

CoSAC (ANR-14-CE18-0007)

Co
nception de S
tratégies durables de gestion
des A
dventices dans un contexte de C
hangement
(Climat, pratiques agricoles, biodiversité)



Nathalie Colbach

Delphine Moreau, Frédérique Angevin, Alain Rodriguez

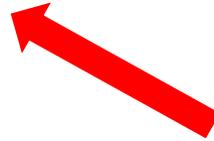
F. Colas, S. Cordeau, C. Gée, T. Maillot, P. Métais, C. Toqué, F. Vuillemin, J. Villerd



Les effets multiples des adventices



Field infestation
Yield loss



Host for other
pests



Wild plant
biodiversity



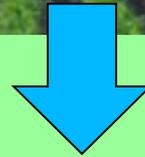
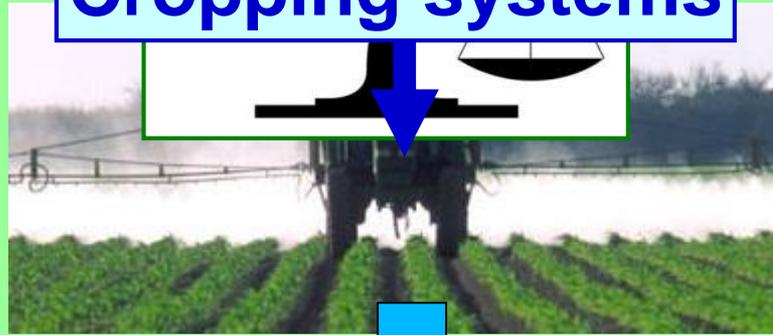
Trophic resource
for beneficial/neutral
organisms



Les effets multiples des adventices



Cropping systems



Field infestation
Yield loss



Wild plant
biodiversity



Host for other
pests



Trophic resource
for beneficial/neutral
organisms



Étapes

Quantifier et comprendre les effets de pratiques innovantes

Observer la performance au champ



Identifier les processus (conditions contrôlées)



Comment améliorer l'efficacité des techniques culturales en optimisant les interactions biologiques et processus physiques impliqués

Étapes

Quantifier et comprendre les effets de pratiques innovantes

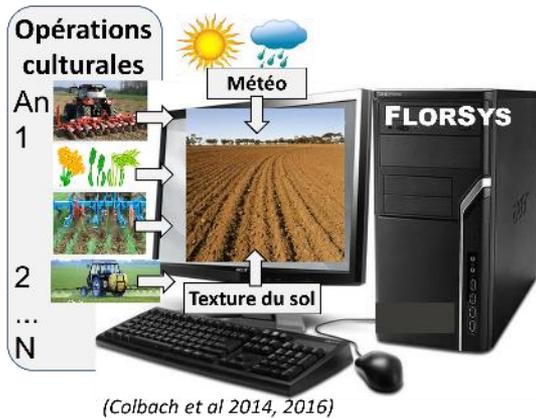
Observer la performance au champ

Identifier les processus (conditions contrôlées)

Développer des outils de conception et d'évaluation de stratégies de gestion

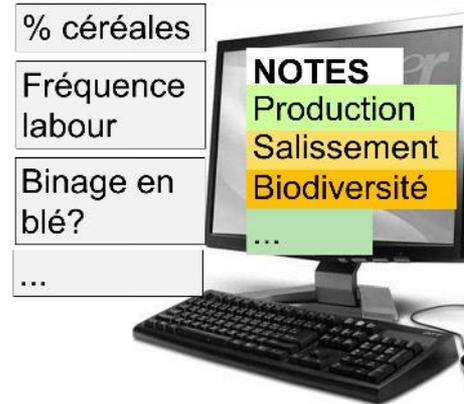
Améliorer la parcelle virtuelle FLORSYS

Développer un outil d'aide à la décision



Simplification

Méta-modélisation



Identification des besoins des utilisateurs



Test de prototypes

Étapes

Quantifier et comprendre les effets de pratiques innovantes

Observer la performance au champ

Identifier les processus (conditions contrôlées)

Développer des outils de conception et d'évaluation de stratégies de gestion

Améliorer la parcelle virtuelle FLORSYS

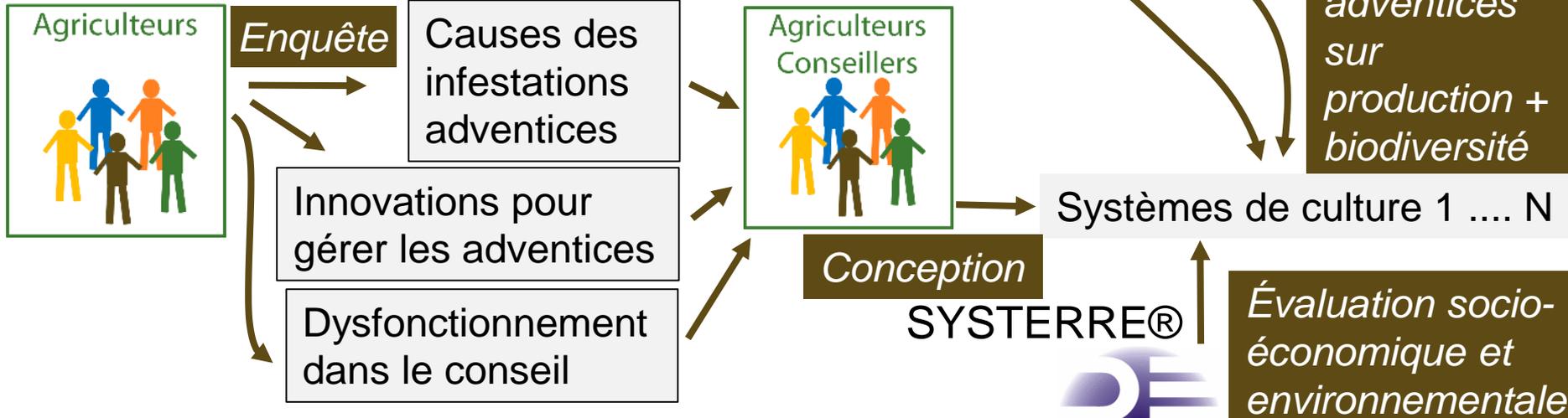
Développer un outil d'aide à la décision

Concevoir et évaluer des systèmes de culture multiperformants

Identifier les freins à l'adoption d'innovations

Ateliers de conception

*Évaluation -
impact des
adventices
sur
production +
biodiversité*



Étapes

Quantifier et comprendre les effets de pratiques innovantes

Observer la performance au champ

Identifier les processus (conditions contrôlées)

Développer des outils de conception et d'évaluation de stratégies de gestion

Améliorer la parcelle virtuelle FLORSYS

Développer un outil d'aide à la décision

Concevoir et évaluer des systèmes de culture multiperformants

Identifier les freins à l'adoption d'innovations

Ateliers de conception

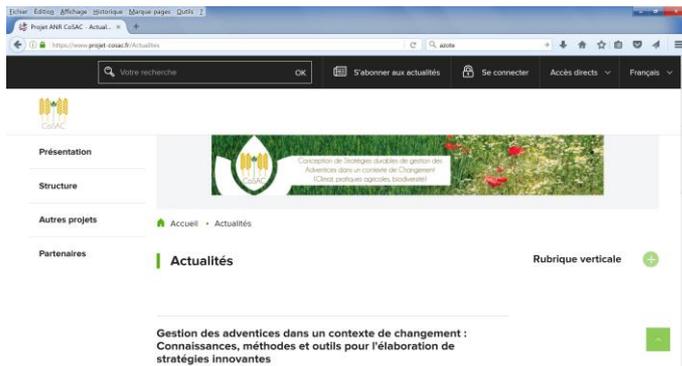
Implication des acteurs

Web

Brochures

Formations

Jeux de rôle





Données hétérogènes, partielles

1. Co-construction d'un protocole de relevé de flore pour faciliter le regroupement des données entre essais et partenaires
2. Choix d'un vocabulaire commun
3. Partage de méthodes d'analyse des données et réflexion sur des méta-analyses
4. Réflexion et choix d'une Base de Données commune



$$\begin{aligned} \frac{\partial \langle \rho \rangle}{\partial t} + \vec{\nabla} \cdot [(\rho + p)\vec{v}] &= \vec{\nabla} \cdot (\vec{E} \cdot \vec{v}) + \rho \vec{v} \cdot \vec{v} - \vec{\nabla} \cdot \vec{q} + n \\ \vec{\nabla}_i \vec{E}_i &= -\frac{\partial \rho}{\partial t} & \oint \vec{E} \cdot d\vec{l} &= \iint \rho \vec{e}_i \cdot d\vec{s} \\ \sigma_r - \sigma_\phi &\geq \frac{1}{2} \\ \mathcal{L} &= -\frac{1}{4} \int d^4x F^{\mu\nu} F_{\mu\nu} + i \int d^3x \bar{\psi} \not{\partial} \psi + h.c. \\ &+ \frac{1}{2} \int d^3x \psi_r \phi + h.c. + \int d^3x \phi^2 - V(\phi) \end{aligned}$$



