutions de systèmes de culture (un système *Pratiqué* avec un système *Innovant* associé)

Pour chaque système de culture évalué :

- 10 répétitions climatiques
- 30 années de simulation
- (+ scénarios climatiques futurs)

Pour **chaque année de simulation**, une synthèse d'indicateurs est fournie.

Indicateurs de nuisibilité des adventices (1/3) : *pertes de rendement*



CC-BY-SA Myrabella

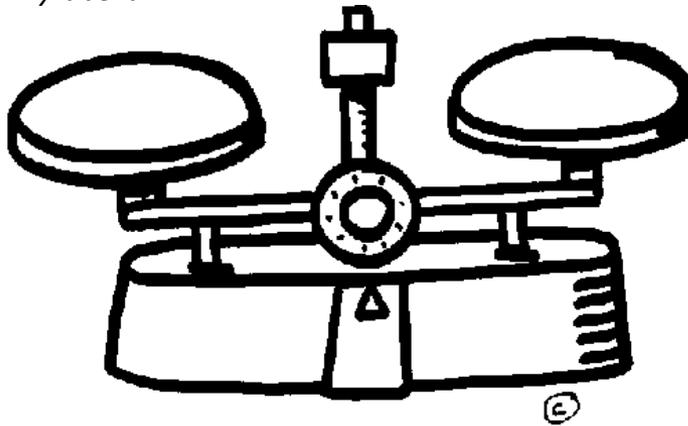


© F. Angevin

Biomasse adventices

Biomasse culture

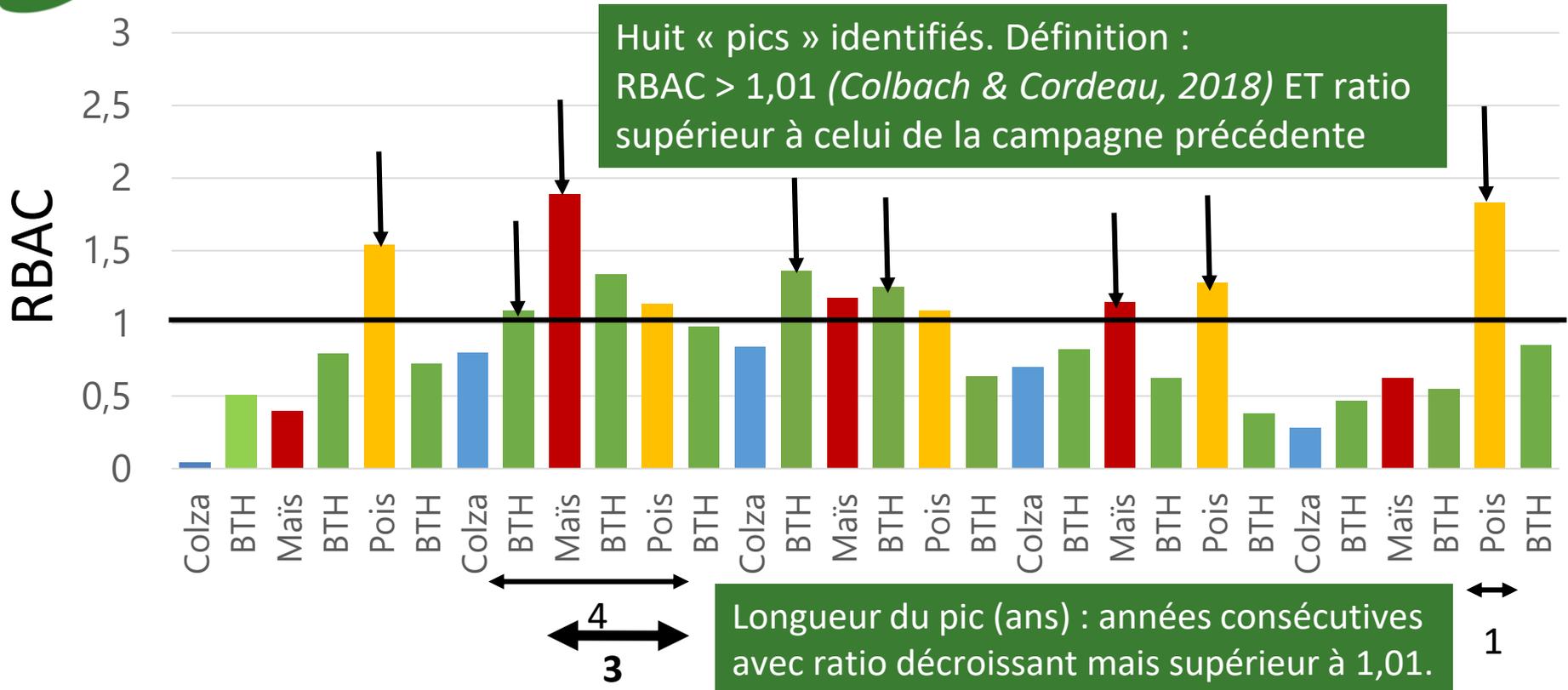
... au début de la floraison
de la culture de rente



