

# Est-ce que des systèmes sans travail du sol ni herbicides sont possibles? Une étude de simulations

**Nathalie Colbach & Stéphane Cordeau**

Agroécologie, AgroSup Dijon, INRAe, Univ. Bourgogne Franche-Comté, 21000 Dijon  
Nathalie.Colbach@inrae.fr



CONNAISSANCES ET OUTILS POUR DES  
DÉMARCHES PRÉVENTIVES ET  
OPÉRATIONNELLES EN GESTION  
AGROÉCOLOGIQUE DES ADVENTICES

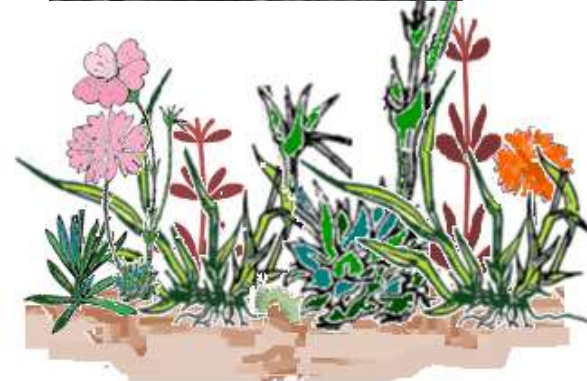


Article soumis au numéro spécial "Conservation Agriculture: Knowledge Frontiers Around the World"  
Frontiers in Agronomy

*Colbach N. & Cordeau S. (2022) Are no-till herbicide-free systems possible? A simulation study. Frontiers in Agronomy,*

# Contexte & Objectifs

Agriculteurs  $\searrow$  travail du sol car cher & impacts environnementaux  
MAIS travail du sol = technique de gestion des adventices non chimique clé



# Contexte & Objectifs

Agriculteurs  $\searrow$  travail du sol car cher & impacts environnementaux  
MAIS travail du sol = technique de gestion des adventices non chimique clé

## Objectifs

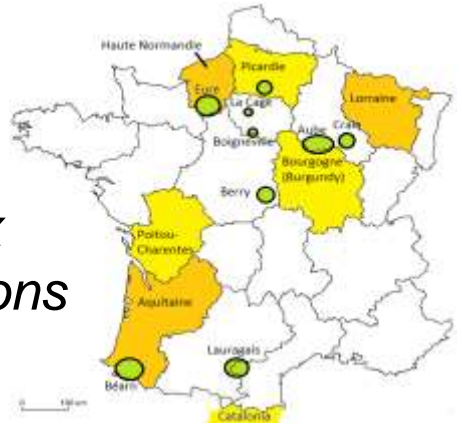
Identifier les déterminants techniques & biologiques  
 $\rightarrow$  réduire travail du sol & herbicides & perte de rendement due aux adventices



# Évaluer les pratiques des agriculteurs



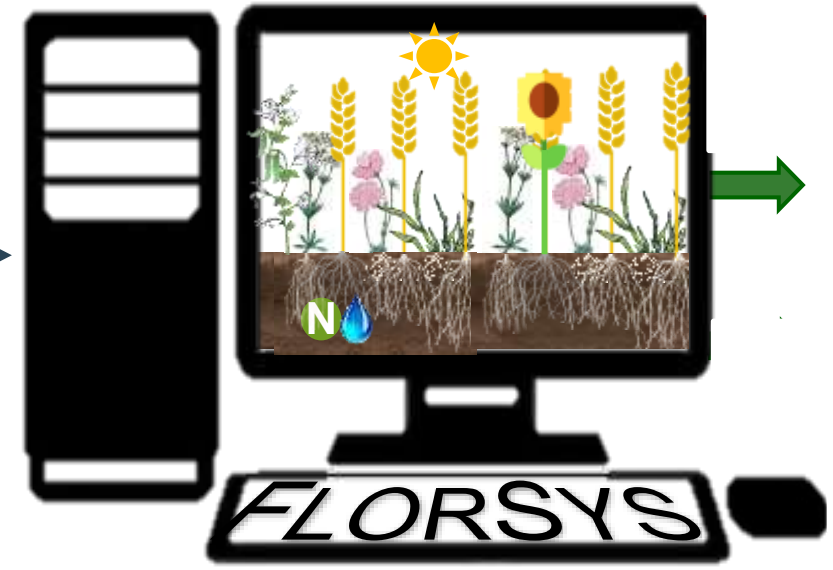
15 lieux  
10 régions



395  
systèmes de  
culture



30 années  
10 séries météo



# Évaluer les pratiques des agriculteurs



15 lieux  
10 régions



30 adventices annuelles

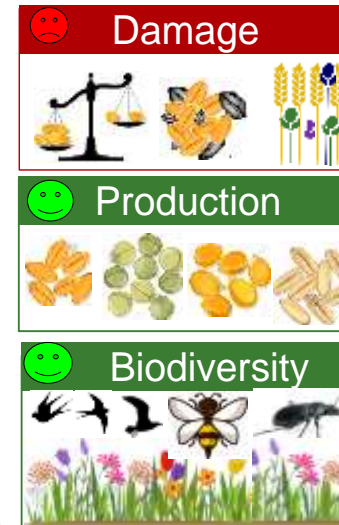
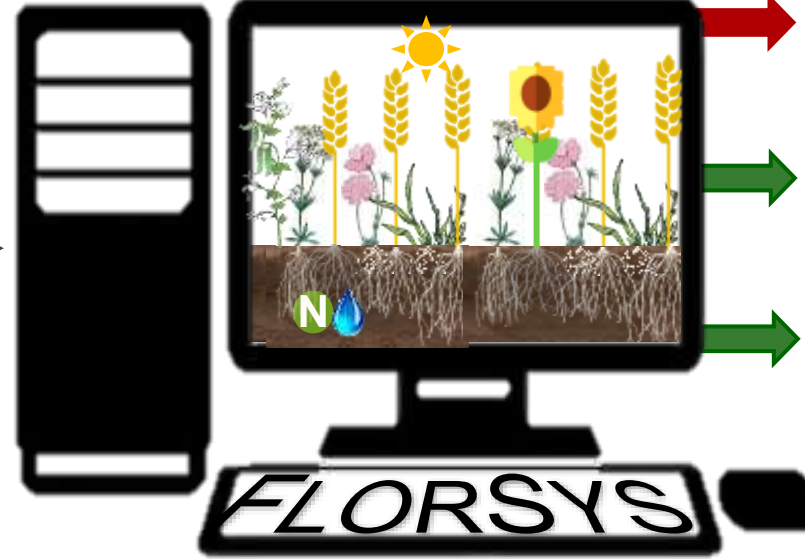
395  
systèmes de  
culture