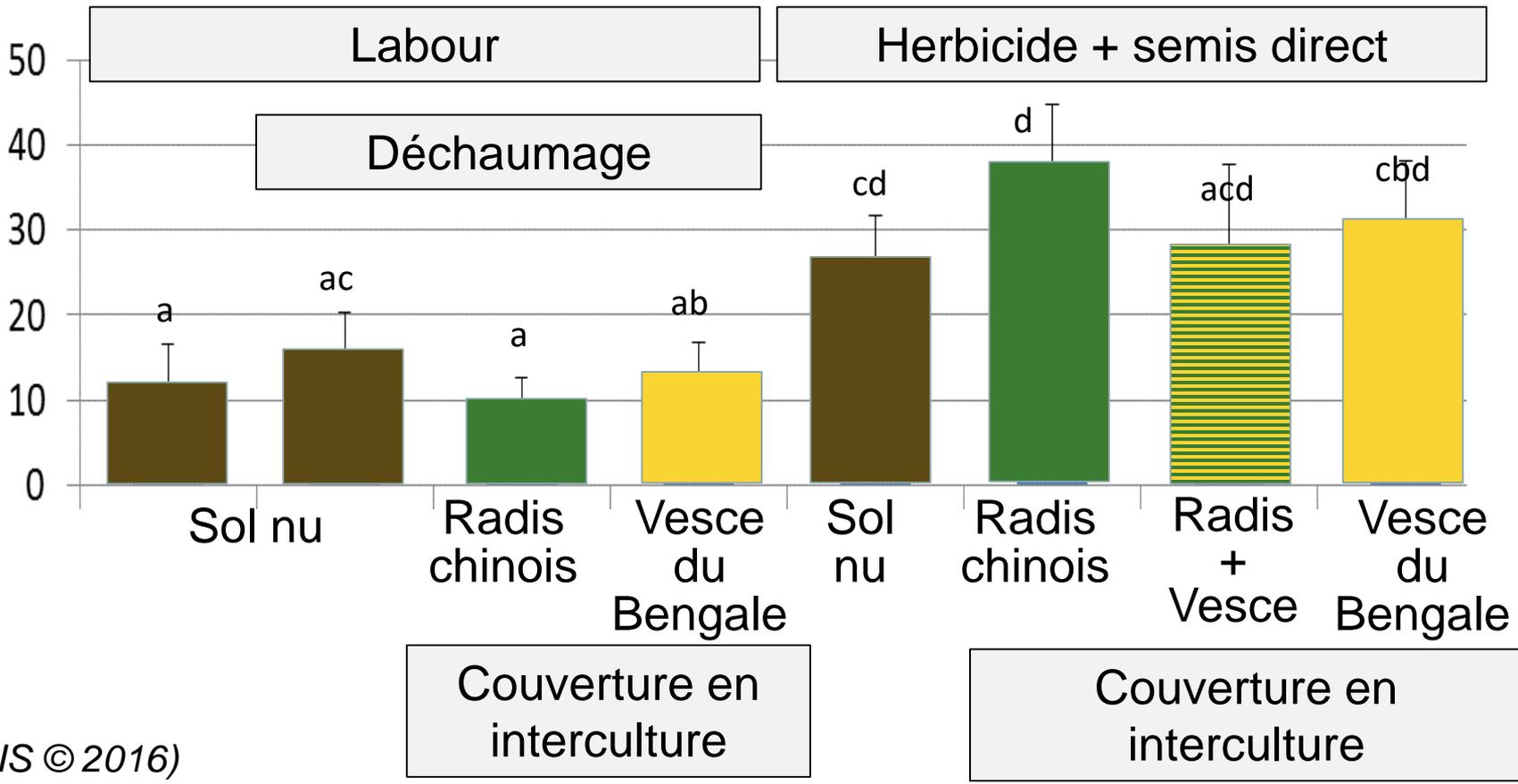
Quantifier et comprendre les effets de pratiques innovantes

1

Adventices en culture de rente
(plantes/m²) - Moyenne 2011-2015

Observer la performance au champ

Cultures de couverture
x travail du sol



(ARVALIS © 2016)

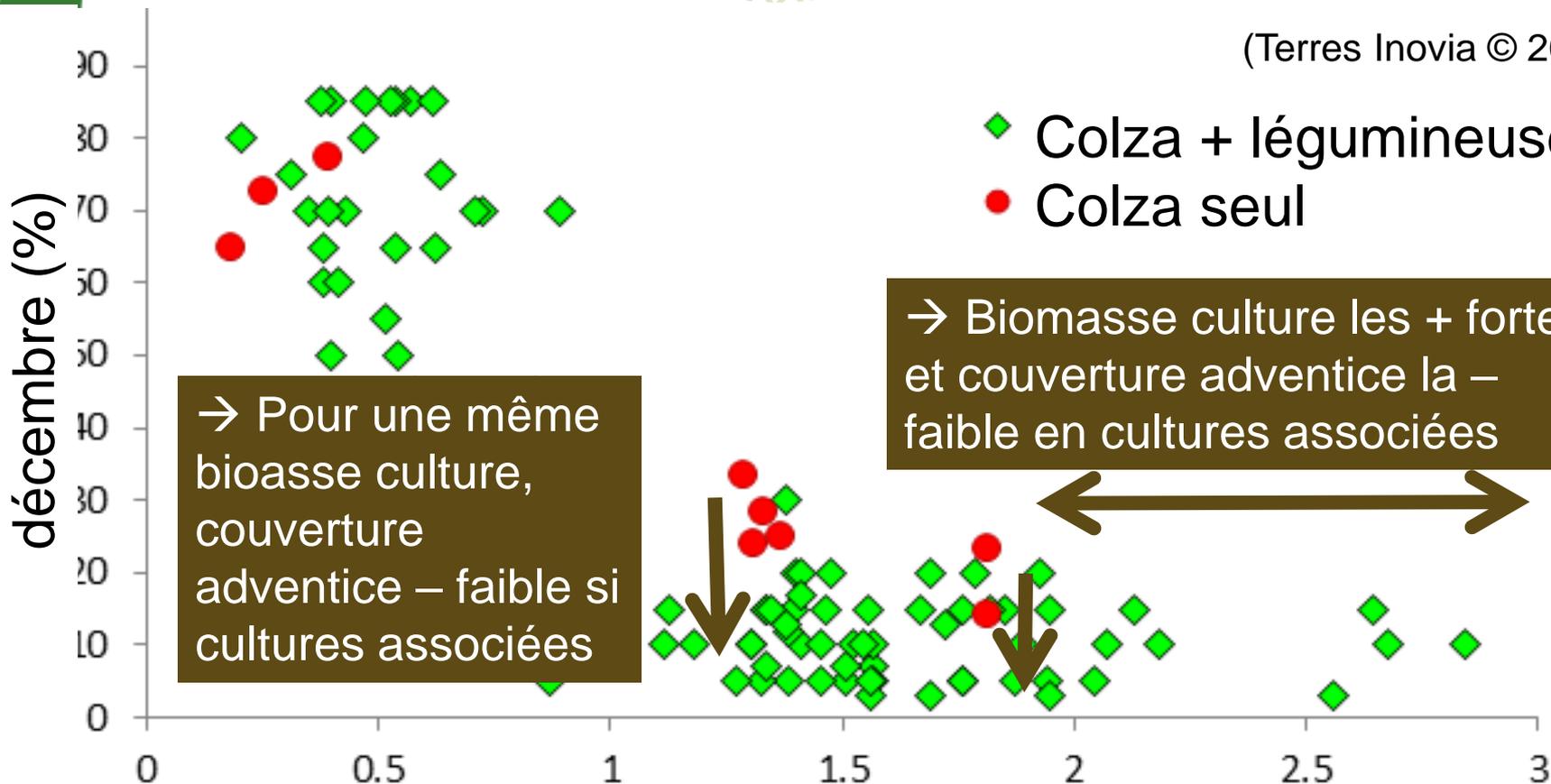
→ Effet crucial du **labour**
→ Ces **espèces** de couvertures ne ↘ pas les adventices à **court terme**

Quantifier et comprendre les effets de pratiques innovantes

Observer la performance au champ

Cultures associées

Couverture adventices en décembre (%)



→ Effet effet dépend de la biomasse des cultures associées



Besoins en azote

Objectif : Quantifier pour une gamme d'espèces les besoins en azote en fonction de la croissance aérienne (Données en cours d'analyse)



Exemple d'un trait de ramification

□ Low soil-nitrogen ■ High soil-nitrogen



Pour les 9 traits d'architecture racinaire étudiés sur 12 espèces :