Ratio Biomasse Adventices sur biomasse
de la Culture au début de la floraison de la
culture de rente (RBAC) : Proxy de la perte
de rendement due aux adventices
(Colbach & Cordeau, 2018)

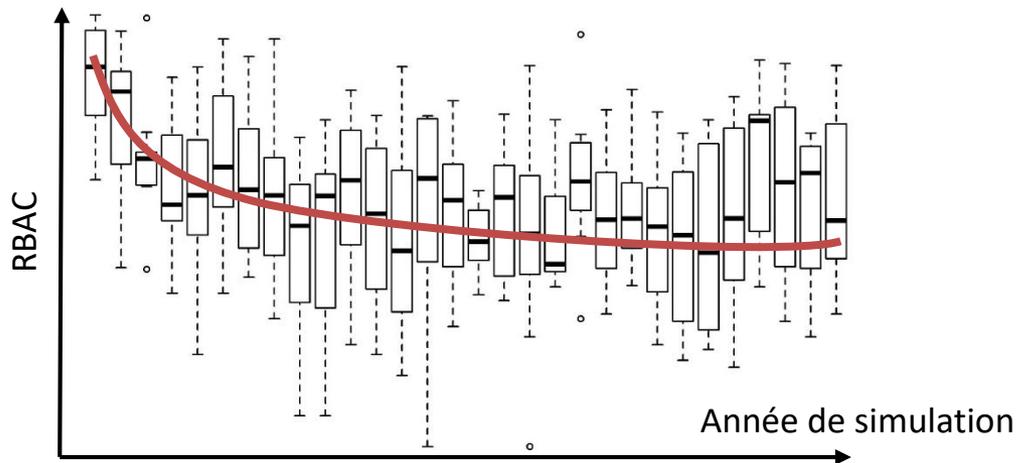
Indicateurs de nuisibilité des adventices (2/3) : *résilience du système de culture*

Pour chaque répétition climatique :



Indicateur « Pics » : Nombre de pics adventices * Longueurs des pics
 $\equiv 1 / \text{Résilience du système de culture face à un pic de pression due aux adventices}$

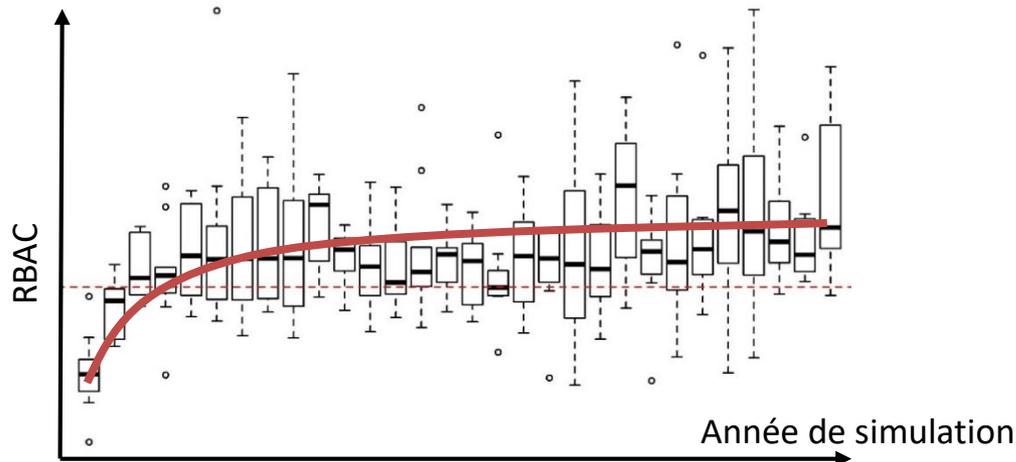
Indicateurs de nuisibilité des adventices (3/3) : évolution de la pression adventice à moyen-long terme (« dérive »)



