



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

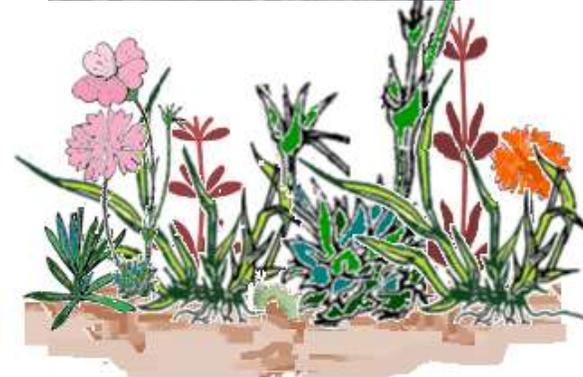


Article soumis au numéro spécial "Conservation Agriculture: Knowledge Frontiers Around the World"
Frontiers in Agronomy

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

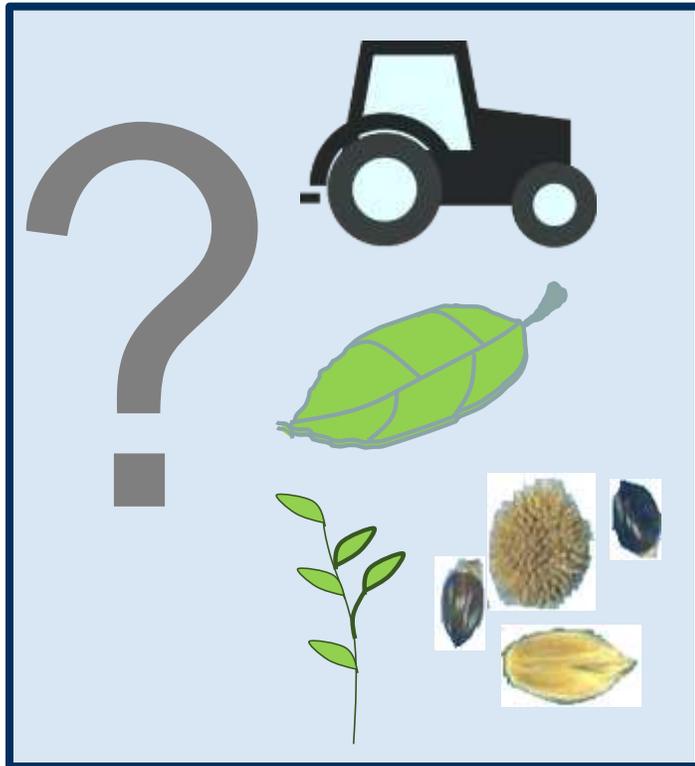


Contexte & Objectifs

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

Objectifs

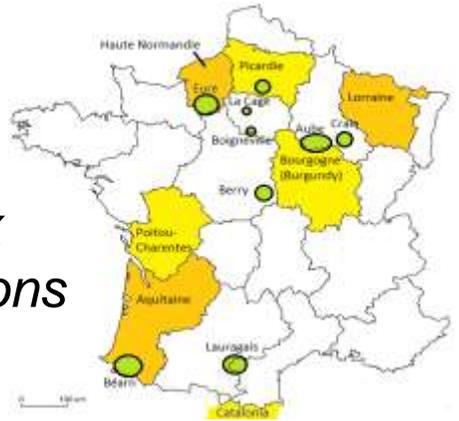
Identifier les déterminants techniques & biologiques
 \rightarrow réduire travail du sol & herbicides & perte de rendement due aux adventices