30 années  
10 séries météo



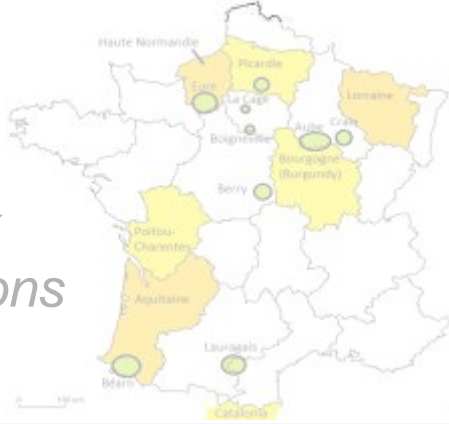
N et H<sub>2</sub>O non limitants après la levée



# Évaluer les pratiques des agriculteurs



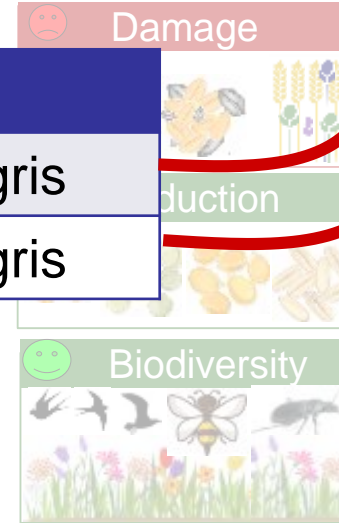
15 lieux  
10 régions



30 adventices annuelles

**Effet du travail du sol**

Scénario	Travail du sol	Herbicide
Référence	Pratiques des agris	Pratiques des agris
Sans Travail	Aucun	Pratiques des agris



culture



30 années  
10 séries météo

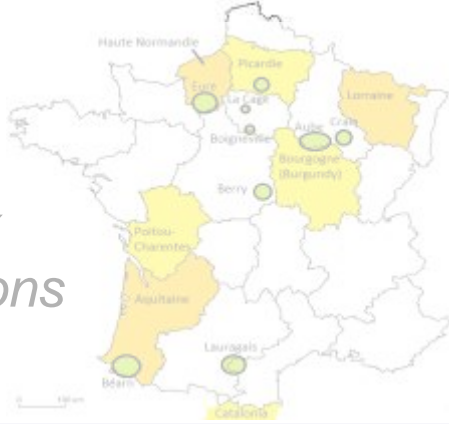


**N et H2O non limitants après la levée**

# Évaluer les pratiques des agriculteurs



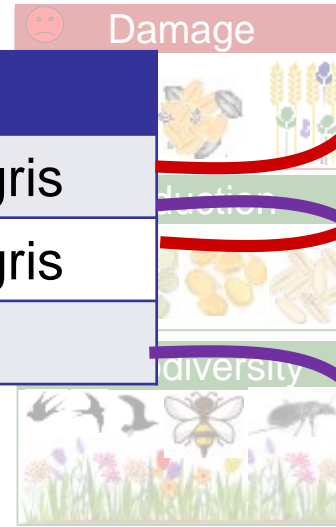
15 lieux  
10 régions



30 adventices annuelles

Effet du travail du sol

Scénario	Travail du sol	Herbicide
Référence	Pratiques des agris	Pratiques des agris
Sans Travail	Aucun	Pratiques des agris
Sans Herbicides	Pratiques des agris	Aucun