- Grande variabilité entre espèces
- Effet mineur de la disponibilité en azote

Moreau et al. (en révision) Annals of Applied Biology

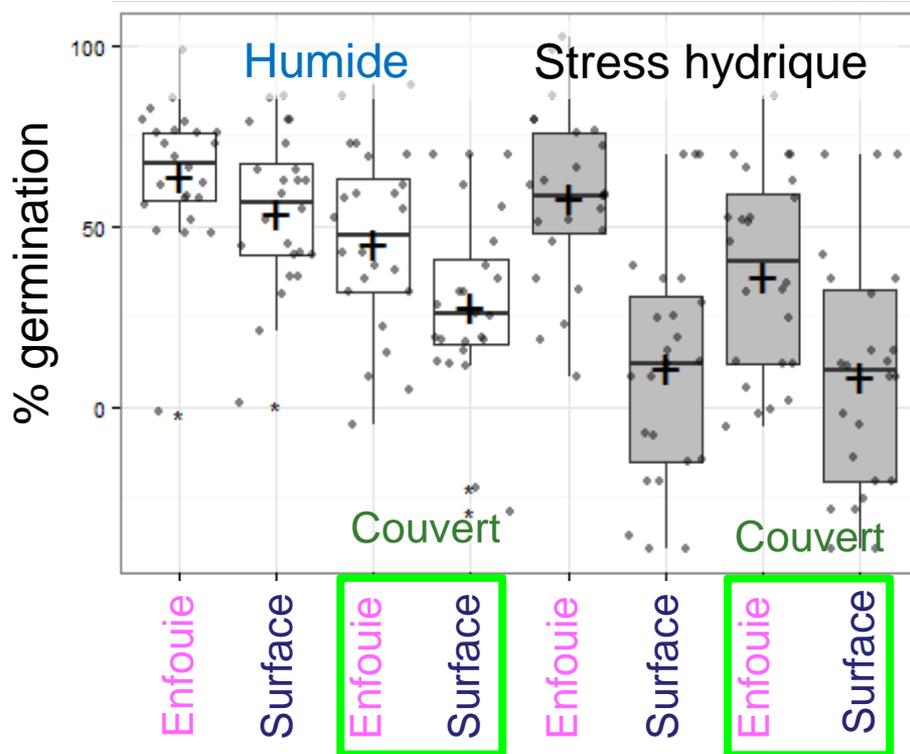
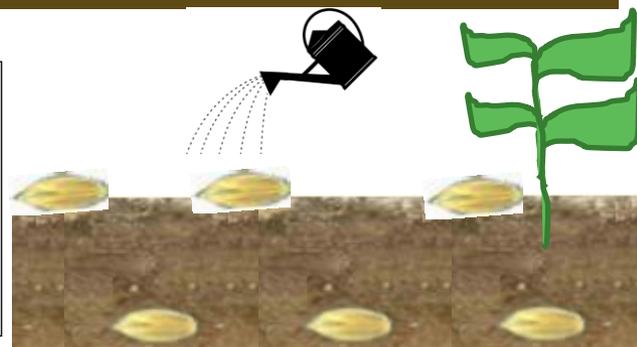
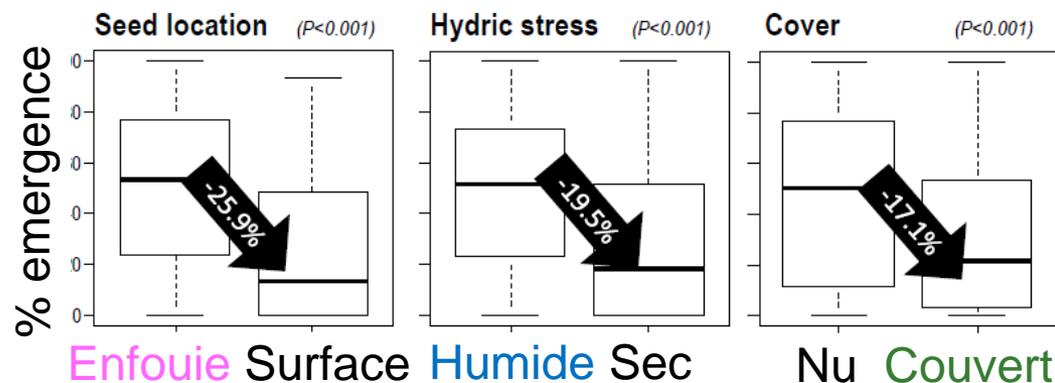
Architecture racinaire :

- Émission des racines primaires
- Elongation
- Ramification

Quantifier et comprendre les effets de pratiques innovantes

1 Identifier les processus (conditions contrôlées)

Germination en semis direct



La germination/levée est réduite :

- En surface
 - Sous couvert
 - Si stress hydrique (sauf si semences enfouies)
- (en moyenne sur les espèces testées)

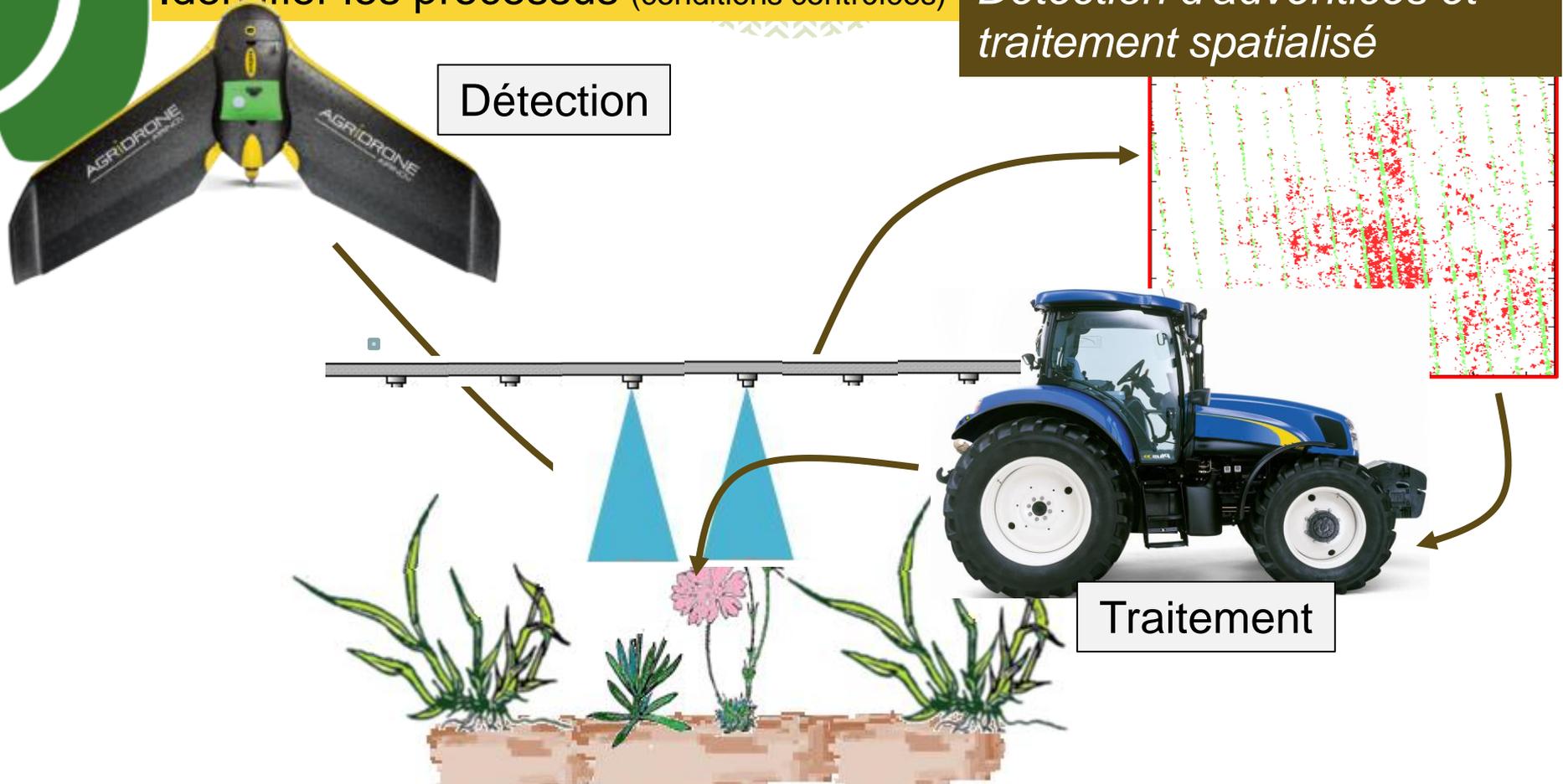
Cordeau et al., 2015 – AAB
Cordeau et al., soumis



Quantifier et comprendre les effets de pratiques innovantes

1 Identifier les processus (conditions contrôlées)

Détection d'adventices et traitement spatialisé



- Elaboration d'un modèle de chaîne d'acquisition d'images
- Comparaison à des
 - Images prises par perche → impact de la résolution spatiale
 - Relevés floristiques géoréférencés → capacité de discrimination

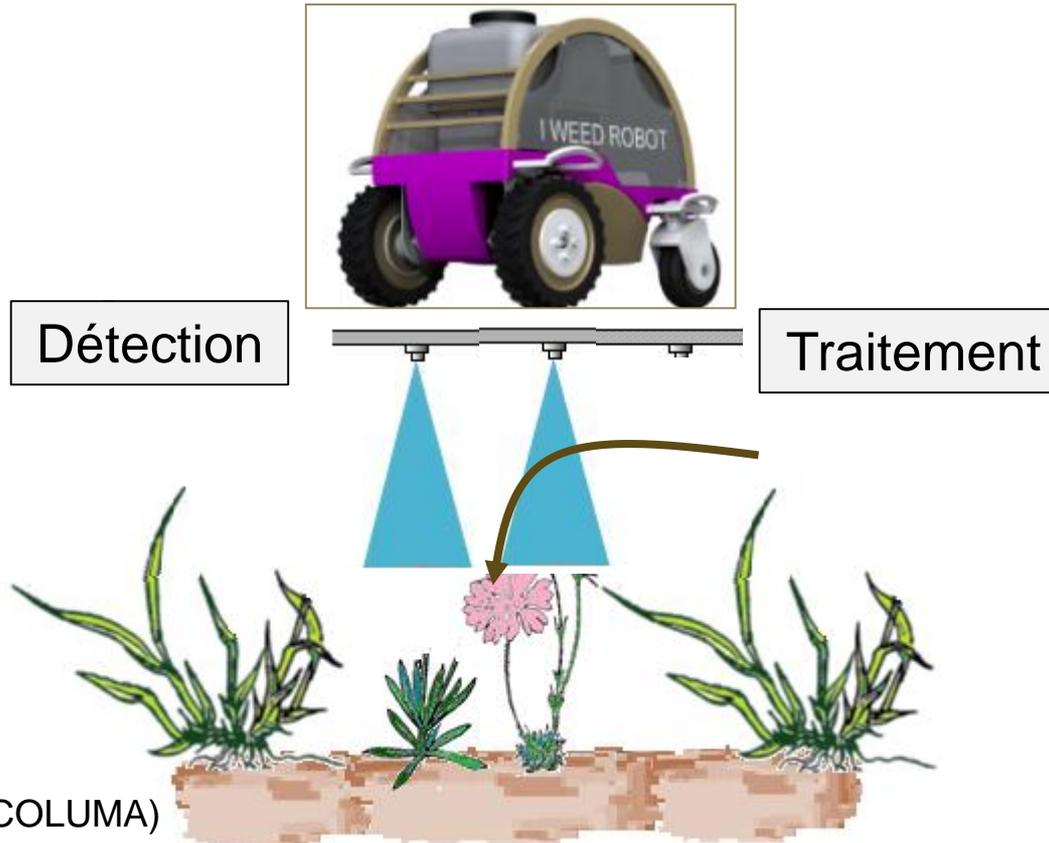
(Gée et al)