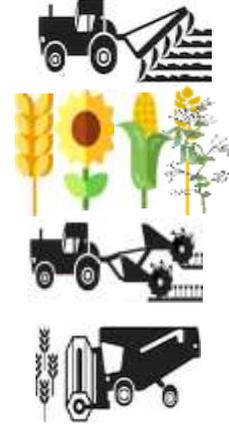
Évaluer les pratiques des agriculteurs



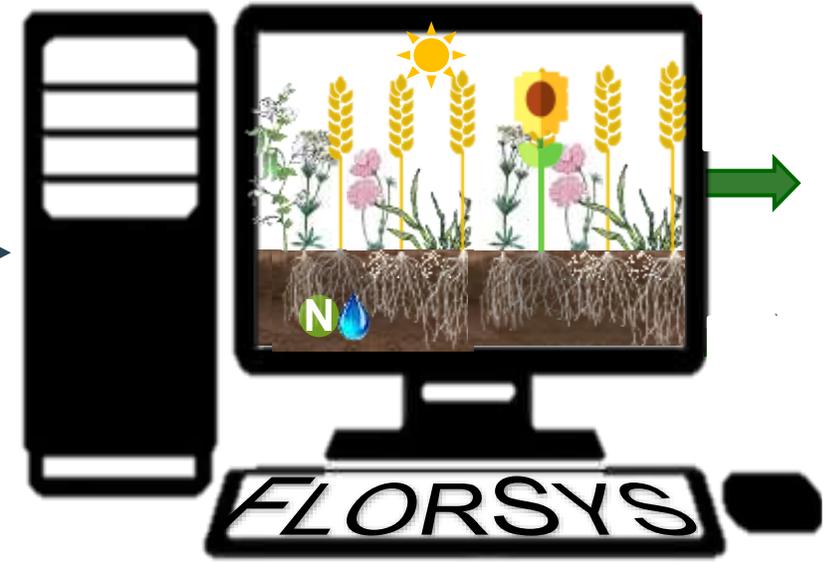
15 lieux
10 régions



395
systèmes de
culture



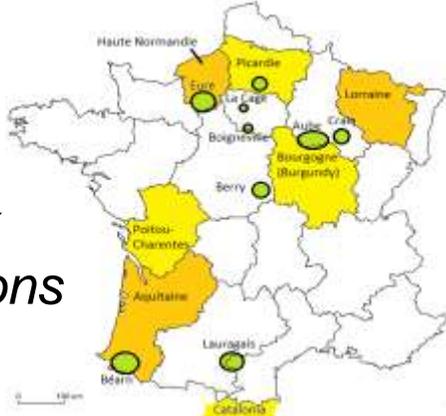
30 années
10 séries météo



Évaluer les pratiques des agriculteurs



15 lieux
10 régions



30 adventices annuelles

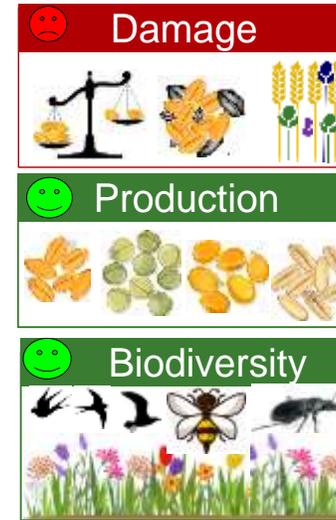
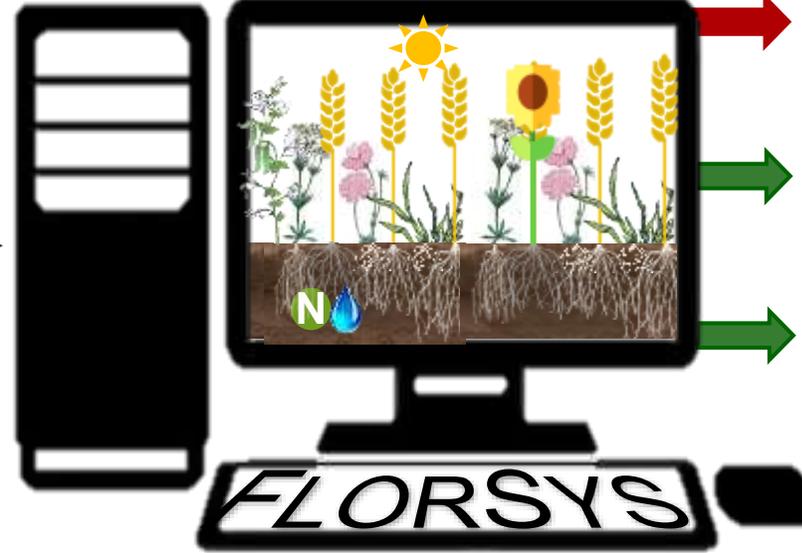
395
systèmes de
culture