Effet des herbicides

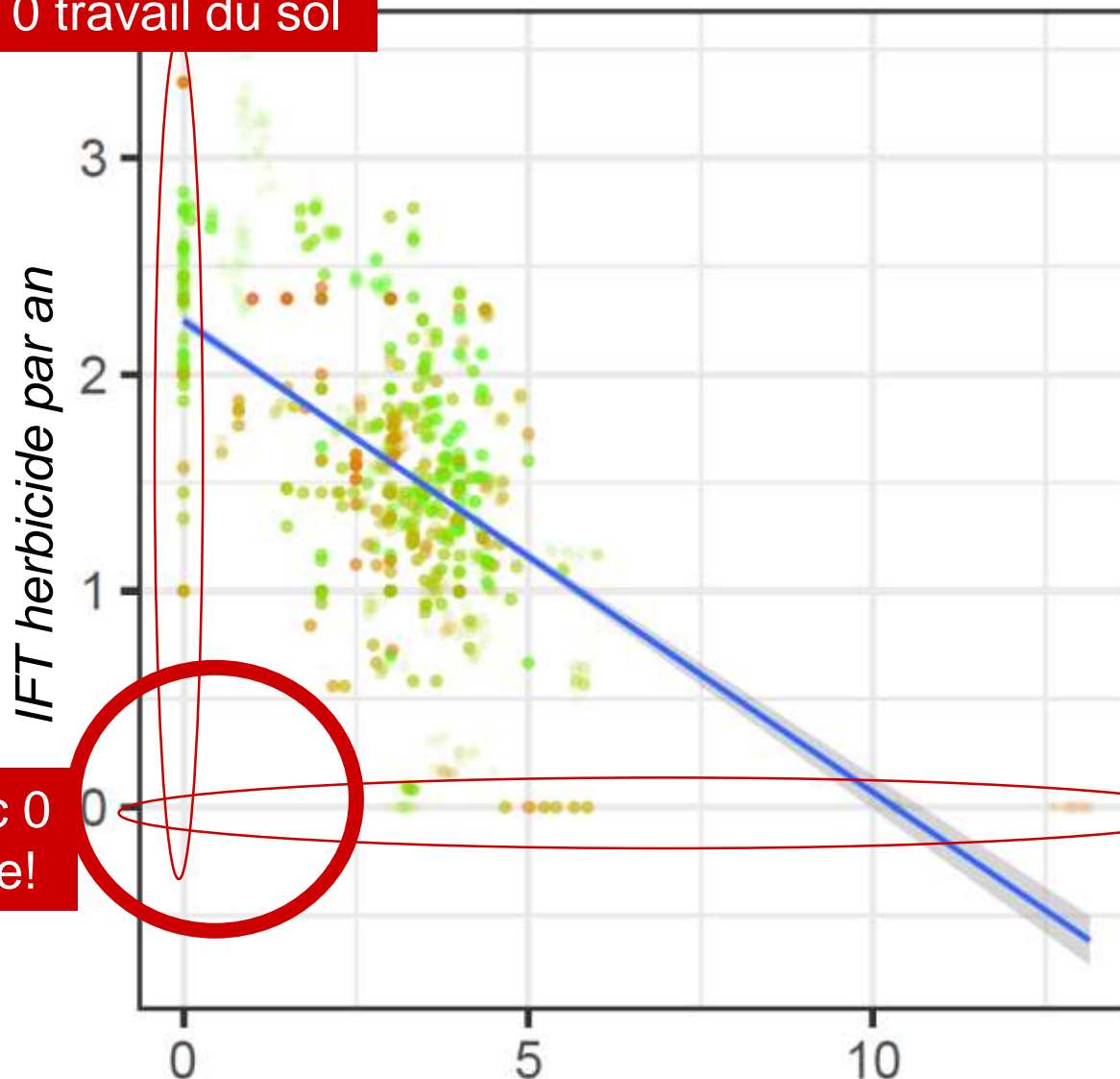
30 années  
10 séries météo



N et H2O non limitants après la levée

# Pratiques des systèmes de culture enquêtés

0 travail du sol



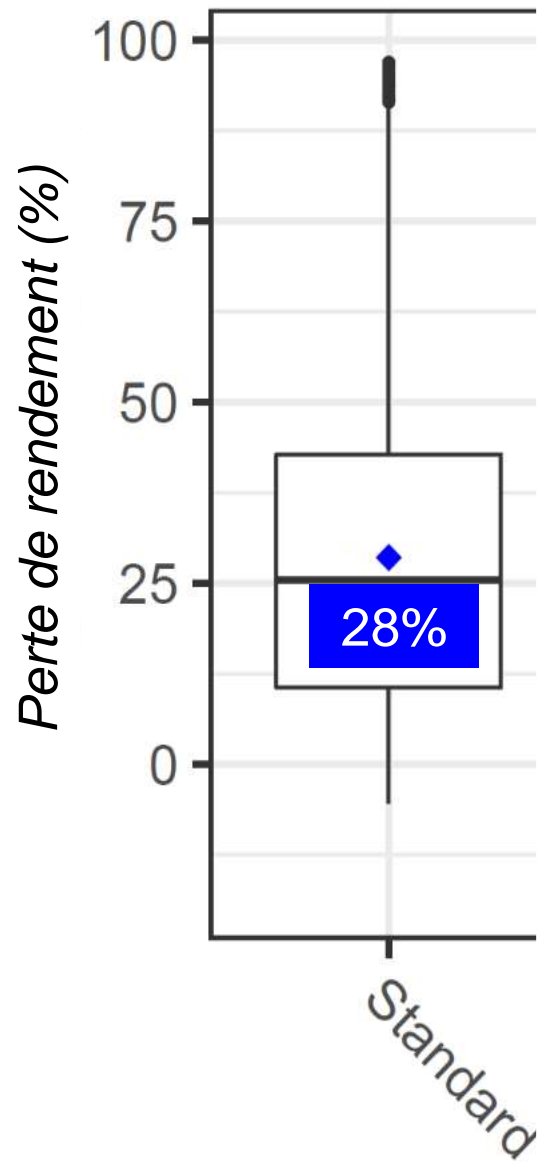
Aucun système avec 0 travail et 0 herbicide!