Quantifier et comprendre les effets de pratiques innovantes

1 Identifier les processus (conditions contrôlées)

Détection d'adventices et traitement spatialisé

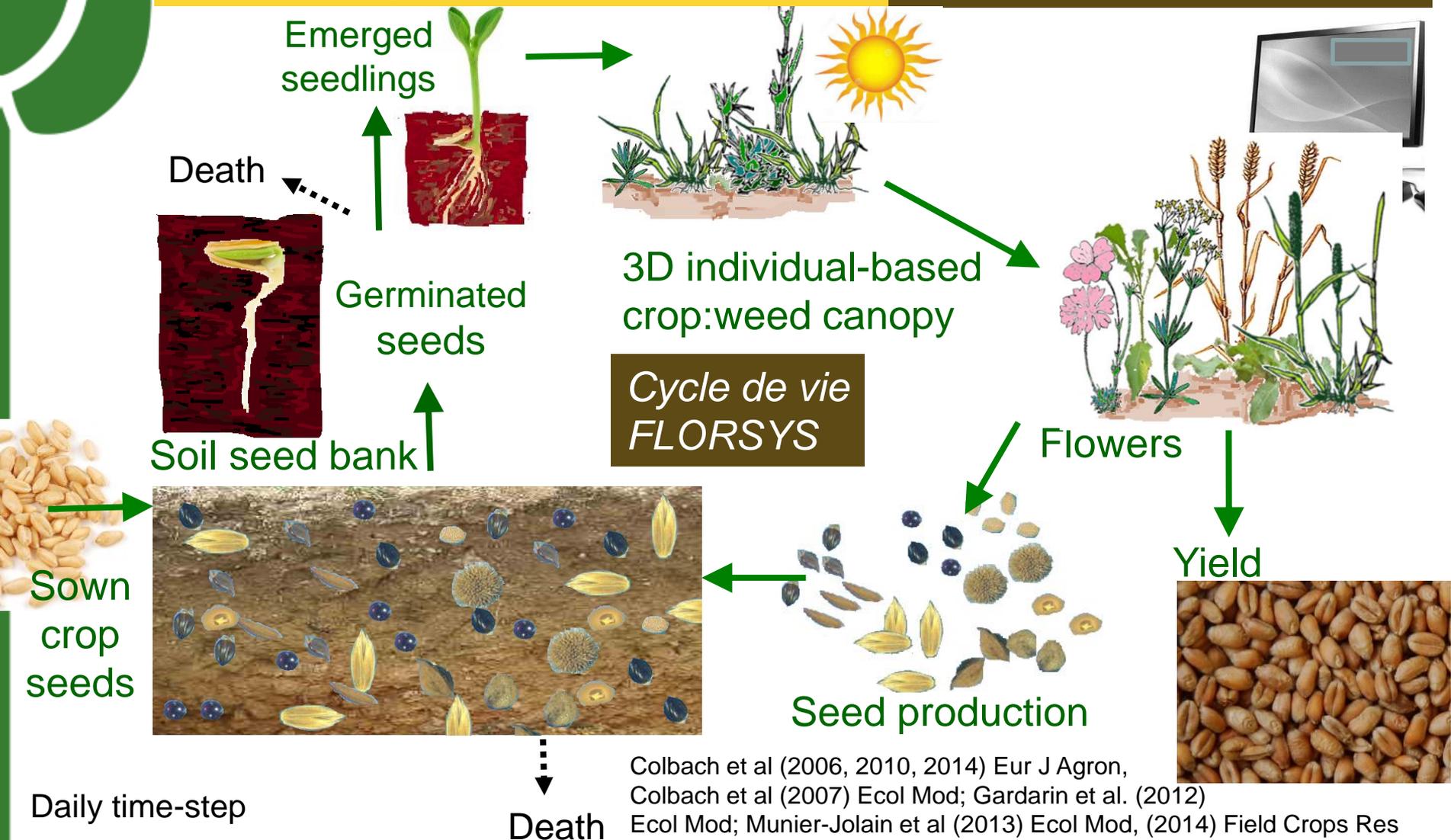


(Maillot et al, 2016 COLUMA)

- Mise en place du guidage automatisé du robot
- Déclenchement de la pulvérisation

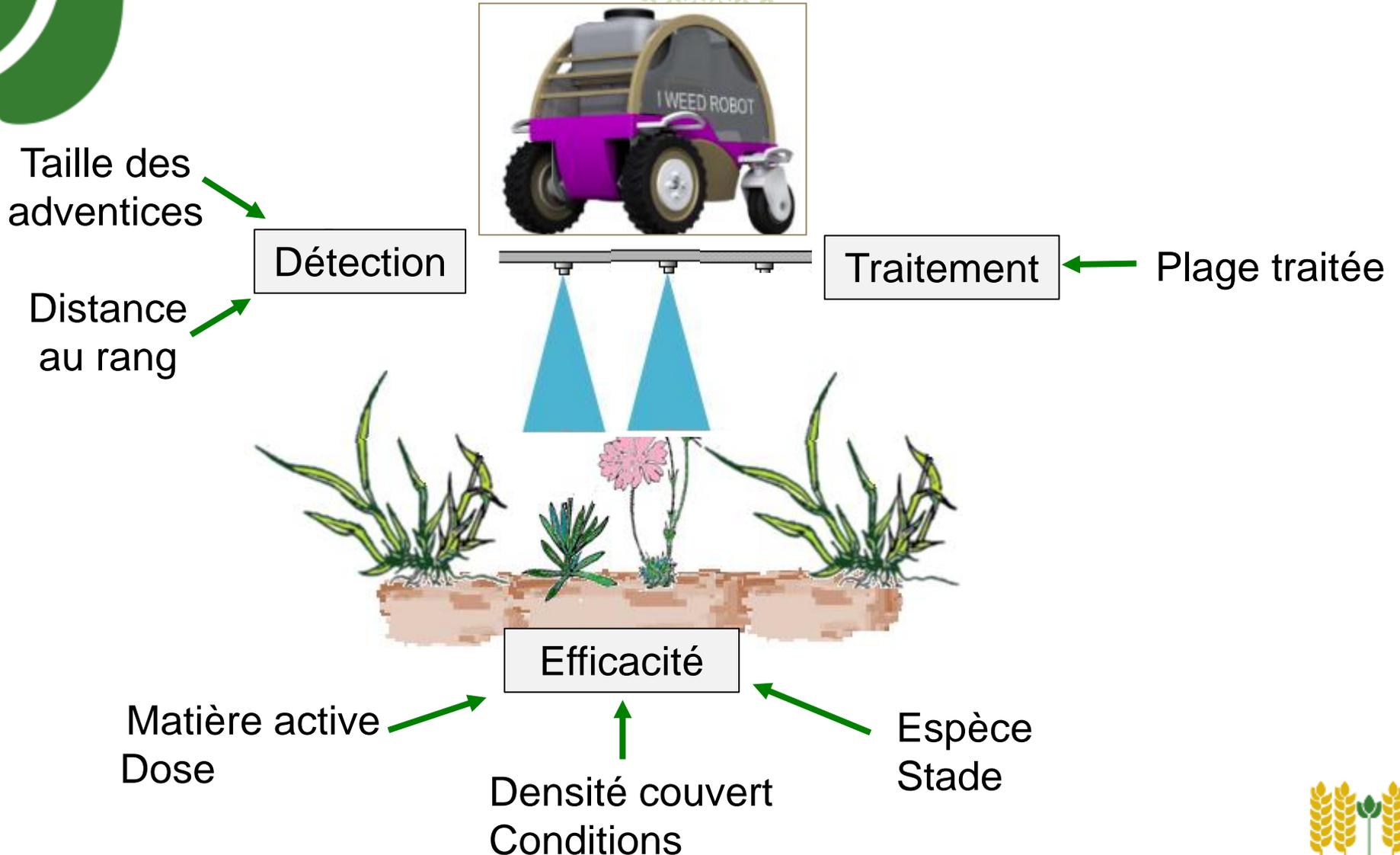
→ Impact à long terme sur la flore adventice?