30 années
10 séries météo



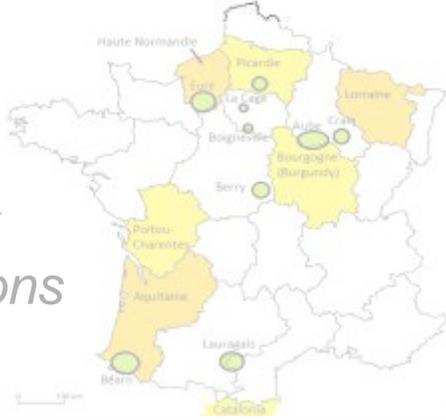
N et H₂O non limitants après la levée



Évaluer les pratiques des agriculteurs



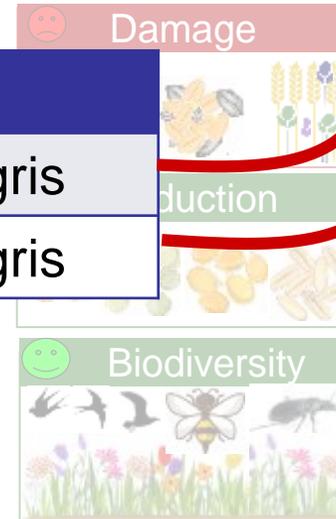
15 lieux
10 régions



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 |



culture



30 années
10 séries météo

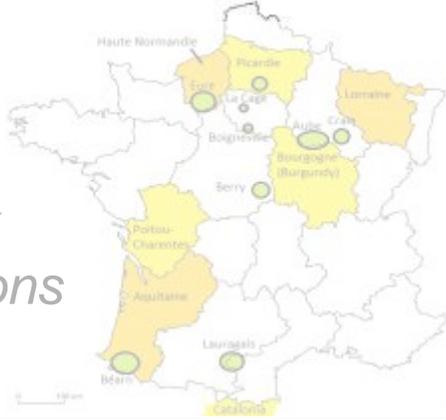


N et H2O non limitants après la levée