0 herbicide

Opérations de travail du sol / an

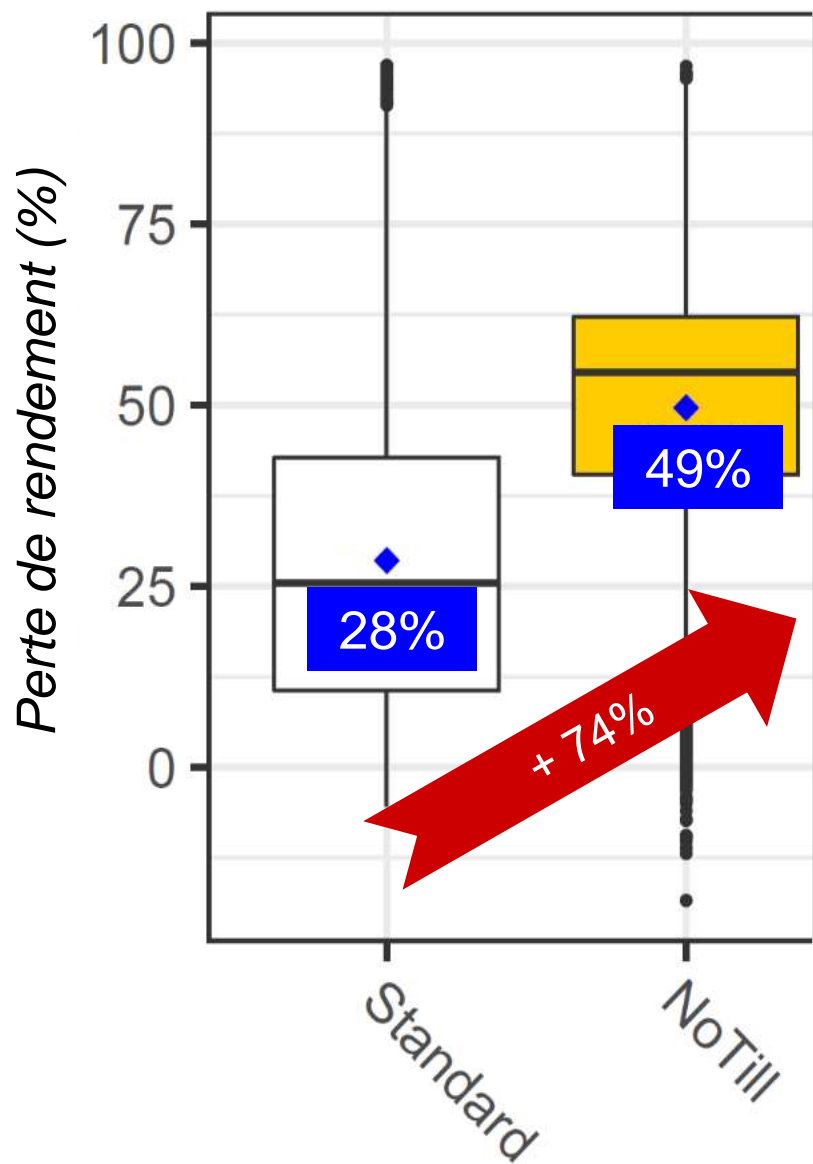


# Et si on supprime le travail du sol?



Perte de rendement (%) =  $100 \times \frac{(\text{Rdt sans adventices} - \text{rdt avec adventices})}{\text{Rendement sans adventices}}$

# Et si on supprime le travail du sol?



Perte de rendement (%) =  $100 \times \frac{(\text{Rdt sans adventices} - \text{rdt avec adventices})}{\text{Rendement sans adventices}}$

Perte de rendement	+74%
Contamination de récolte	+64%
Problèmes de récolte	+59%
Salissement du champ	0%

Rendement	
- avec adventices	-34%
- sans adventices	-2%

Richesse spécifique	
Équitabilité flore	
Offre trophique pour	
- Oiseaux	+166%
- Carabes	+95%
- Abeilles	+169%

# Adventices et traits sélectionnés par la suppression du travail du sol

- RLQ + 4th corner analyses on the density-difference between simulations with vs without tillage

