

# Prédire la dynamique des adventices dans les parcelles agricoles avec le modèle FLORSYS

Olivia Pointurier  
Nathalie Colbach

UMR Agroécologie, AgroSup Dijon, INRA, Univ. Bourgogne Franche-Comté,  
17 rue Sully, BP 86510, 21065 Dijon

Olivia.Pointurier@inra.fr

Nathalie.Colbach@inra.fr



# INTRODUCTION

## Les adventices en milieu agricole



N. Colbach

# INTRODUCTION

## Les adventices en milieu agricole

*Salissement de la parcelle*  
*Pertes de rendement*



*Hôtes d'autres ravageurs*



N. Colbach

# INTRODUCTION

## Les adventices en milieu agricole

*Salissement de la parcelle*  
*Pertes de rendement*



*Hôtes d'autres ravageurs*



*Biodiversité*  
*végétale*



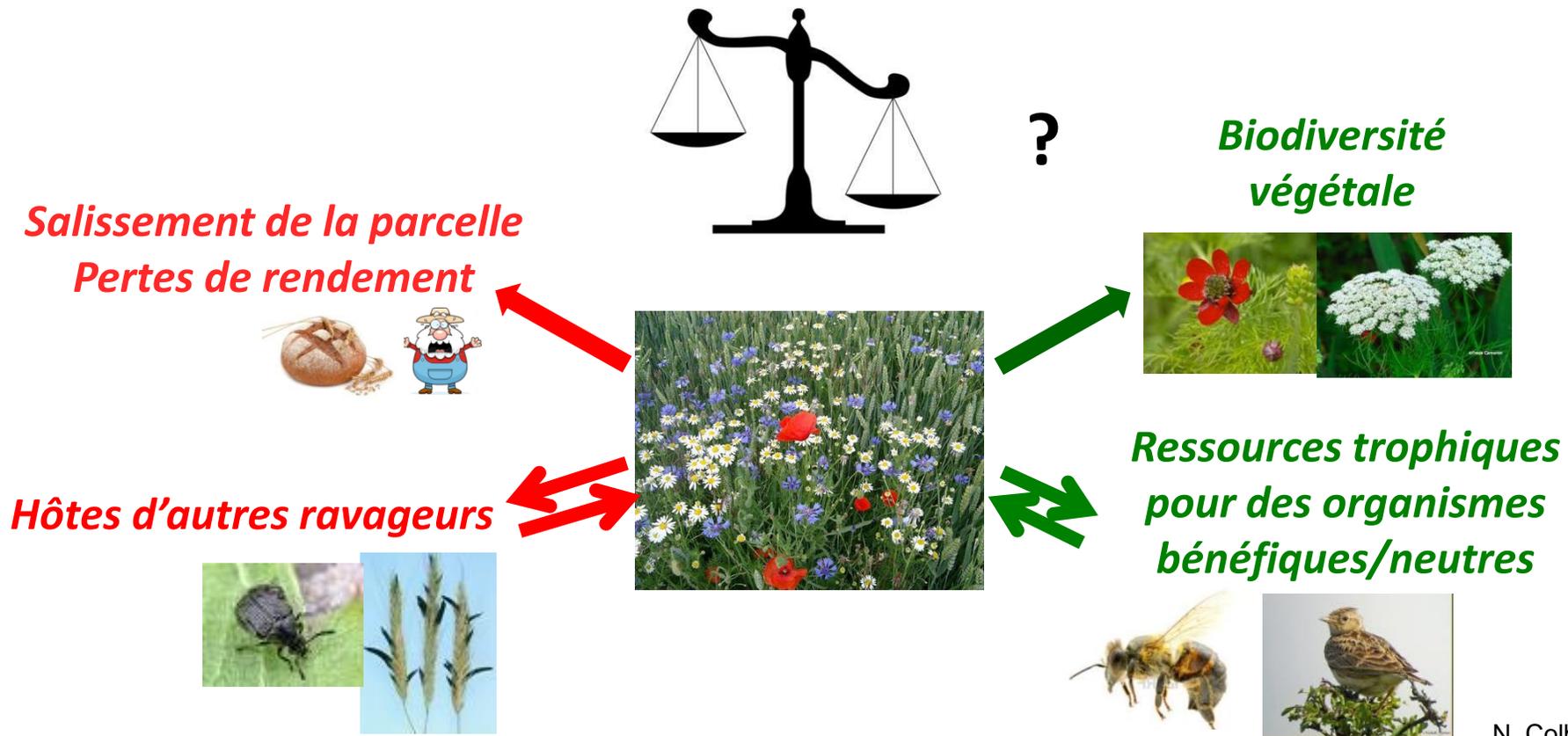
*Ressources trophiques*  
*pour des organismes*  
*bénéfiques/neutres*