Coefficient de corrélation de Spearman (CS) entre l'année de simulation et la médiane du RBAC

RBAC diminue sur le moyen – long terme : $CS < 0$

RBAC reste constant au cours du temps : $CS \approx 0$



RBAC augmente sur le moyen – long terme (« dérive ») : $CS > 0$

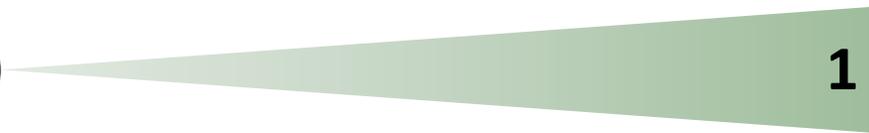
Indicateurs de contribution aux biodiversités patrimoniale et fonctionnelle



- **Indice de Pielou** : équitabilité de la flore adventice.

une espèce
adventice
quasi-exclusive

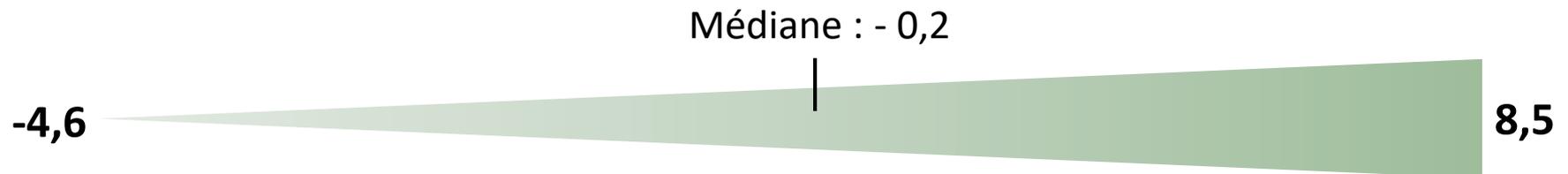
0



1

répartition égale
des adventices
entre les espèces

- Indicateur composite « **Offre trophique** » :
Oiseaux, carabes, abeilles, bourdons, syrphes, papillons



En résumé ...



Nuisibilité des adventices pour la production			Usage d'herbicides	Contribution à la biodiversité	
Perte de rendement Log(RBAC ¹)	Résilience \equiv propagation de pics de pression adventice	Dérive	IFT herbicide	Équitabilité de la flore adventice (Piélou)	Ressources trophiques pour faune sauvage

- Indicateurs sans unités
- Comparaisons **relatives** entre systèmes de culture

Principaux résultats (1/3)

- 8 / 12 : réduction de l'usage d'herbicides
 - dont 3 / 8 avec réduction de la nuisibilité...
 - et 4 / 8 avec maintien de la nuisibilité.