Tableau des techniques culturales des champs

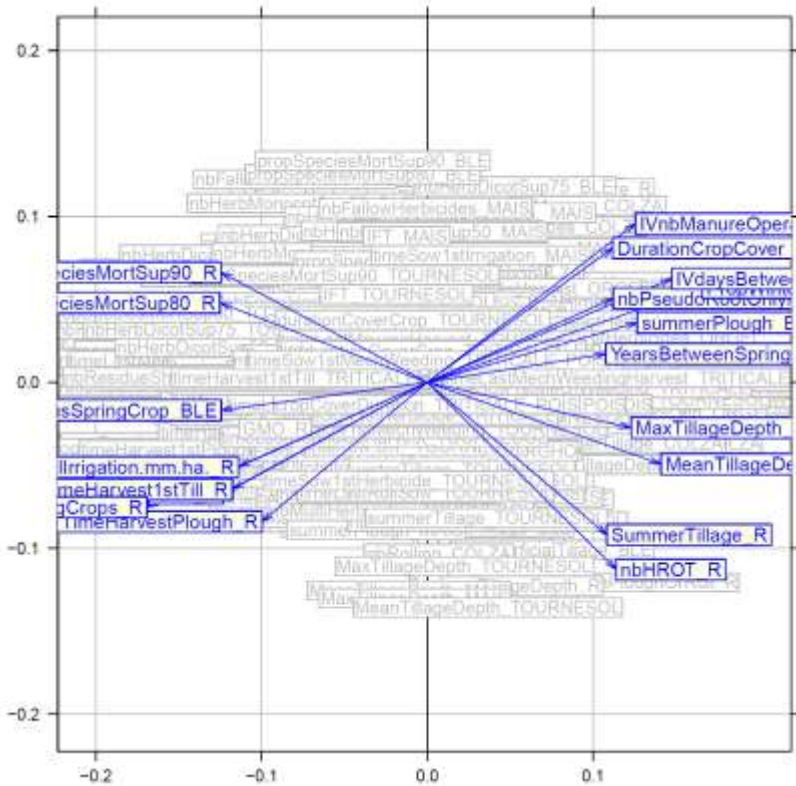


Tableau des différences de densités des champs

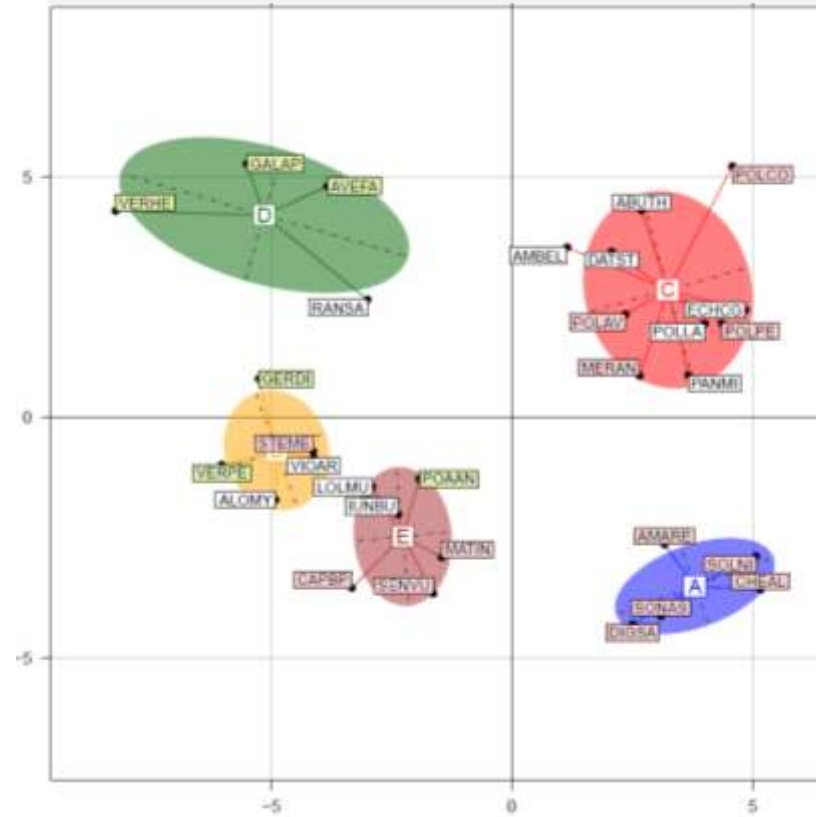
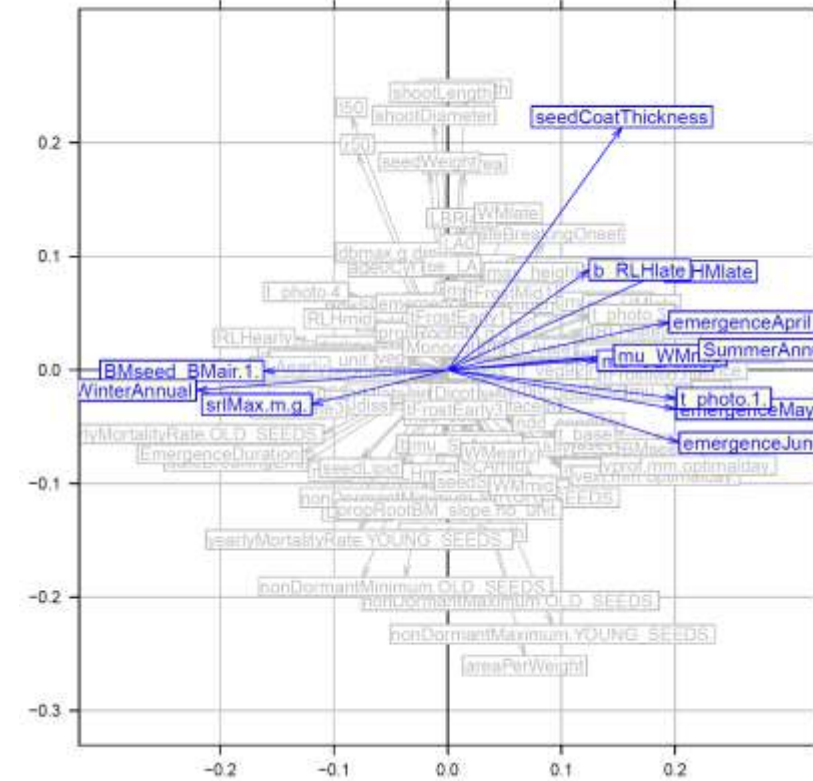
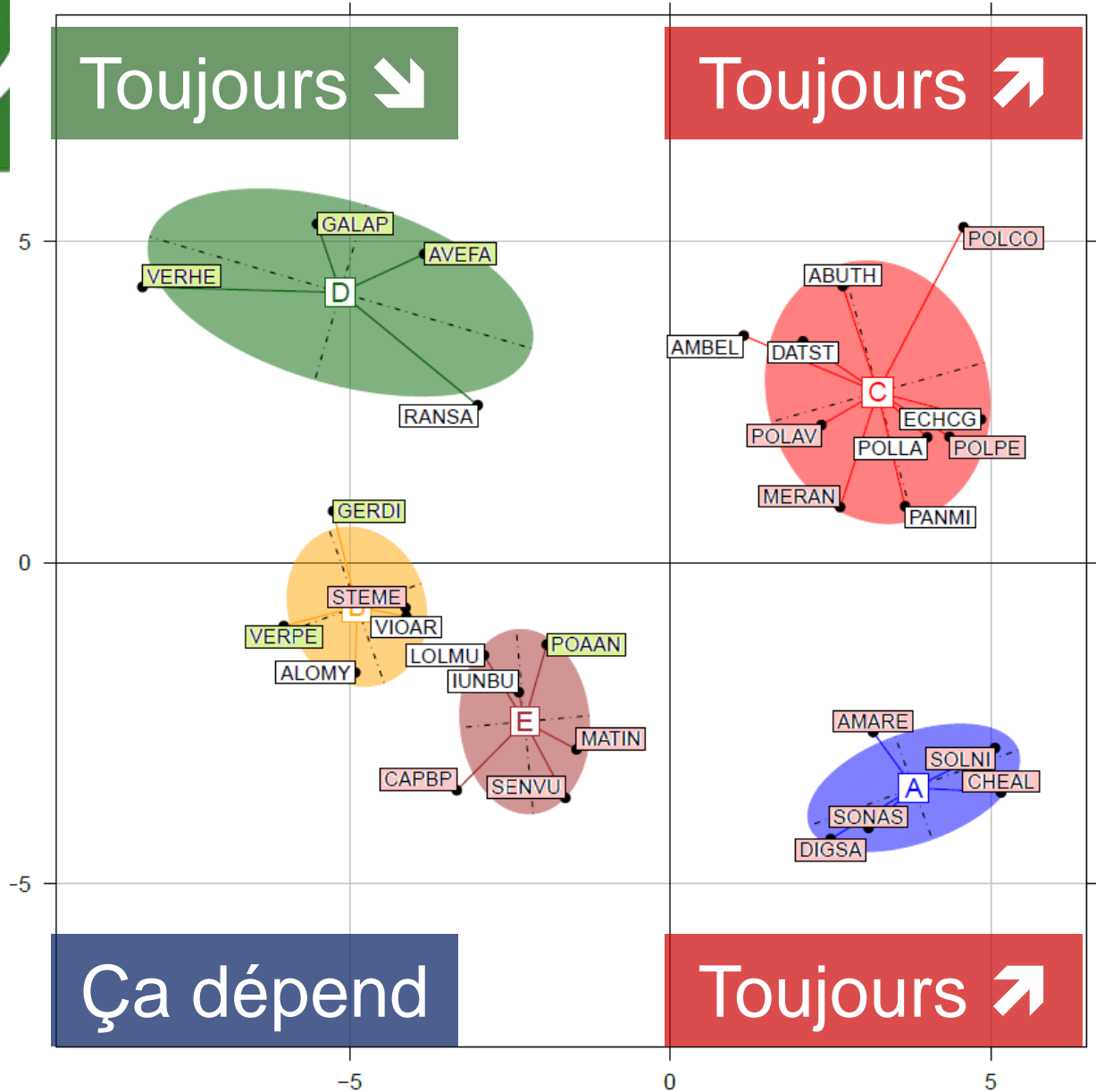