Améliorer la parcelle virtuelle FLORSYS *Structure de FLORSYS*



Améliorer la parcelle virtuelle FLORSYS

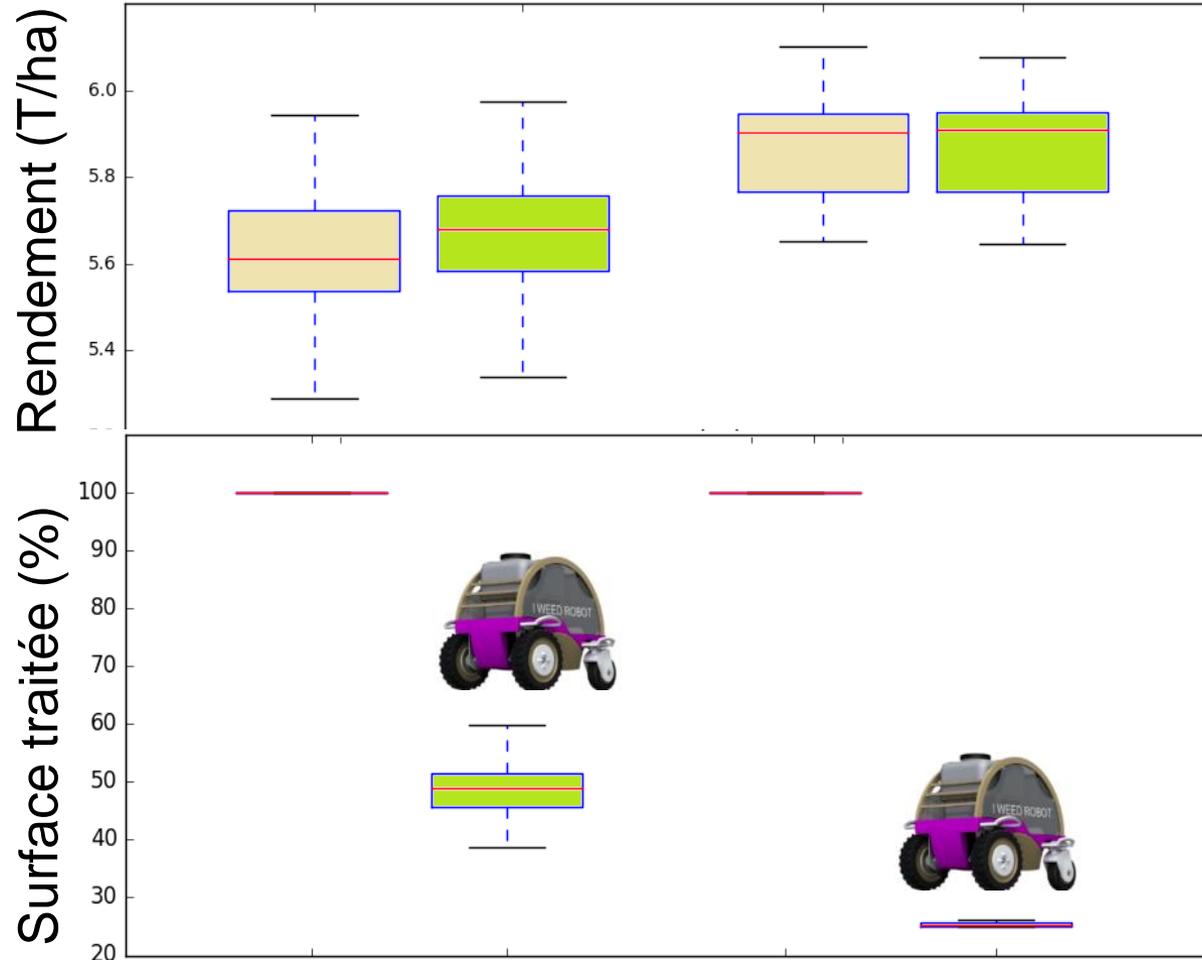
Traitement localisé



Améliorer la parcelle virtuelle FLORSYS *Traitement localisé*



Moyenne sur
10 ans x 10
répétitions
climatiques

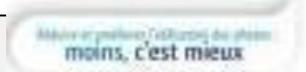
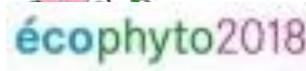
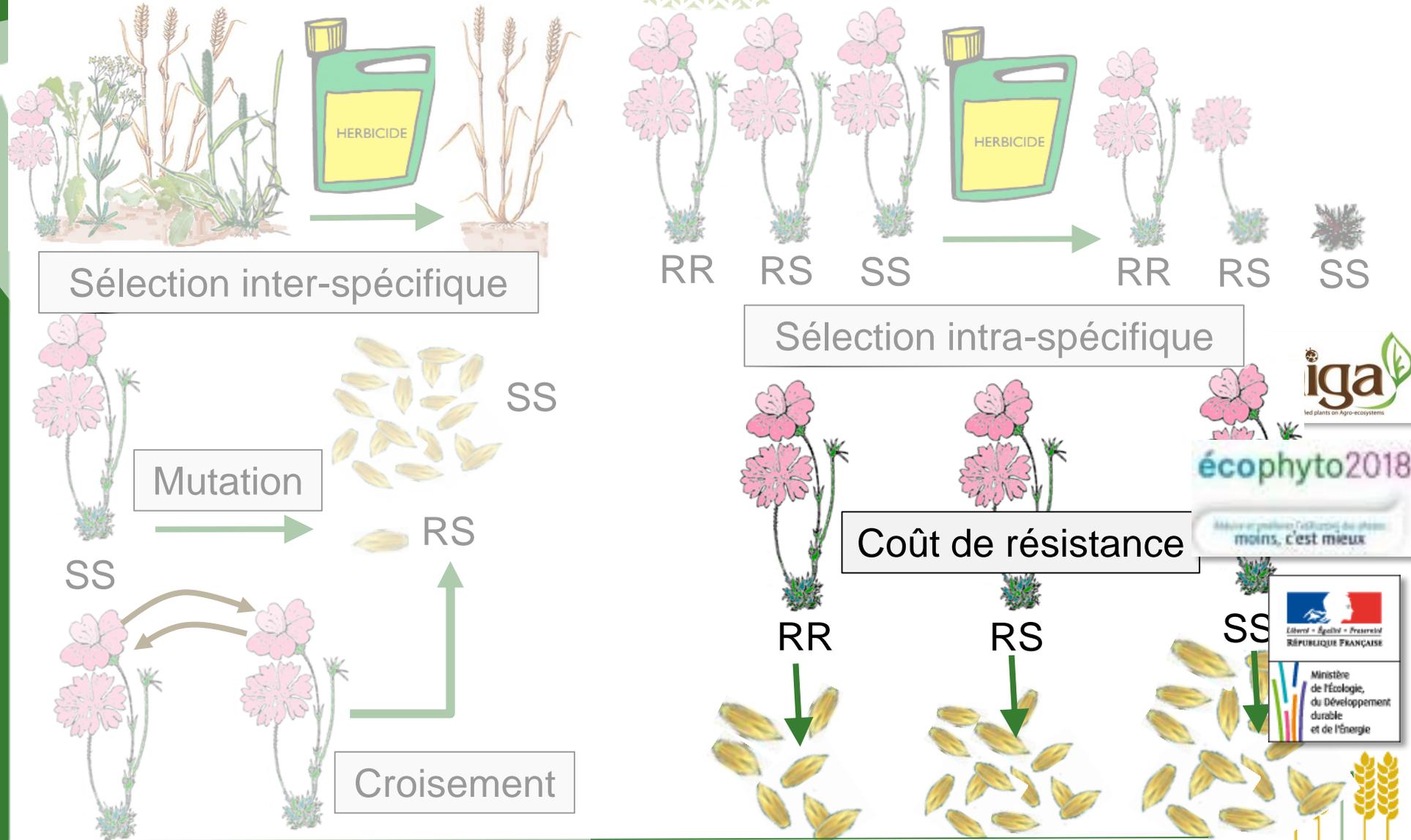


Type de traitement **En plein** **Localisée** **En plein** **Localisée**

Répartition des adventices **Uniforme** **En tâche**

(Maillot et al 2017)

Améliorer la parcelle virtuelle FLORSYS *Résistance au glyphosate*



Améliorer la parcelle virtuelle FLORSYS

Résistance au glyphosate

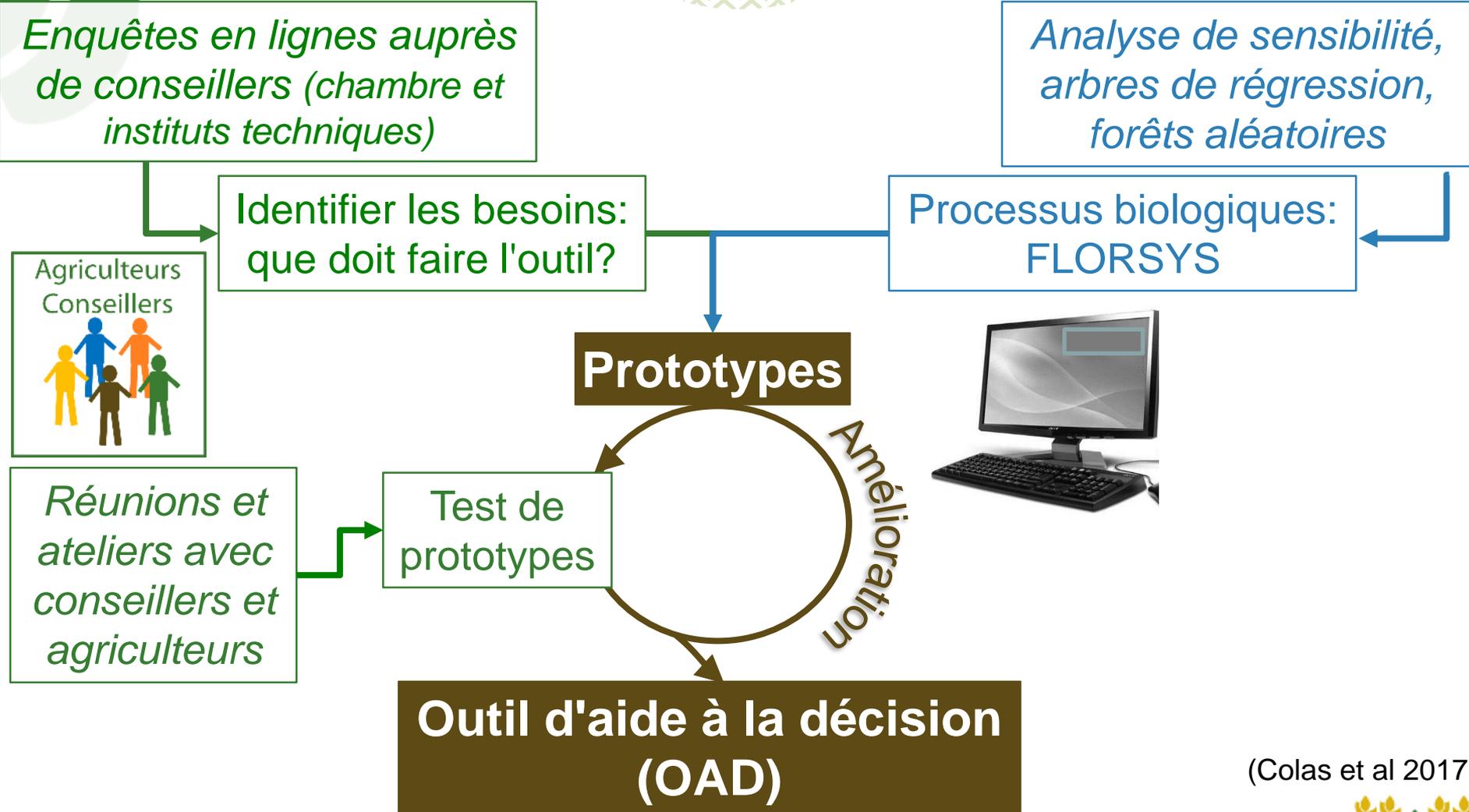
Aquitaine (30 ans x 10 répétitions climatiques) Scénario	Adventice: / m ² (log ₁₀)	Résistance (probabilité)	Années jusqu'à résistance
1 Rotation diverse (sans glyphosate)&	1.27 C	0.90 EF	7.0 BC
2 Rotation diverse avec glyphosate en maïs	1.11 C	0.80 EDF	8.4 BC
3 + non-labour et glyphosate avant maïs en Aquitaine	-0.47 F	0.30 BAC	17.3 A
4 Blé/ maïs avec glyphosate en maïs	0.44 D	0.40 BC	10.8 BA
5 + non-labour et glyphosate avant maïs	1.69 B	0.80 EDF	2.6 DC
6 Monoculture de maïs avec glyphosate en maïs	0.43 D	0.10 BA	20.6 A
7 + semis précoce	0.04 F	0.60 FDC	9.6 BA

→ Le glyphosate (en interculture ou en culture) entraîne la résistance des adventices uniquement si d'autres pratiques culturales (ex semis direct) favorisent son apparition.