Agriculteur <i>Changements du système innovant</i>	Système de culture	Nuisibilité pour la production				Usage d'herbicides		Contribution à la biodiversité					
		Perte de rendement log(RBAC)		Résilience (Pics)		Dérive		IFT herbicide		Équitabilité de la flore adventice (Piélou)		Ressources trophiques pour faune sauvage	
7	Pratiqué A	-0,13	<i>f</i>	27,2	<i>abcdef</i>	-0,25		1,65	<i>j</i>	0,27	<i>e</i>	0,19	<i>f</i>
<i>RL - DG - DM - CS</i>	Innovant	-2,29	<i>b</i>	19,7	<i>abc</i>	-0,02		1,34	<i>fgh</i>	0,24	<i>cd</i>	0,44	<i>f</i>
1	Pratiqué	-1,02	<i>de</i>	23,5	<i>abcde</i>	0,60	**	1,74	<i>j</i>	0,3	<i>f</i>	0,18	<i>f</i>
<i>RL - DG - DM</i>	Innovant B	-0,85	<i>e</i>	25	<i>abcde</i>	0,33		1,32	<i>fgh</i>	0,31	<i>fg</i>	0,27	<i>f</i>
3	Pratiqué	1,29	<i>g</i>	34,8	<i>cdefg</i>	0,02		1,36	<i>fgh</i>	0,2	<i>a</i>	-1,32	<i>ab</i>
<i>DM</i>	Innovant A	0,99	<i>g</i>	39,7	<i>efg</i>	0,22		1,01	<i>cd</i>	0,2	<i>a</i>	-1,41	<i>a</i>
<i>DM</i>	Innovant B	0,77	<i>g</i>	42,5	<i>fg</i>	-0,05		1,13	<i>de</i>	0,2	<i>a</i>	-1,44	<i>a</i>

CS : changements dans la succession de culture ; DM : désherbage mécanique ; RL : réintroduction du labour ; DG : diminution de l'usage du glyphosate.

Principaux résultats (2/3)



Exception notable : augmentation de la nuisibilité pour les deux SdC avec prairie temporaire.

Dans un cas, augmentation de la part de grandes cultures

		Nuisibilité pour la production				Usage d'herbicides		Contribution à la biodiversité	
Agriculteur	Système de culture	Perte de rendement log(RBAC)	Résilience (Pics)		Dérive	IFT herbicide	Équitabilité de la flore adventice (Piélou)	Ressources trophiques pour faune sauvage	
Changements du système innovant									
2	Pratiqué	-1,53 <i>cd</i>	18,7 <i>abc</i>	0,21	0,53 <i>ab</i>	0,22 <i>abc</i>	0,77 <i>g</i>		
CS	Innovant	-0,13 <i>f</i>	22,1 <i>abcd</i>	0,26	0,4 <i>a</i>	0,25 <i>de</i>	1,17 <i>i</i>		

Principaux résultats (3/3) : synthèse



- Réduction de l'usage des herbicides : 8/12
- Nuisibilité des adventices :
 - Réduction : 5/12 (dont 2/12 à long terme).
 - Maintien : 5/12
 - Augmentation : 2 SdC avec cultures pérennes
- 3 SdC combinent les deux résultats (dont 2 avec réduction de l'usage du glyphosate).
- Pas d'augmentation des biodiversités patrimoniale et fonctionnelle en même temps qu'une réduction de la nuisibilité.

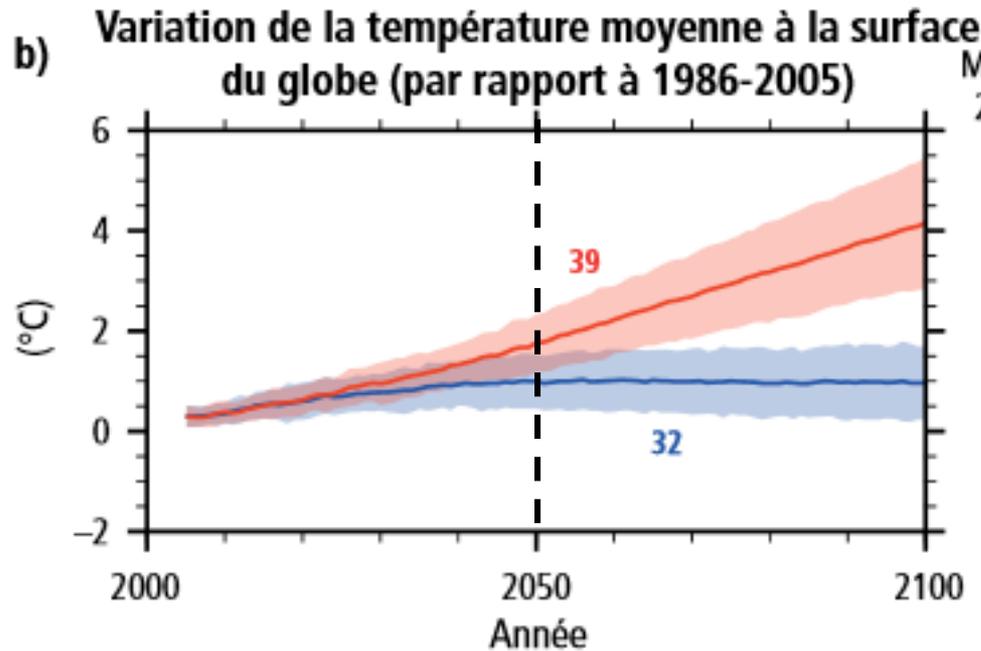
3. Evolution des performances avec le changement climatique