Tableau des traits d'espèces adventices



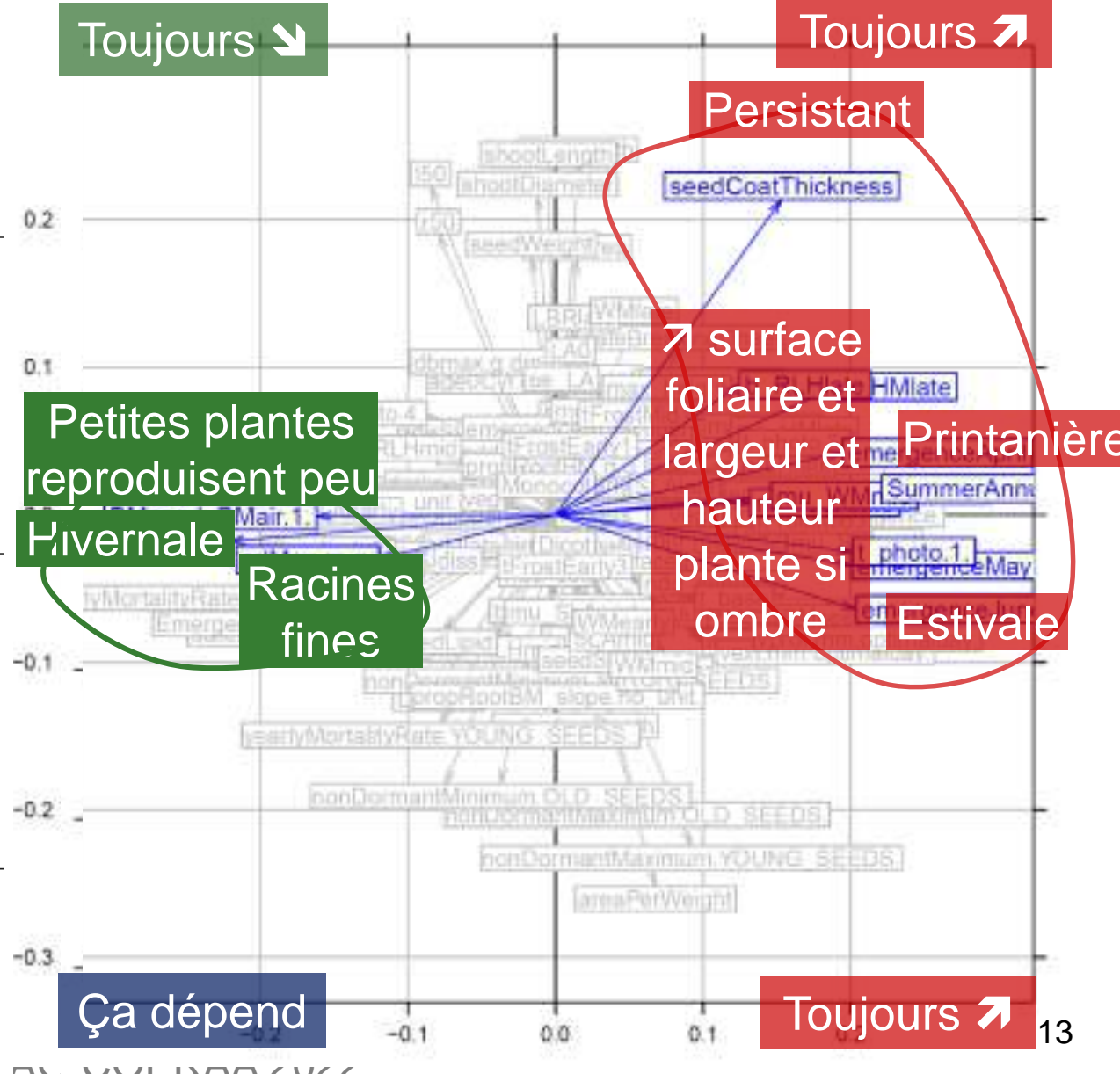
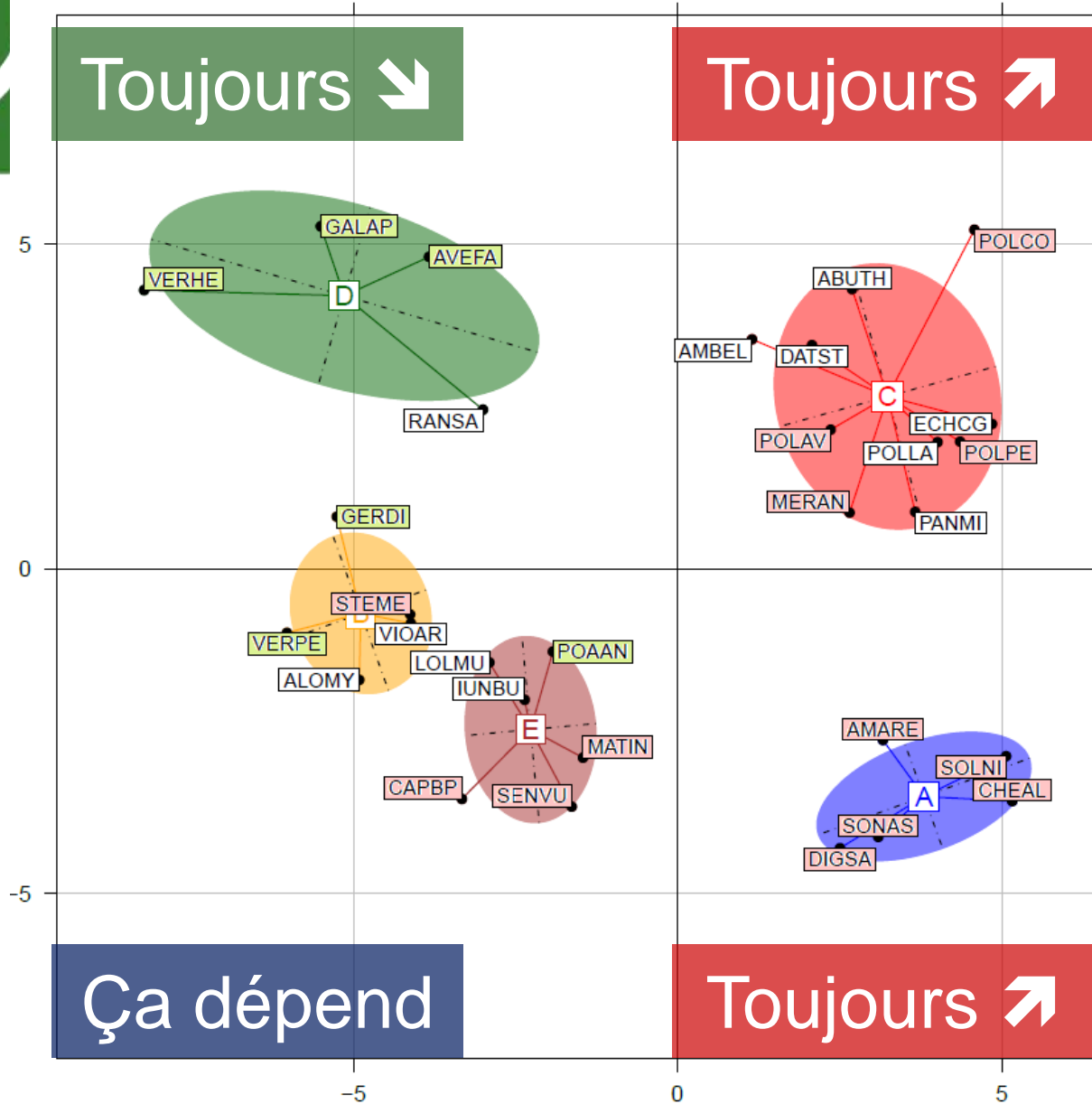
# Adventices et traits sélectionnés par la suppression du travail du sol