N. Colbach

# INTRODUCTION

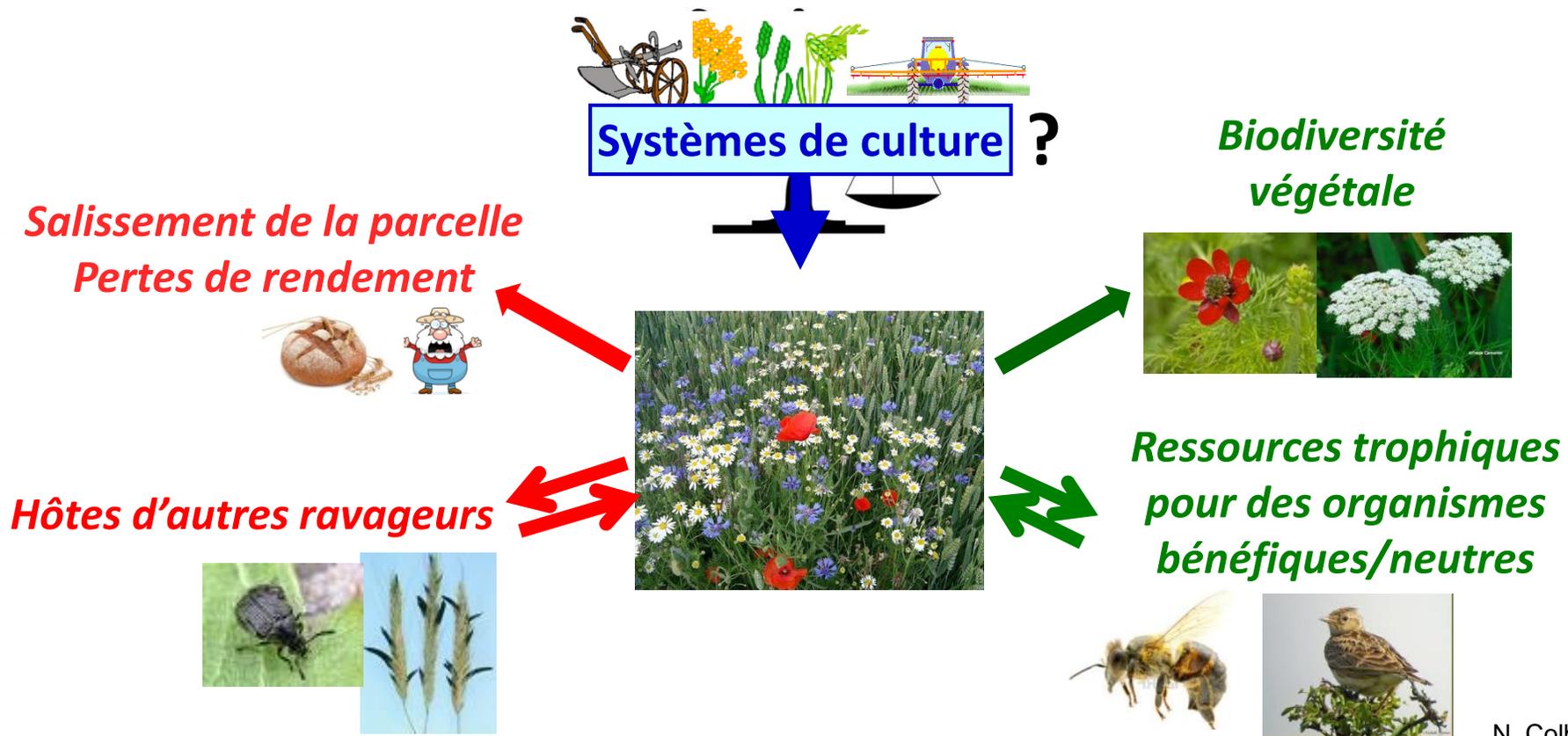
## Les adventices en milieu agricole



N. Colbach

# INTRODUCTION

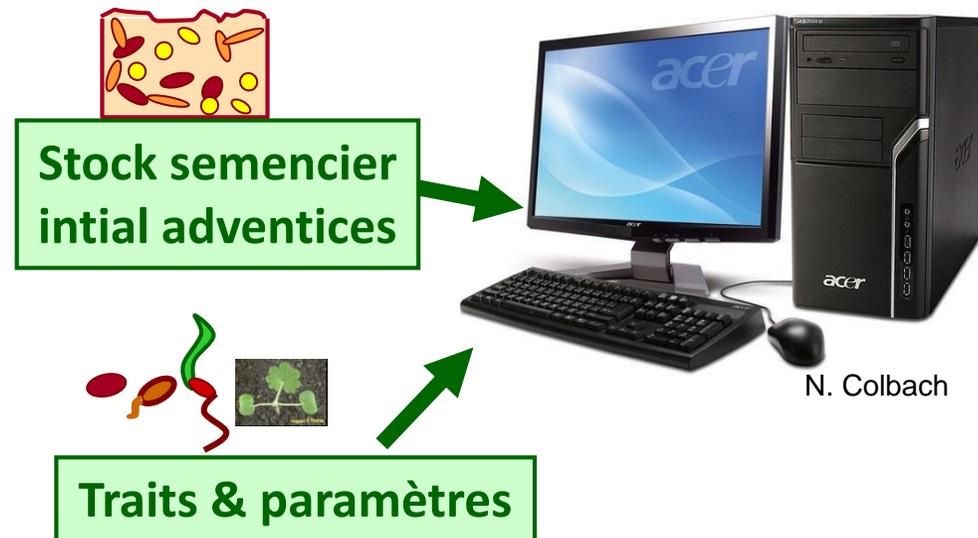
## Les adventices en milieu agricole



N. Colbach

# LE MODELE FLORSYS

## Dynamique des adventices dans les systèmes de culture



Colbach, 2014 ; Colbach *et al.*, 2006 ; Colbach *et al.*, 2007 ; Colbach *et al.*, 2010 ; Colbach *et al.*, 2014 ; Gardarin *et al.*, 2012 ; Munier-Jolain *et al.*, 2013 ; Munier-Jolain *et al.*, 2014 ; Mézière *et al.*, 2015

# LE MODELE FLORSYS

## Dynamique des adventices dans les systèmes de culture



Colbach, 2014 ; Colbach *et al.*, 2006 ; Colbach *et al.*, 2007 ; Colbach *et al.*, 2010 ; Colbach *et al.*, 2014 ; Gardarin *et al.*, 2012 ; Munier-Jolain *et al.*, 2013 ; Munier-Jolain *et al.*, 2014 ; Mézière *et al.*, 2015