Scénarios climatiques futurs

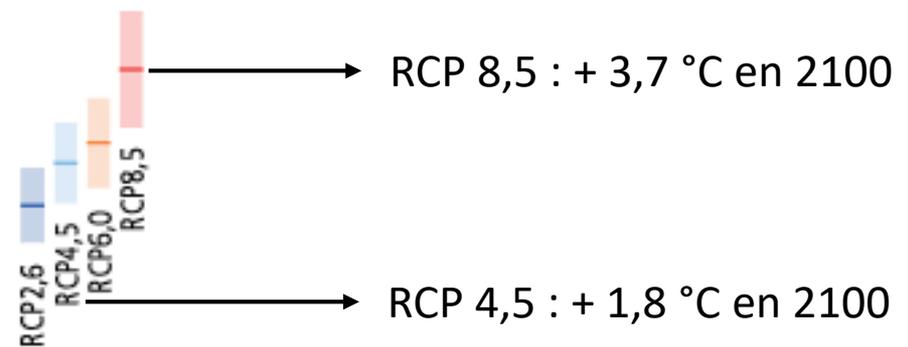


GIEC : Changements climatiques 2014

Modèle utilisé : CCSM4



Moyenne sur 2081-2100



+ Projections du climat passé (utilisé comme témoin avec FLORSys)

Pas / peu de différences entre simulations avec les différents scénarios climatiques

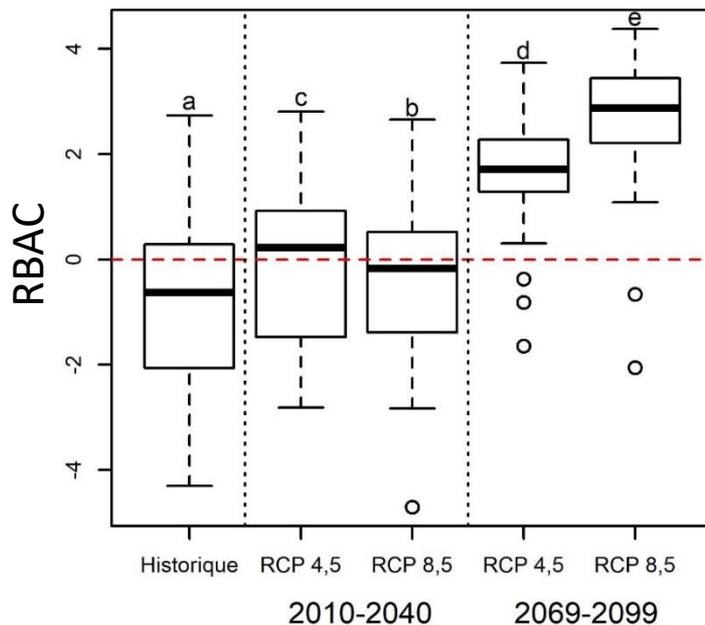
Différences importantes entre les scénarios