- *RLQ + 4th corner analyses on the density-difference between simulations with vs without tillage*



# Adventices et traits sélectionnés par la suppression du travail du sol

RLQ + 4th corner analyses on the density-difference between simulations with vs without tillage



# Des pistes pour ↘ (travail du sol x herbicide x perte)

Les **techniques** associées avec une ↘ combinée du **travail** du sol x IFT **herbicide** x **perte** de rendement due aux adventices

*Parmis les 3 x 395 systèmes de culture simulés*

**Diversifier les cultures!**  
**Couvert permanent!**

↗ nombre d'espèces et variétés cultivées dans la rotation

Avancer date de semis des cultures d'hiver (surtout blé)

Avancer date de récolte des cultures d'hiver (sauf blé)

↗ durée de couverture par cultures de vente+interculture

↘ variabilité interannuelle dans cette durée de couverture

Avancer semis des cultures de printemps (surtout maïs)

↗ % cultures de printemps dans la rotation (surtout maïs)

↗ nombre de roulages en interculture

↗ couverts d'interculture ou doubles cultures

↘ % cultures d'hiver dans la rotation

↗ durée des couverts d'interculture

↗ surface désherbée mécaniquement

↘ interrang en blé

↘ nombre d'irrigations par an (surtout en maïs)

↗ durée de rotation

Avancer date de 1<sup>ère</sup> irrigation (surtout en maïs)

↗ délais entre cultures avec fauche ou écimage

Retarder récolte du blé

↗ nombre de broyages en interculture

# Conclusion

- Combiner enquêtes + simulations → discriminer effets + éviter confusion d'effets
  - Résultats simulation cohérents avec observations de terrain (quand elles existent)
  - Règles pour ↘ (perte due aux adventices & travail du sol & usage herbicides)
  - Aucun système actuel avec 0 travail & 0 herbicide & faible perte
- Reconception spécifique nécessaire
- Adapter aux contraintes & objectifs locaux → ateliers de co-conception
- Sélectionner des variétés compétitrices & adaptées au non-travail du sol