→ Le glyphosate sélectionne surtout des espèces adventices qui évitent le traitement plutôt que celles qui sont effectivement résistantes

13 + semis direct avec 2 ^{ème} glyphosate et semis précoce	3.47 A	1.00 I	1.0 D
14 + culture de couverture ^{\$} détruite par glyphosate	-1.26 HG	0.00 A	> 28
15 + culture de couverture ^{\$} détruite par travail du sol	-1.46 HI	0.30 BAC	2.2 DC

Développer un outil d'aide à la décision *Méthode*

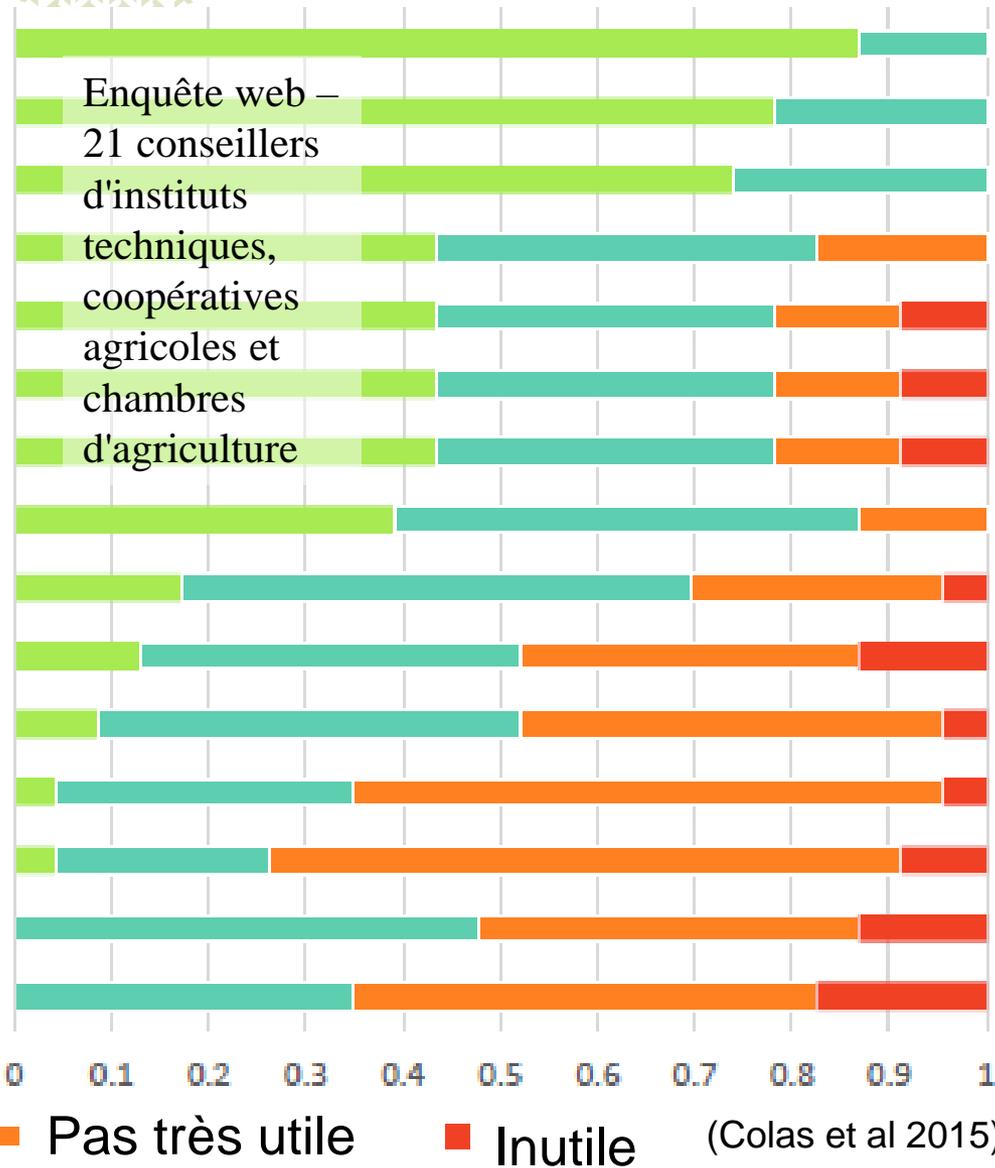


(Colas et al 2017)



Développer un outil d'aide à la décision *Quelles sorties?*

- Perte de rendement
- Contamination de récolte
- Salissement du champ
- Surplus de maladie
- Réduction transfert pesticides
- Réduction lixiviation d'azote
- Réduction de l'érosion
- Bourrage moissonneuse-batteuse
- Ressource pour pollinisateurs
- Surplus d'orobanche rameuse
- Ressource pour carabes
- Ressource pour papillons
- Ressource pour oiseaux
- Richesse spécifique
- Équitabilité de la flore

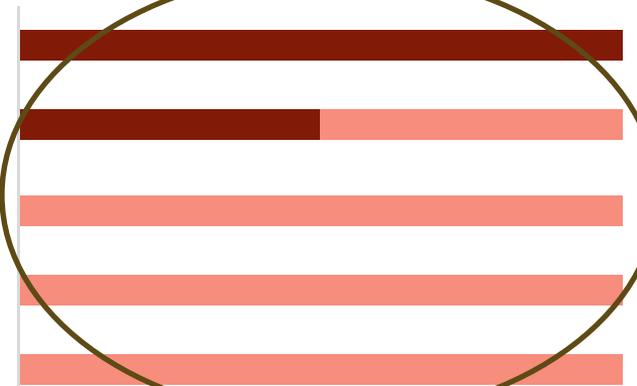


(Colas et al 2015)



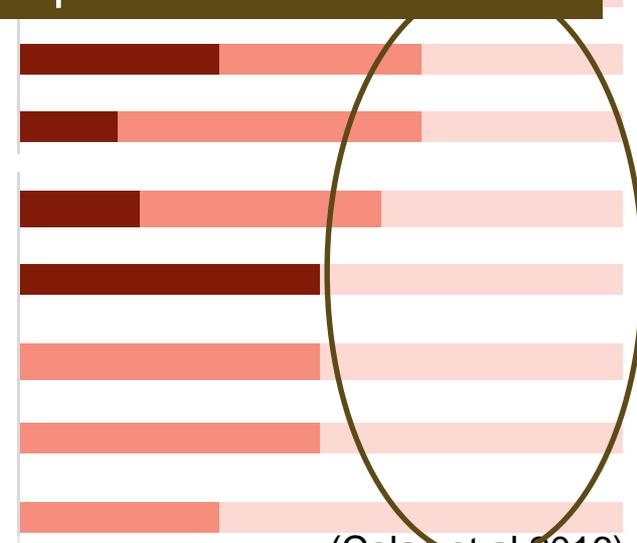
Développer un outil d'aide à la décision *Quelles questions?*

Trop de techniques à optimiser et combiner
Diversité d'adventices à gérer
Manque de solutions herbicides
Dépendance à la météo
Coûts de la gestion adventice



→ Ajuster finement les pratiques, en renseignant des opérations détaillées

Devoir diversifier les rotations
Mieux connaître la biologie des adventices
Pratiques inefficaces
Devoir gérer à l'échelle pluriannuelle
Perte de crédibilité auprès des pairs
Compétition avec la culture
Adventices résistantes aux herbicides