Evolution des pertes de rendement, et de la résilience des systèmes de culture



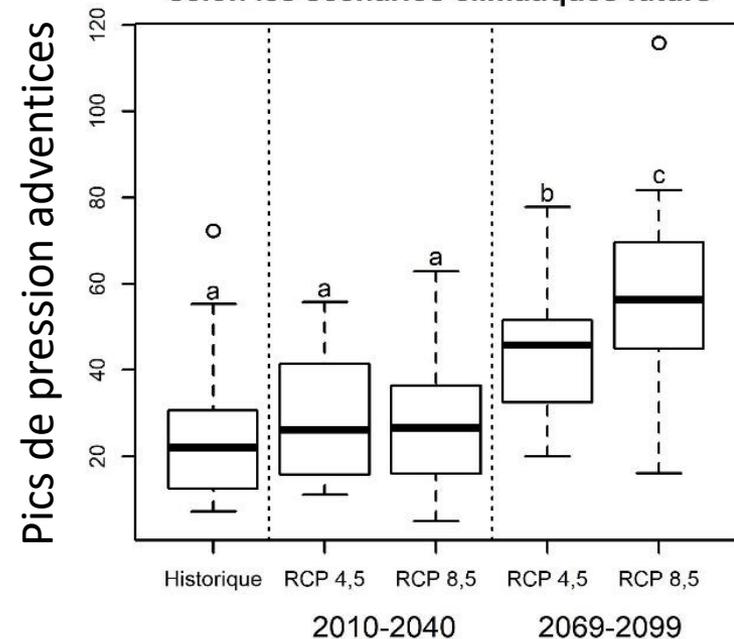
Vérification préalable : pas de différence significative entre les données météorologiques et le climat historique simulé.

Evolution de RBAC pour tous les systèmes selon les scénarios climatiques futurs



Les pertes de rendement augmentent, dès la première moitié du XXI^{ème} siècle.

Evolution des pics de pression adventices selon les scénarios climatiques futurs



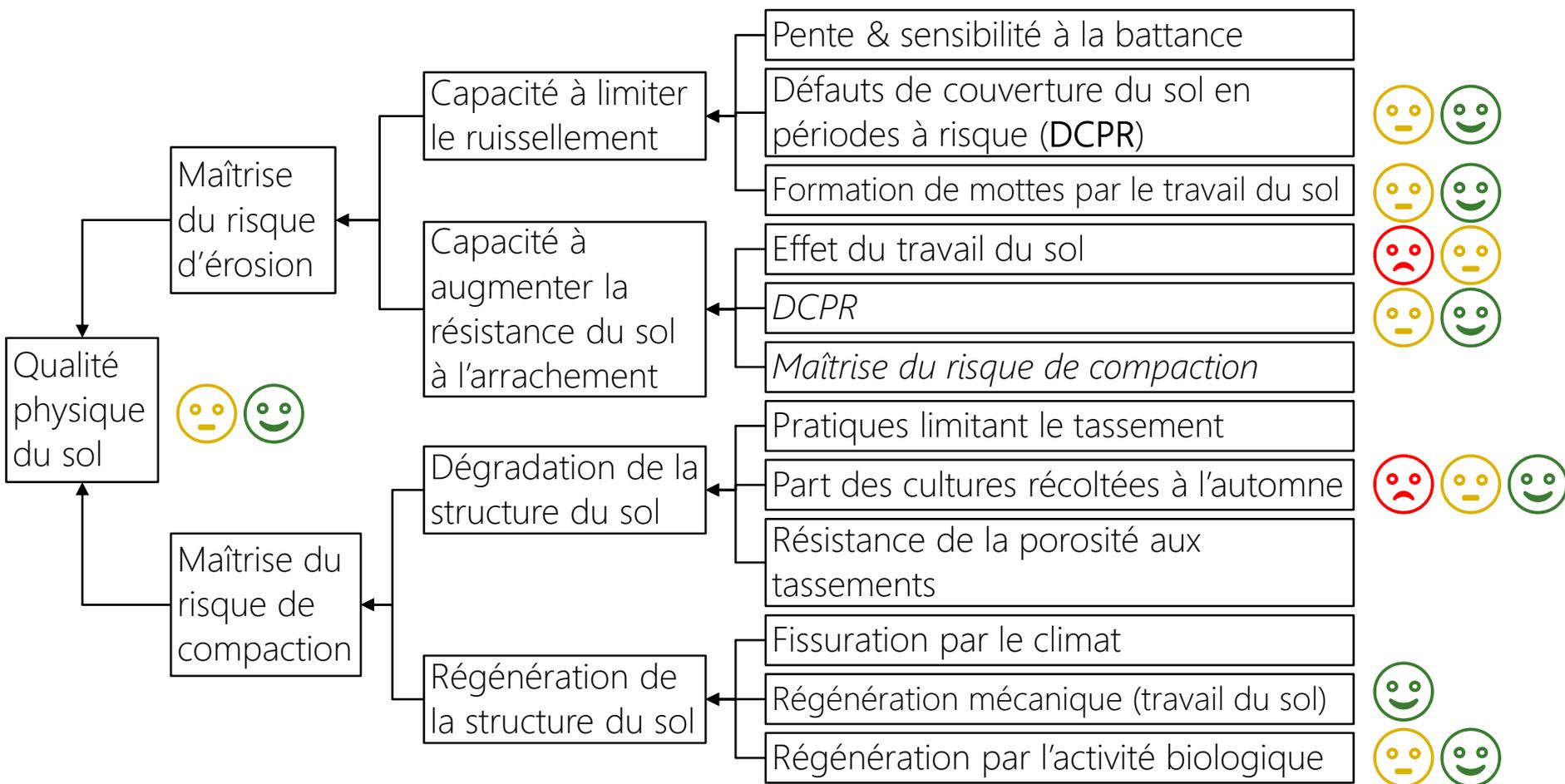
La résilience des SdC se maintient, puis diminue à partir de 2050. Différence significative à partir de 2050 entre les scénarios RCP 4,5 et RCP 8,5.