Évaluer les pratiques des agriculteurs



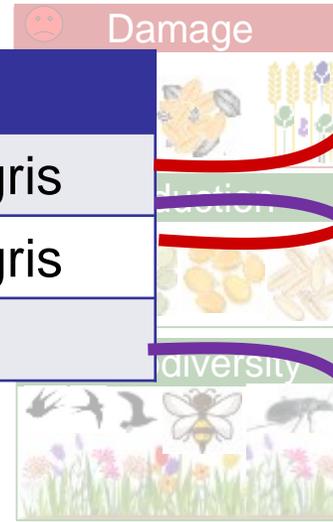
15 lieux
10 régions



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

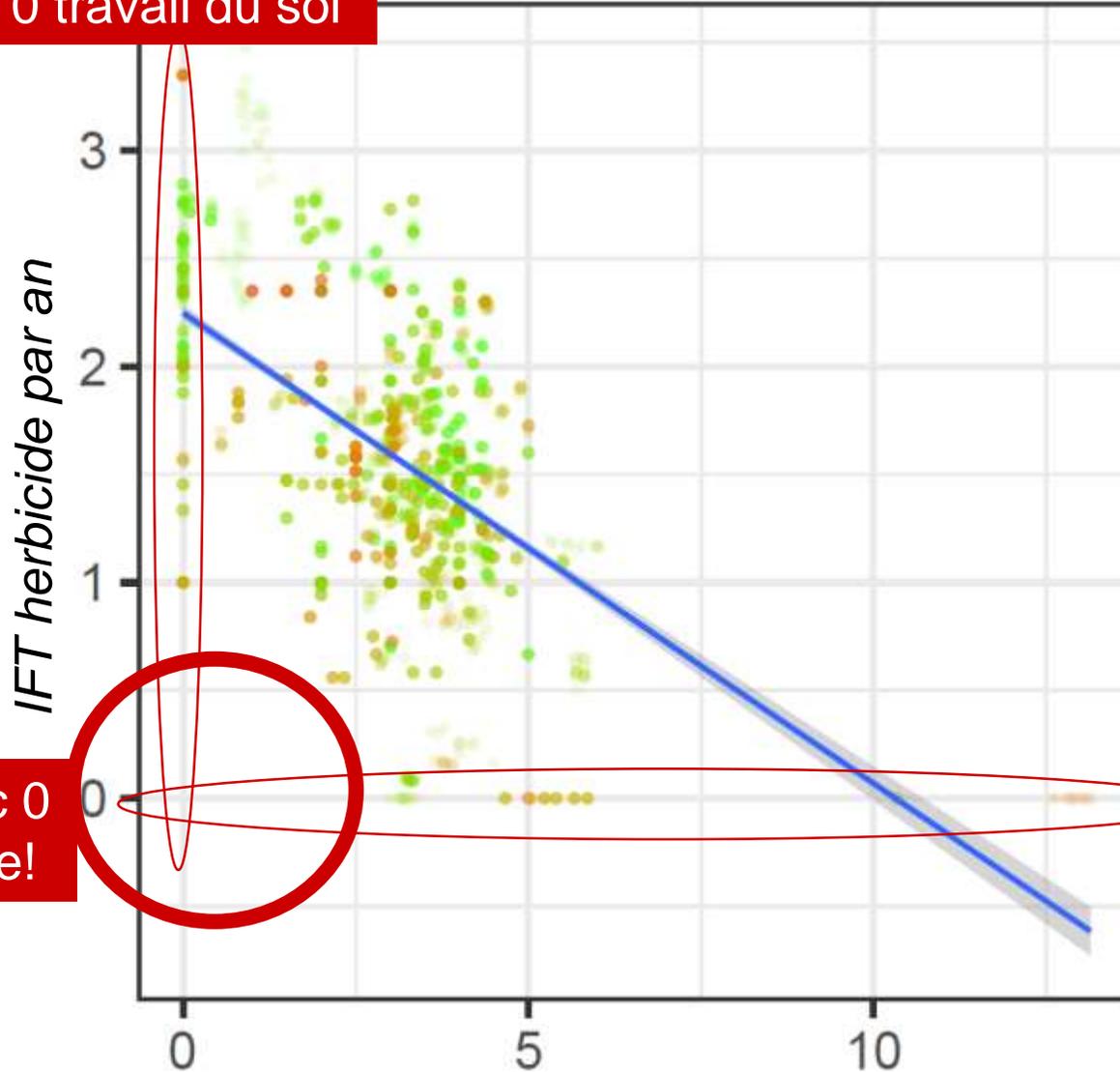
30 années
10 séries météo



N et H2O non limitants après la levée

Pratiques des systèmes de culture enquêtés

0 travail du sol

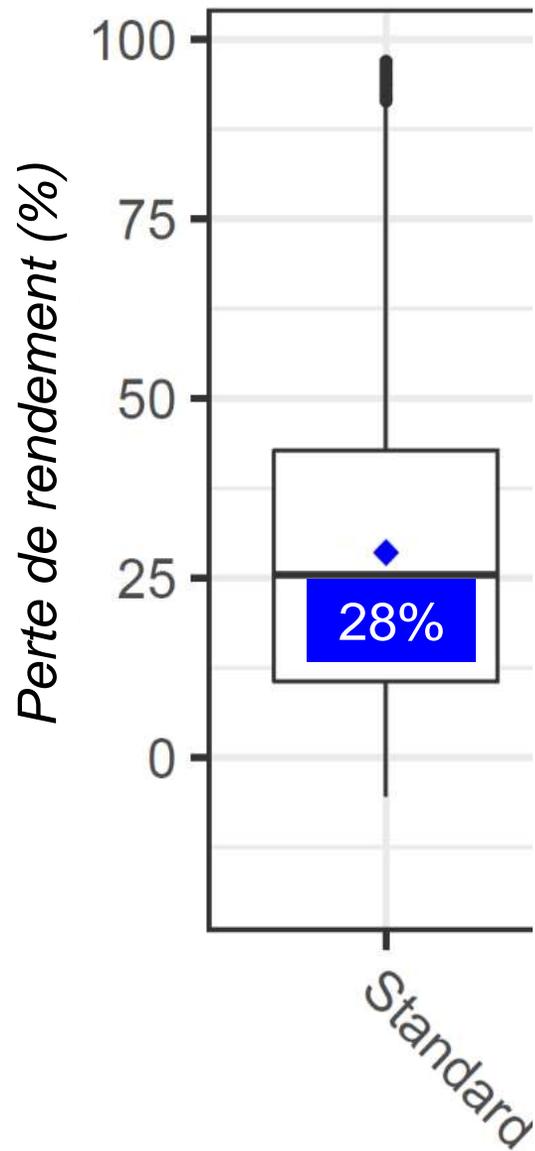


Aucun système avec 0 travail et 0 herbicide!