# Stratégies pour concilier faible (perte & travail du sol & herbicide)

Stratégie S1	Stratégie S2	Stratégie S3	Stratégie S4
% de cas parmi les systèmes de culture et répétitions météo			
1.0%	0.8%	1.9%	0.6%
<b>A. Performance de la stratégie (travail du sol &amp; usage herbicide &amp; perte de rendement due aux adventices)</b>			
Indice de fréquence de traitement herbicide (max dans base de données = 3.47)			
0.04	0.08	0.12	0.00
Nombre de travaux du sol par an (max dans base de données = 13.1)			
0.17	0.00	0.17	0.00
Perte de rendement due aux adventices (max dans base de données = 98%)			
27%	59%	59%	41%
<b>B. Combinaison de pratiques déterminant les stratégies</b>			
Cultures de printemps semées après 13 Avr		Cultures de printemps semées avant 18 Avr	
Dernier travail < 16 jours avant semis du maïs		Pas d'écimage en blé	
< 166 mm irrigation en maïs	≥ 166 mm irrigation en maïs	Proba de céréales avant blé < 40%	
Opérations d'irrigation /an < 2.9	Ops d'irrigation /an ≥ 2.9	Délai entre culture à fauche/écimage/broyage	
Irrigation / an < 82 mm	Irrigation / an ≥ 82 mm	< 5.5 ans	≥ 5.5 ans
Opérations d'irrigation /an en maïs < 5.9	Opérations d'irrigation /an en maïs ≥ 5.9	Cultures d'hiver semées après 28 Sep	C. d'hiver semées avant 26 Sep
Weed-free manure in wheat < 0.5/yr	Couverture du sol en maïs < 11.3 mois	Cultures d'hiver récoltées après 7 Juil	Cultures d'hiver récoltées ~ 7 Juil
Cultures d'hiver semées avant 3 Nov	Couverture du sol < 11.3 mois	Herbicides pseudo-racinaies < 0.42 / an	< 1.1 de semis / anr (ni couverts d'interculture ni doubles cultures)
Désherbage mécanique < 0.5 ops / an		Spectre herbicide (% adventices détruites à ≥ 90%) ≥ 10%	
Fumier (sans adventices) < 0.5 / an	≥ 23% des cultures non-travaillées succèdent à une culture travaillée et vice-versa	Herbicides systémiques ≥ 0.28 / an	< 3.5 cultures & variétés en 30 ans
Efficacité herbicide (moyenne sur toutes espèces adventices) ≥ 50%		Herbicides sur cultures de vente ≥ 0.45 / an	
Herbicides sur cultures de vente ≥ 0.47/an		Surface désherbée mécaniquement < 0.92%	
Herbicides systémiques ≥ 0.40 /an			
Herbicides multi-entrée ≥ 0.16 /an			
Herbicides anti-graminées (à efficacité ≥ 50%) ≥ 0.16/an			



# Stratégies pour concilier faible (perte & travail du sol & herbicide)

	Stratégie S1	Stratégie S2	Stratégie S3	Stratégie S4
<b>% de</b>	0.8%	1.9%		
<b>1.0%</b>	<b>Systemes rares</b>			<b>0.6%</b>
<b>Performance de la stratégie</b>	0.08	0.12		<b>0.47</b>
<b>Indice de fréquence</b>	0.00	0.17		
<b>0.04</b>				<b>0.00</b>
<b>Nombre</b>				<b>0 herbicides</b>
<b>Travail du sol occasionnel</b>				<b>0 travail du sol</b>
<b>0.17</b>				<b>0.00</b>
<b>Perte de rendement</b>				<b>41%</b>
<b>Perte mini</b>	<b>27%</b>	<b>- 51%</b>		
Opérations d'irrigation /an en maïs < 5.9	Opérations d'irrigation /an en maïs ≥ 5.9	Cultures d'hiver récoltées après 7 Juil	Cultures d'hiver récoltées ~ 7 Juil	
Weed-free manure in wheat < 0.5/yr	Couverture du sol en maïs < 11.3 mois	Herbicides pseudo-racinaies < 0.42 / an	< 1.1 de semis / anr (ni couverts d'interculture ni doubles cultures)	
Cultures d'hiver semées avant 3 Nov	Couverture du sol < 11.3 mois	Spectre herbicide (% adventices détruites à ≥90%) ≥ 10%		
Désherbage mécanique < 0.5 ops / an		Herbicides systémiques ≥ 0.28 / an		
Fumier (sans adventices) < 0.5 / an		Herbicides sur cultures de vente ≥ 0.45 / an	< 3.5 cultures & variétés en 30 ans	
Efficacité herbicide (moyenne sur toutes espèces adventices) ≥ 50%	≥ 23% des cultures non-travaillées succèdent à une culture travaillée et vice-versa	Surface désherbée mécaniquement < 0.92%		
Herbicides sur cultures de vente ≥ 0.47/an				
Herbicides systémiques ≥ 0.40 /an				
Herbicides multi-entrée ≥ 0.16 /an				
Herbicides anti-graminées (à efficacité ≥ 50%) ≥ 0.16/an				

# Stratégies pour concilier faible (perte & travail du sol & herbicide)

Stratégie S1	Stratégie S2	Stratégie S3	Stratégie S4
% de cas parmi les systèmes de culture et répétitions météo	0.8%	1.9%	0.6%
Performance de la stratégie	0.08	0.12	0.47
Indice de fréquence de travail du sol par an / an $\geq 2.9$	0.00	0.17	0.00
Nombre d'opérations d'irrigation / an $\geq 2.9$	0.00	0.17	0.00
Perte de rendement déterminant les stratégies	59%	59%	41%



Pas très imagitatif!

<p>Cultures de printemps semées après 13 Avr</p> <p>Dernier travail &lt; 16 jours avant semis du maïs</p> <p>Opérations d'irrigation /an &lt; 2.9</p> <p>Irrigation / an &lt; 82 mm</p> <p>Cultures d'hiver semées avant 3 Nov</p> <p>Désherbage mécanique &lt; 0.5 ops / an</p> <p>Fumier (sans adventices) &lt; 0.5 / an</p> <p>Herbicides très efficaces (large spectre, systémique, multi-entrée)</p> <p>efficacité <math>\geq 50\%</math> <math>\geq 0.16</math>/an</p>	<p>Cultures de printemps semées avant 18 Avr</p> <p>Proba de céréales avant blé &lt; 40%</p> <p>C. d'hiver semées avant 26 Sep</p> <p>Cultures d'hiver récoltées ~ 7 Juil</p> <p>(ni couverts &lt; 3.5 cultures &amp; d'interculture ni variétés en 30 ans doubles cultures)</p> <p>Surface désherbée mécaniquement &lt; 0.92%</p>
--	--

# Adventices et traits sélectionnés par la suppression du travail du sol

• RLQ + 4th corner analyses on the density-difference between simulations with vs without tillage