4. Evolution de la durabilité des systèmes de culture : exemple de la qualité physique du sol

Critère « Qualité physique du sol » du modèle DEXiSOL (1/2)



Qualité du sol : préoccupation majeure du groupe, avec les changements de travail du sol envisagés (dont la réintroduction du labour)



Critère « Qualité physique du sol » du modèle DEXiSOL (2/2)



- Effets neutres ou positifs de la réintroduction **modérée** du labour (ou pseudolabour)...
- ... Cumulés à d'autres effets positifs, notamment des cultures intermédiaires.
- Résultats qui apportent des réponses aux craintes formulées

→ L'évaluation multicritère apporte des informations complémentaires, utiles pour le choix des pratiques innovantes à adopter.

Conclusions (1/2) : performances des systèmes innovants évalués



- Les agriculteurs du groupe atteignent globalement leurs objectifs, sans conséquences majeures sur la qualité du sol
- Pour combiner réduction des herbicides (dont le glyphosate) ET de la nuisibilité, il faut mobiliser plusieurs leviers.
- Pas de système innovant combinant diminution de nuisibilité et augmentation de biodiversité
- Augmentation de la nuisibilité des adventices avec le changement climatique

Conclusions (2/2) : Usage de FLORSYS en ateliers avec des agriculteurs



- Utilisation possible de FLORSYS pour des évaluations à moyen-long terme (la *résilience* et le risque de *dérive* des SdC).
- Principale limite à l'utilisation de FLORSYS : le temps de travail très long. **DéciFLORSYS ?**
- Précaution importante pour un usage local de FLORSYS : vérifier / ajuster le paramétrage physiologique des cultures
- Améliorations à venir :
 - Prise en compte des résistances
 - Développement des cultures pérennes
 - Repousses de certains précédents

Merci de votre attention !



Références bibliographiques :

Colbach N., Cordeau S. (2018) Reduced herbicide use does not increase crop yield loss if it is compensated by alternative preventive and curative measures. Eur J Agron 94:67-78.

GIEC (2014) Changements climatiques 2014 : Rapport de synthèse. Contribution des Groupes de travail I, II et III au cinquième Rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat [Sous la direction de l'équipe de rédaction principale, R.K. Pachauri et L.A. Meyer]. GIEC, Genève, Suisse, 161 p.