0 herbicide

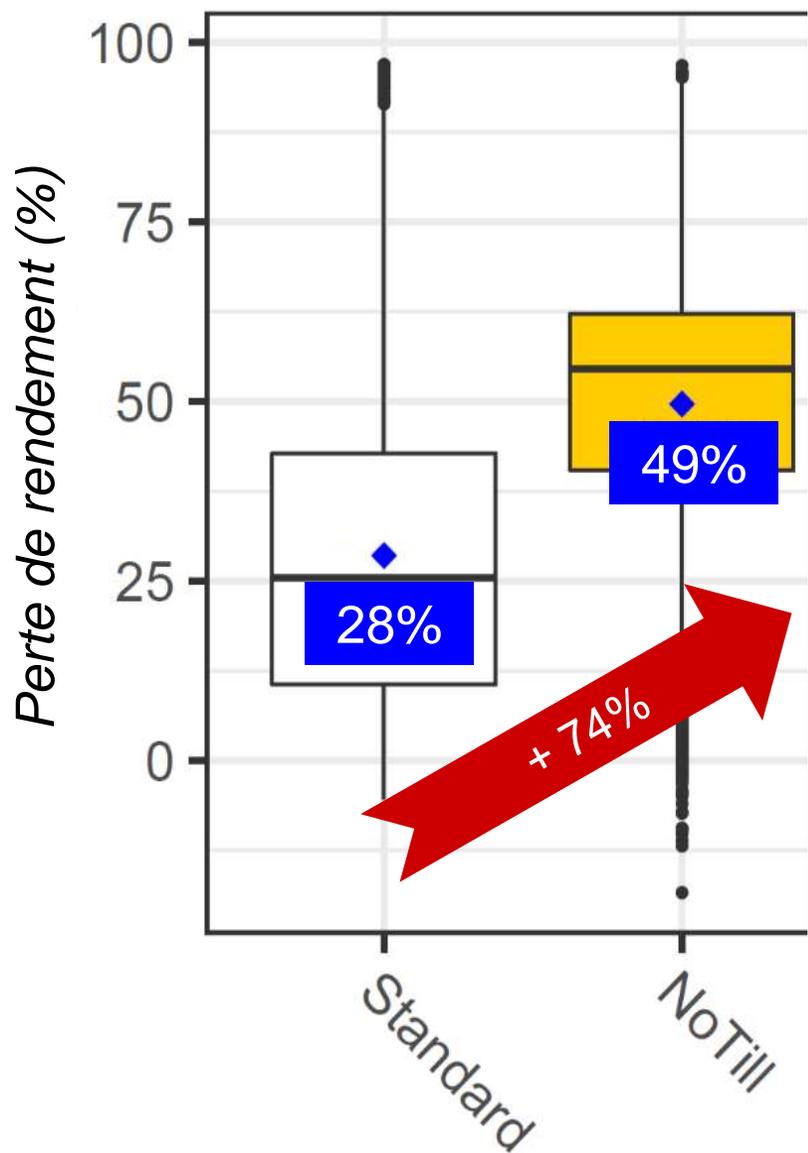
Opérations de travail du sol / an

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

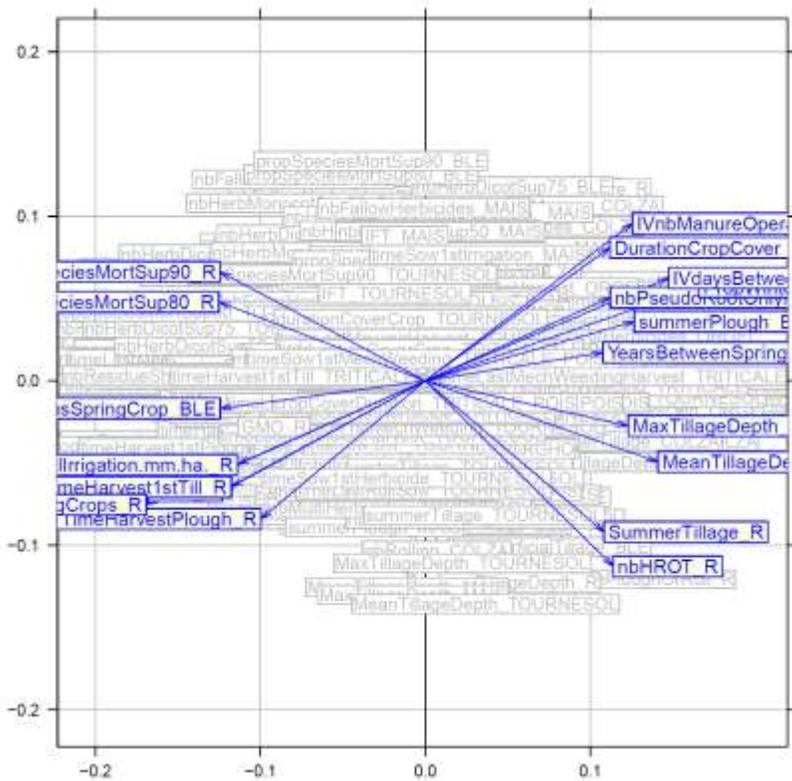