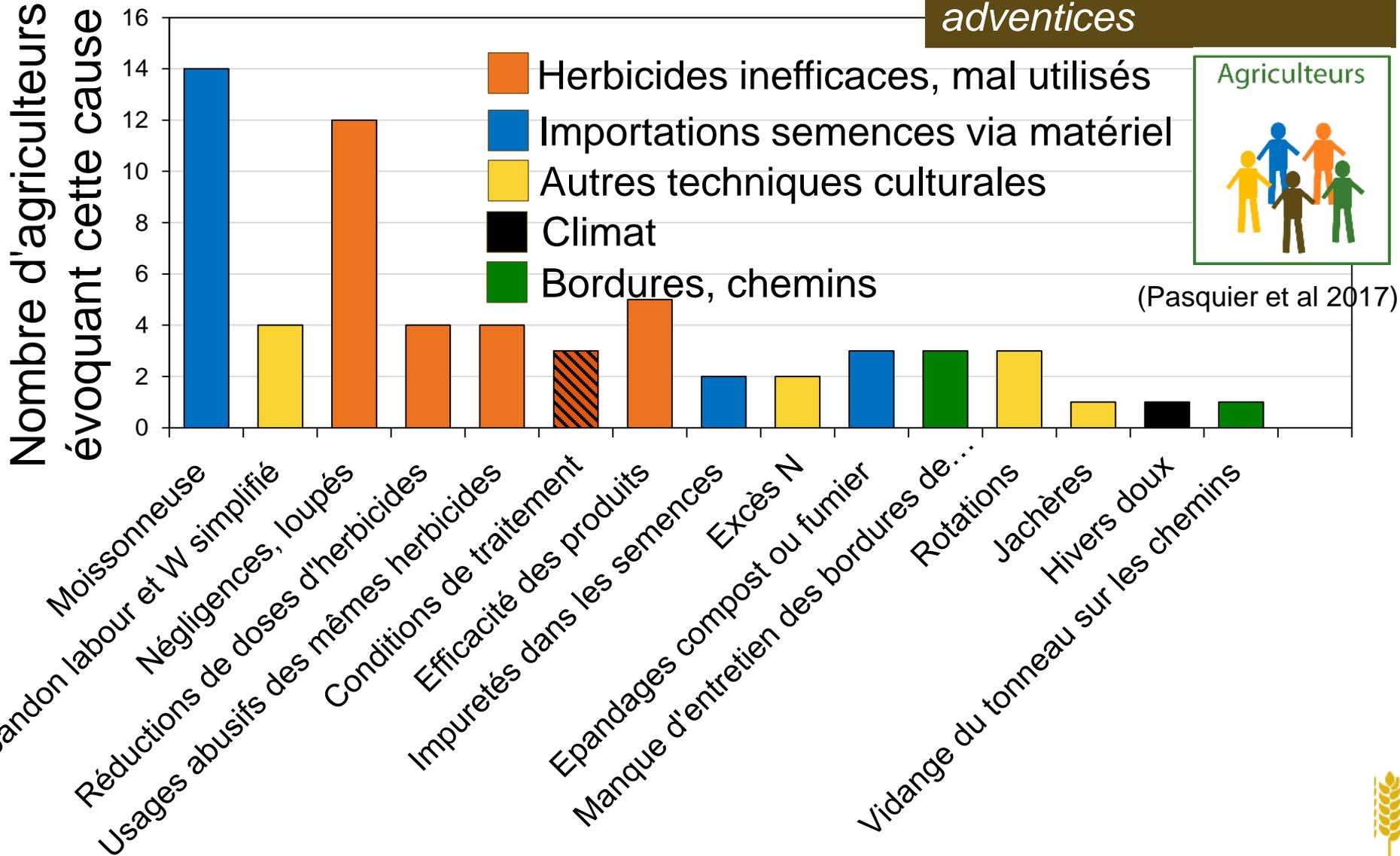
(Colas et al 2016)

→ Face à une impasse, prêts à une rupture via des métarègles de décision

Opérations détaillées ■ Méta-règles synthétiques ■ Les deux ■

Identifier les freins à l'adoption d'innovations

Causes des infestations adventices



Évaluation et conception de systèmes de culture *Diagnostic*

- Quantifier l'effet des adventices sur la production agricole?
- Quelles variables adventices sont le plus liées à la perte de rendement?
- Quel est l'effet des herbicides sur les adventices et la production?

255 systèmes de culture existants

7 régions

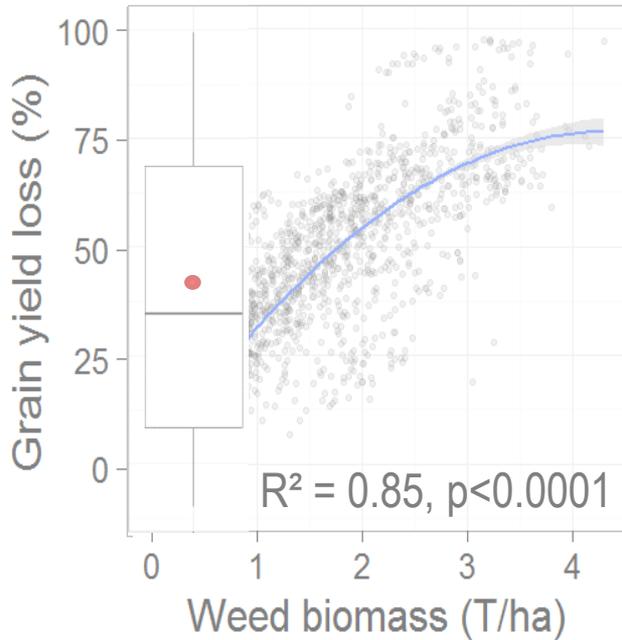
Enquêtes, Biovigilance, conseillers, experts...

Plan de simulation (30 ans x 10 répétitions climatiques)

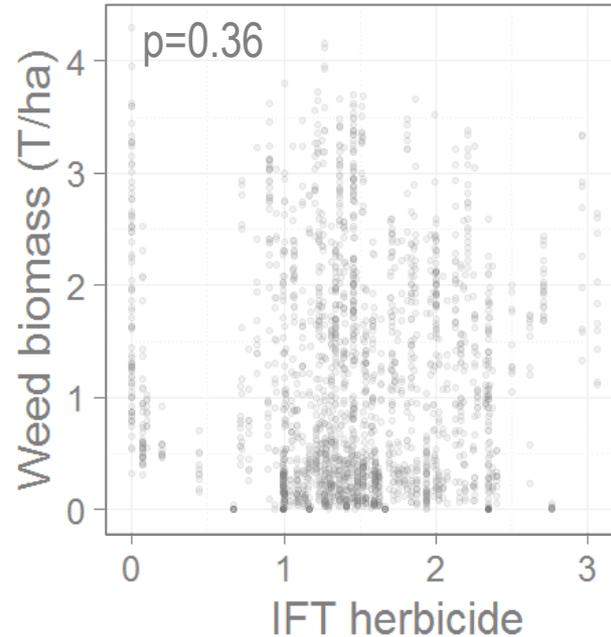
Scenario	Herbicide	Weeds
Reference	Farmer's practice	Regional flora
Weed-free	Farmer's practice	None
Herbicide-free	None	Regional flora



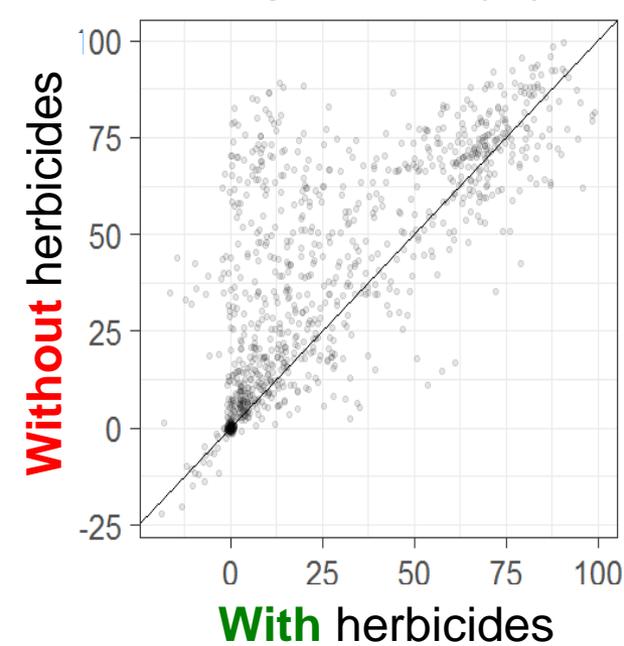
Rotation scale



Rotation scale



Perte de rendement



- Perte $\gg 0$
- Corrélée à la biomasse adventice (~~densité~~)
- + visible à l'échelle de la rotation que de l'année

- Pas de corrélation avec l'IFT herbicide
- Les agriculteurs compensent la réduction d'herbicides par d'autres pratiques

- Perte augmente si suppression herbicides sans compensation
- + visible à l'échelle rotation qu'année