Tableau des différences de densités des champs

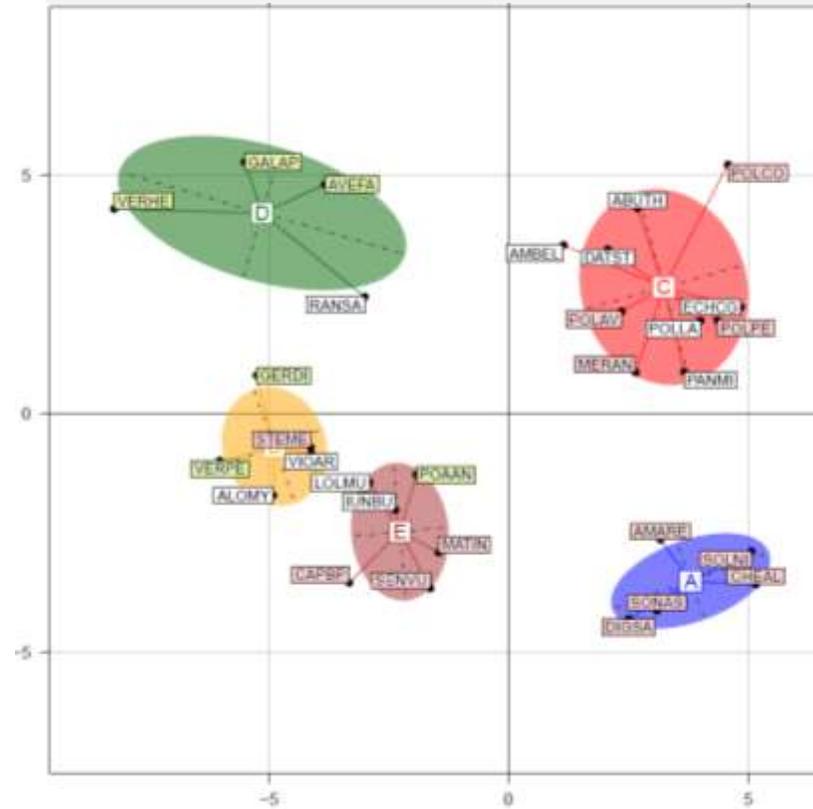
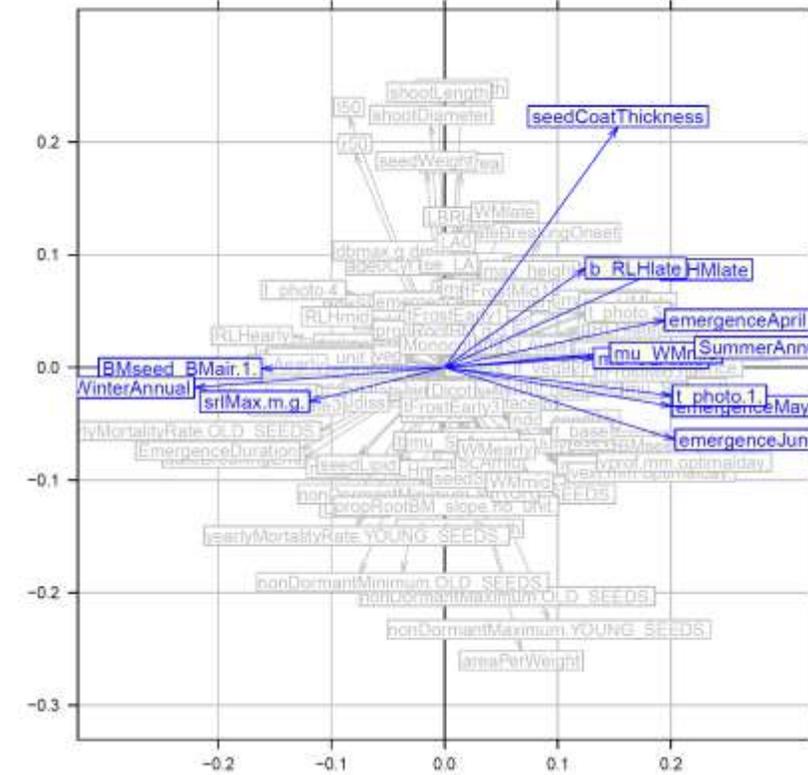
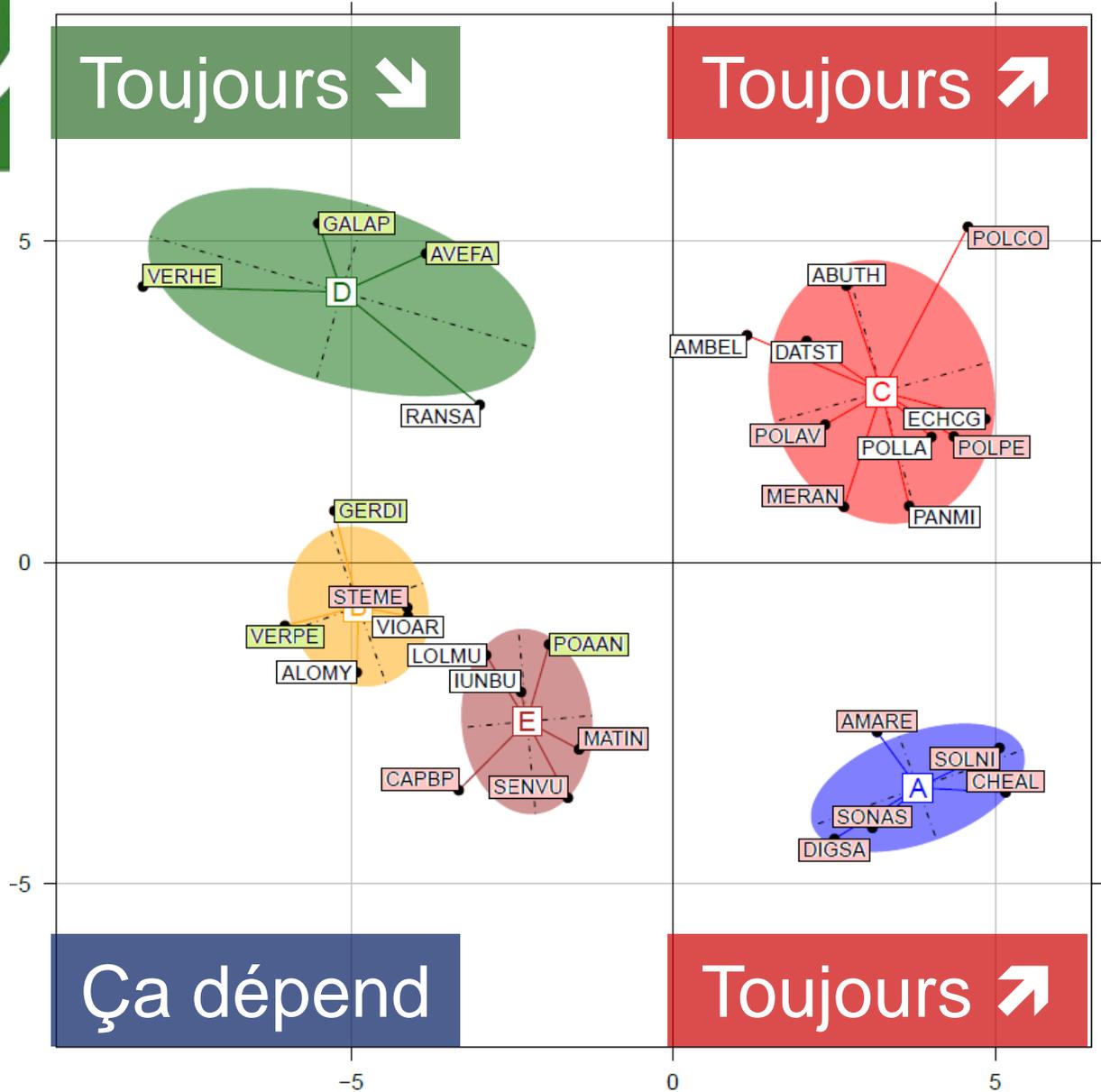


Tableau des traits d'espèces adventices



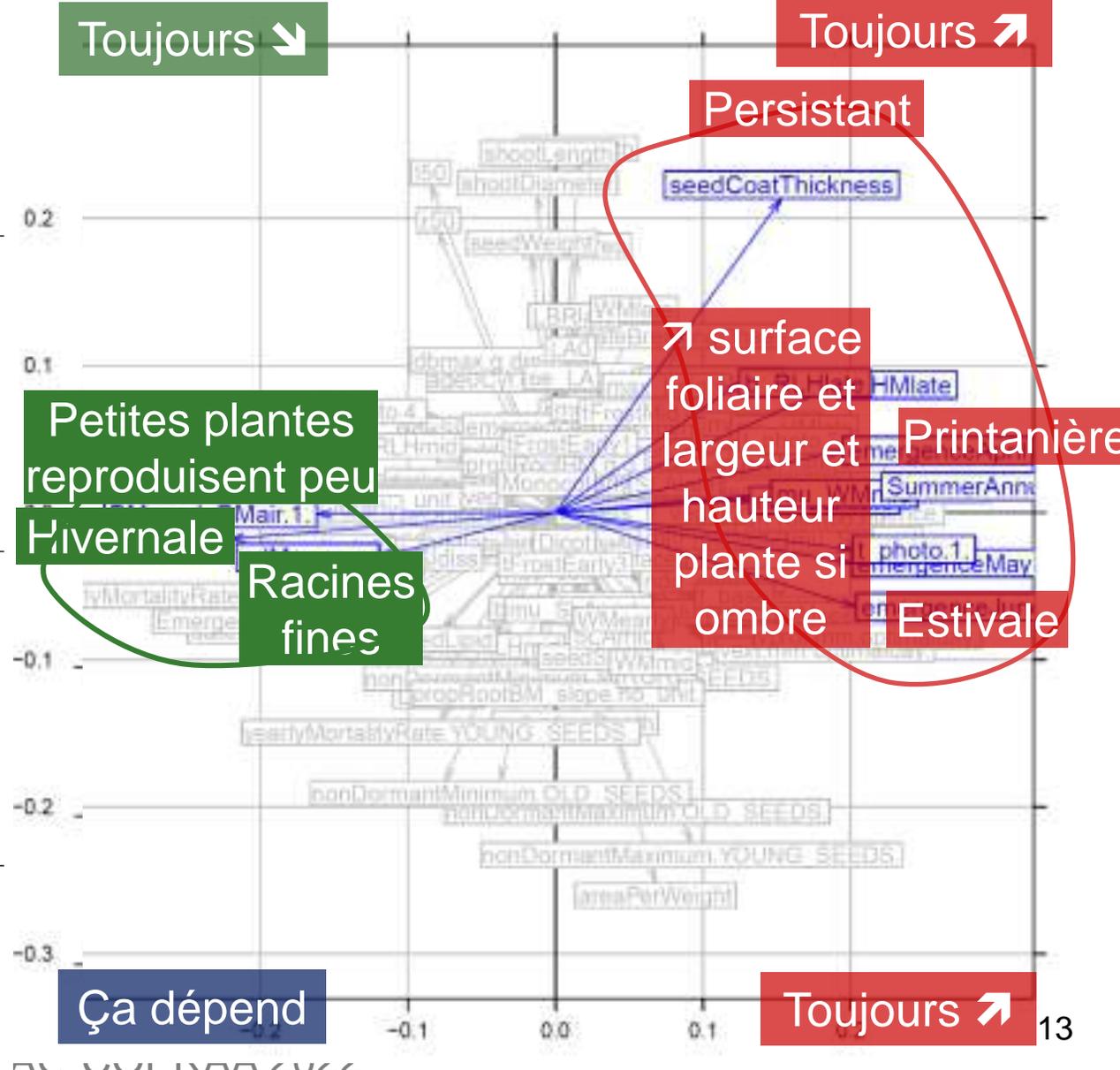
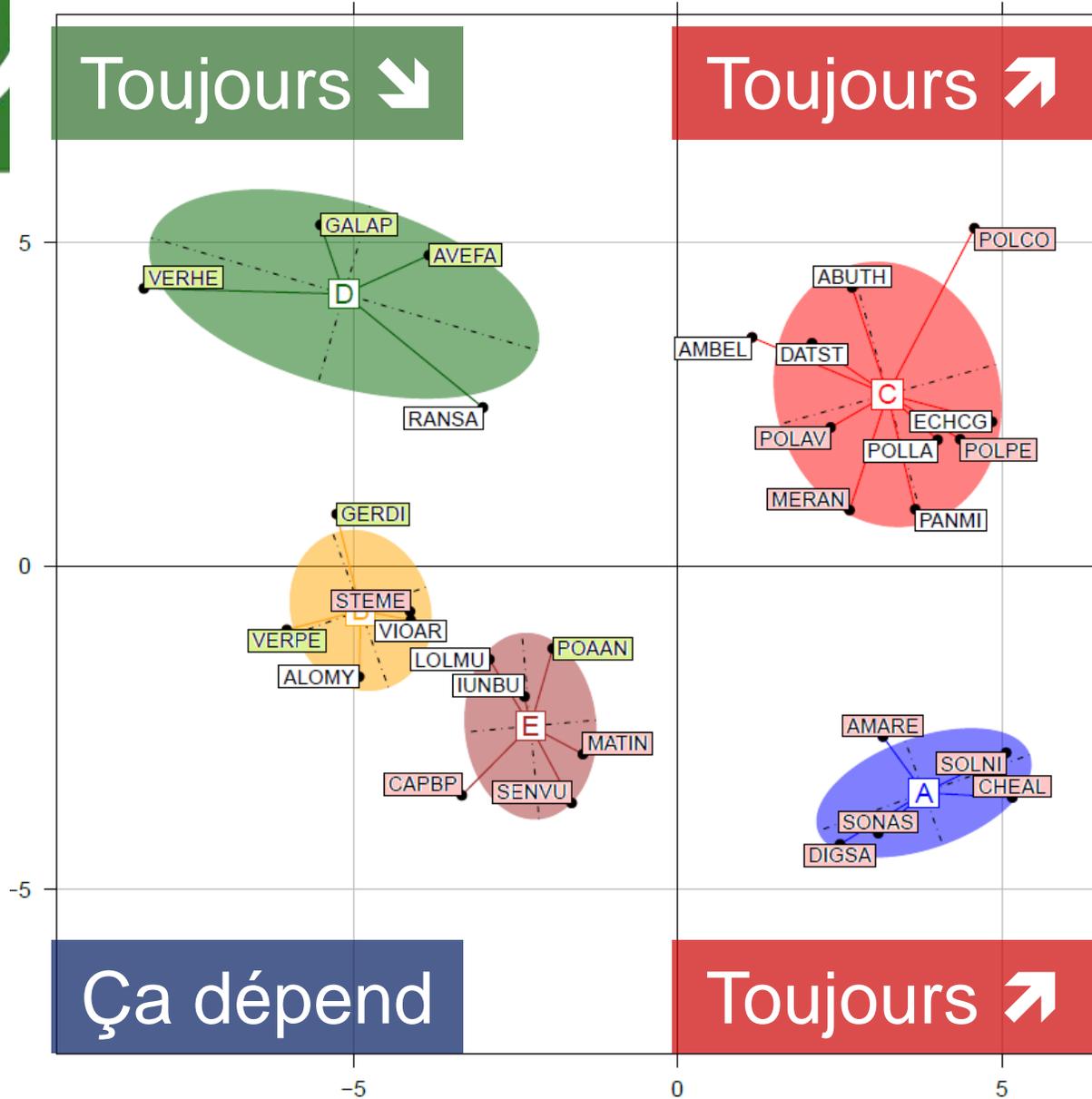
Adventices et traits sélectionnés par la suppression du travail du sol