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

Temps de la récolte au 1^{er} travail du sol

≤ 198 jours

Semis direct ou > 198 jours

Temps du dernier herbicide à la récolte

Herbicides en culture de rente

≤ 178 jours

Sans herbicide ou > 178 jours

Broyage en interculture

% cultures pluriannuelles dans la rotation

Plus rare que tous les 3 ans

Plus souvent que tous les 3 ans

> 60%

≤ 60%

Cultures et variétés dans la rotation

Temps du dernier roulage au semis de la culture de rente

Fréquence de labour

≤ 2 par an

> 2 par an

≤ 8 cultures et/ou variétés

> 8

≤ 4 jours

Sans roulage ou > 4 jours

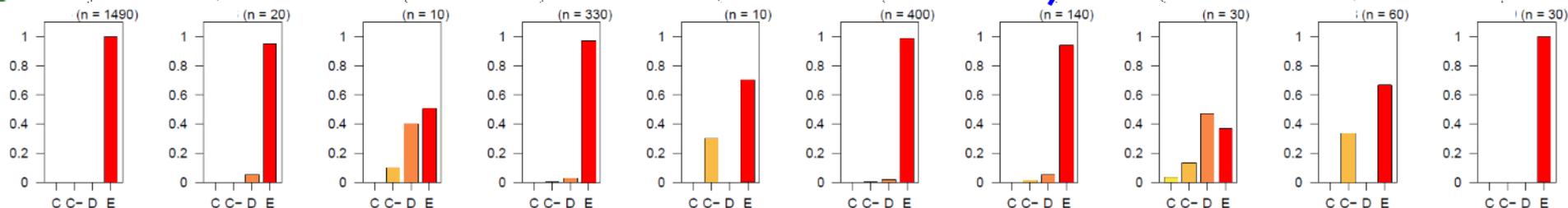
≤ 2 ans sur 5

> 2 ans sur 5

Herbicides foliaires en culture de rente

≤ 2 ans sur 3

> 2 ans sur 3



Évaluation et conception de systèmes de culture *Conception*

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

Évaluer un système existant Identifier des améliorations

Temps de la récolte au 1^{er} travail du sol

Semis direct ou > 198 jours

Herbicides en culture de rente

Temps du dernier herbicide à la récolte

≤ 178 jours

Sans herbicide ou > 178 jours

Broyage en interculture

% cultures pluriannuelles dans la rotation

Plus rare que tous les 3 ans

Plus souvent que tous les 3 ans

> 60%

≤ 60%

Cultures et variétés dans la rotation

Temps du dernier roulage au semis de la culture de rente

Fréquence de labour

≤ 2 par an

> 2 par an

≤ 8 cultures et/ou variétés > 8

≤ 4 jours

Sans roulage ou > 4 jours

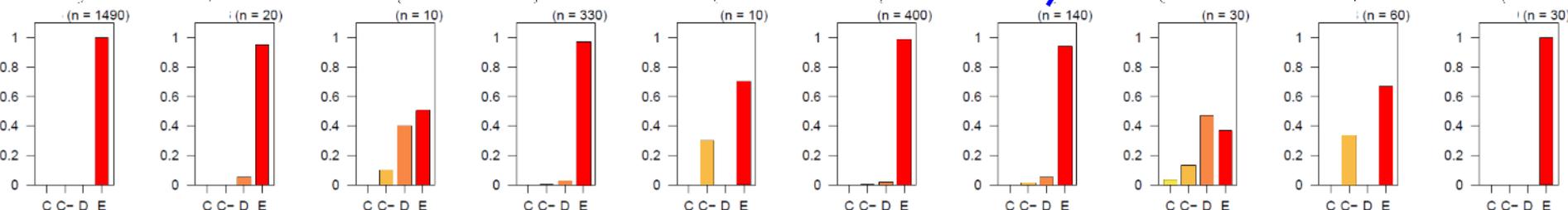
≤ 2 ans sur 5

> 2 ans sur 5

Herbicides foliaires en culture de rente

≤ 2 ans sur 3

> 2 ans sur 3



Tester les améliorations avec FLORSYS

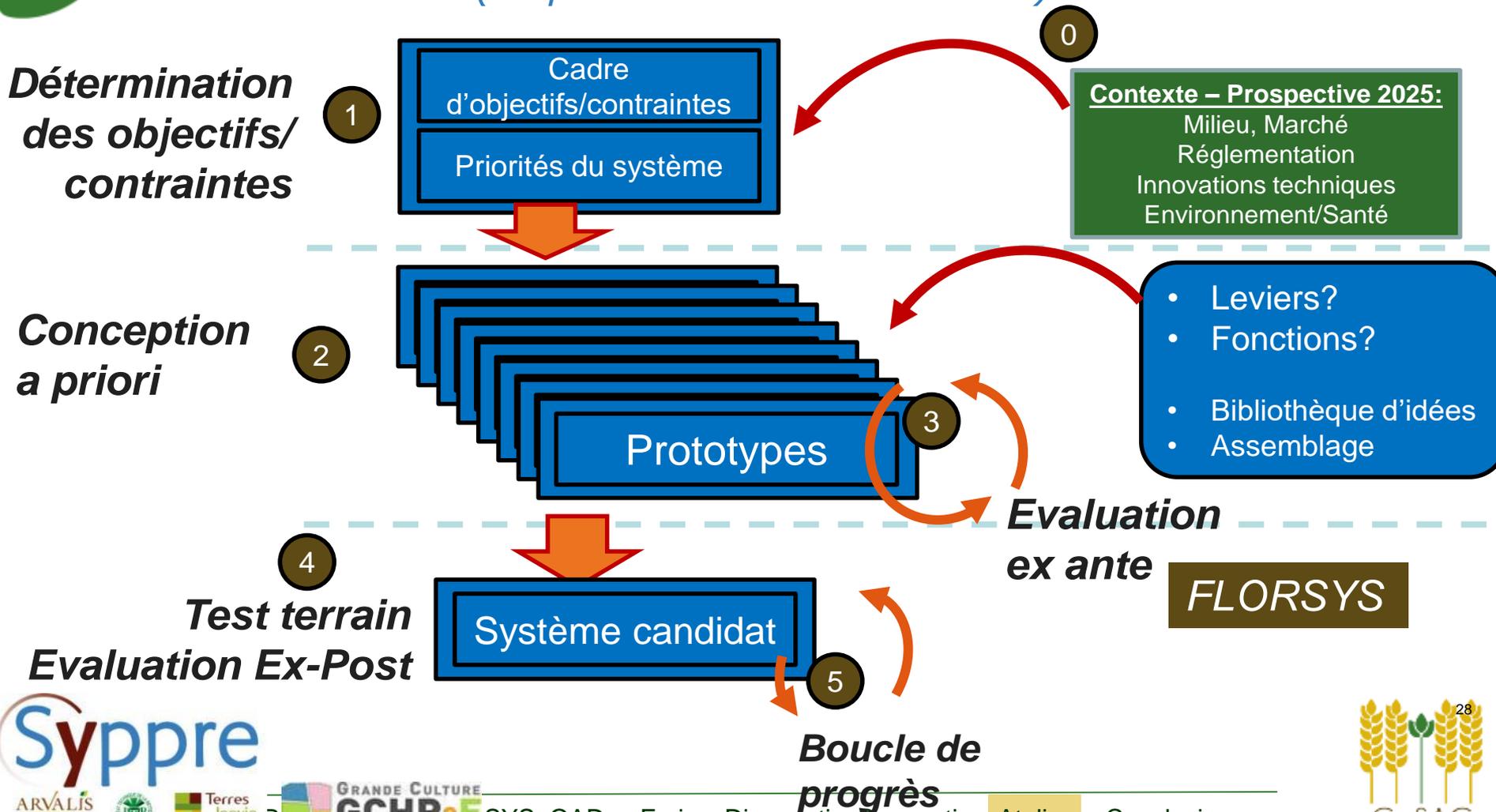
écophyto2018

Mieux en produisant l'utilisation des plantes moins, c'est mieux



Une démarche originale, en 5 étapes

(d'après Debaeke et al. 2009) :



Atelier de conception *ECOHERBI*

Objectifs & Contraintes

- Pédoclimatiques (région, sol, cailloux..)
- Matériel, leviers et techniques mobilisables
- Cultures (tête de rotation, nouveautés...)



Proposition de successions de cultures & choix

Bles d'hiver	Faux semis Déchaumage	Colza	Faux semis Décalage semis Déchaumage Labour	Sorgho	Faux semis Décalage semis Labour	Tournesol	Faux semis Décalage semis	Bles d'hiver	Faux semis Décalage semis Déchaumage Labour	Tournesol	Faux semis Décalage semis
--------------	--------------------------	-------	--	--------	--	-----------	------------------------------	--------------	--	-----------	------------------------------

Nombre de labours nous prévenons de faire 2 labours dans la rotation (soit 5 ou 6 cultures)
Évitez de labourer chaque année : le labour doit être occasionnel. Pour une meilleure gestion de la flore, positionnez le labour entre 2 cultures de même époque de semis, sans oublier les priorités agronomiques.

Itinéraires techniques et désherbage selon niveau de réduction IFT

degré de réduction de l'IFT	pré-semis	post-semis/pré-levée	de levée à 3 feuilles	début tallage à plein tallage	plein tallage à fin tallage	fin tallage à 2 nœuds
tout mécanique 2		<u>Herse étrille</u> <u>Aveugle</u>		<u>Herse étrille</u> et/ou <u>Houe rotative</u>	<u>Herse étrille</u>	<u>Herse étrille</u>
tout mécanique 3		<u>Herse étrille</u> <u>Aveugle</u>		<u>Herse étrille</u> et/ou <u>Houe rotative</u>	<u>Bineuse à céréales</u>	
mixte 1		<u>Herse étrille</u> <u>Aveugle</u>		<u>Herse étrille</u> et/ou <u>Houe rotative</u>	<u>Herbicide</u>	
mixte 3				<u>Herse étrille</u> et/ou <u>Houe rotative</u>	<u>Herse étrille</u>	<u>Herbicide</u>
mixte 4			<u>Herbicide</u>	<u>Herse étrille</u>	<u>Herse étrille</u>	<u>Herbicide</u>
mixte 5				<u>Herbicide</u>	<u>Herse étrille</u>	<u>Herse étrille</u>
mixte 6			<u>Herbicide</u>	<u>Herse étrille</u>	<u>Herse étrille</u>	<u>Herse étrille</u>
mixte 7		<u>Herbicide</u>		<u>Herse étrille</u> et/ou <u>Houe rotative</u>	<u>Herse étrille</u>	<u>Herse étrille</u> et/ou <u>Houe rotative</u>
mixte 9		<u>Herbicide</u>		<u>Herse étrille</u>	<u>Herse étrille</u>	<u>Herbicide</u>

Fiche sur chaque technique



Conclusion

Un projet qui

- ... interagit avec d'autres projets et synthétise leurs résultats
- ... répond à la demande de la profession et des pouvoirs publics
- ... intègre et accompagne les agriculteurs dans les changements de pratiques

Essentiel pour que le travail de recherche et développement soit utile et utilisé

Colloque

<http://www.projet-cosac.fr/Page-d-accueil/Actualites/Gestion-des-adventices-dans-un-contexte-de-changement>

Le projet ANR CoSAC, lauréat 2015-2018 du Défi « Sécurité alimentaire et défi démographique », organise son séminaire à mi-parcours les mardi 31 janvier et mercredi 1er février 2017 dans amphithéâtre de l'INRA, 147 rue de l'Université à Paris.

Gestion des adventices dans un contexte de changement : Connaissances, méthodes et outils pour l'élaboration de stratégies innovantes

Tester les améliorations 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							
					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			0	0	0	0	0	0.0	0.2	0.8
I3	Semis direct ou 1 ^{er} 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

→ Arbres pas encore adaptés pour concilier production agricole, biodiversité et réduction d'herbicides

→ Ok pour 2 types d'objectifs