- *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^{ère} 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% |
| A. Performance de la stratégie (travail du sol & usage herbicide & perte de rendement due aux adventices) | | | |
| 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. Combinaison de pratiques déterminant les stratégies | | | |
| 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 |
|--|--------------|--------------|--------------|
| % 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 ≥ 2.9 | 0.00 | 0.17 | 0.00 |
| Nombre d'opérations d'irrigation / an ≥ 2.9 | 0.00 | 0.17 | 0.00 |
| Perte de rendement déterminant les stratégies | 59% | 59% | 41% |



Pas très imagitatif!

Cultures de printemps semées après 13 Avr
 Dernier travail < 16 jours avant semis du maïs

Cultures de printemps semées avant 18 Avr

Opérations d'irrigation / an < 2.9

Proba de céréales avant blé < 40%

Irrigation / an < 82 mm

C. d'hiver semées avant 26 Sep

Cultures d'hiver semées avant 3 Nov

Désherbage mécanique < 0.5 ops / an

Cultures d'hiver récoltées ~ 7 Juil

Fumier (sans adventices) < 0.5 / an

(ni couverts < 3.5 cultures & d'interculture ni variétés en 30 ans doubles cultures)

Herbicides très efficaces (large spectre, systémique, multi-entrée)

efficacité $\geq 50\%$) ≥ 0.16 /an

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