# LE MODELE FLORSYS

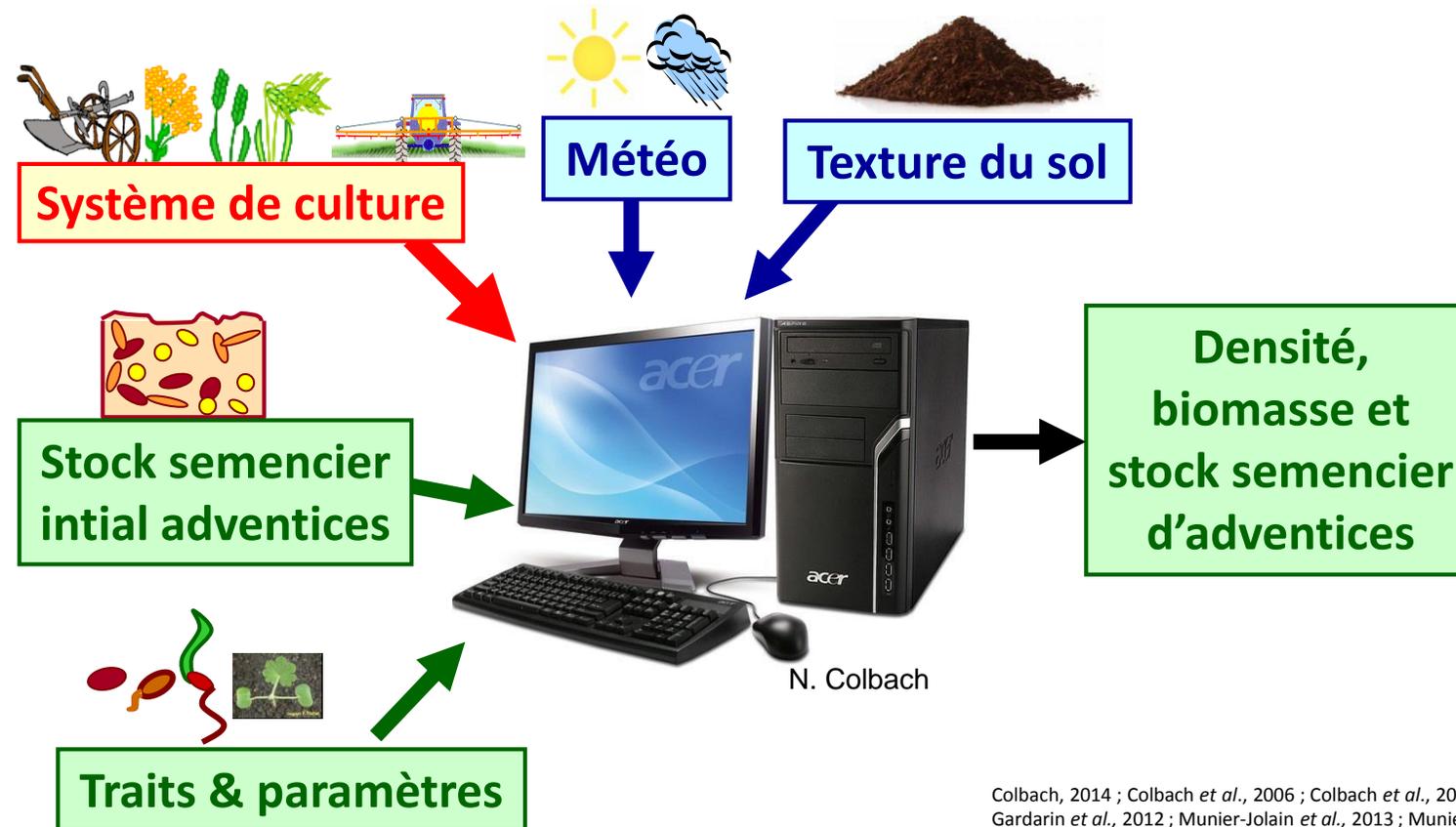
## Dynamique des adventices dans les systèmes de culture



Colbach, 2014 ; Colbach *et al.*, 2006 ; Colbach *et al.*, 2007 ; Colbach *et al.*, 2010 ; Colbach *et al.*, 2014 ; Gardarin *et al.*, 2012 ; Munier-Jolain *et al.*, 2013 ; Munier-Jolain *et al.*, 2014 ; Mézière *et al.*, 2015

# LE MODELE FLORSYS

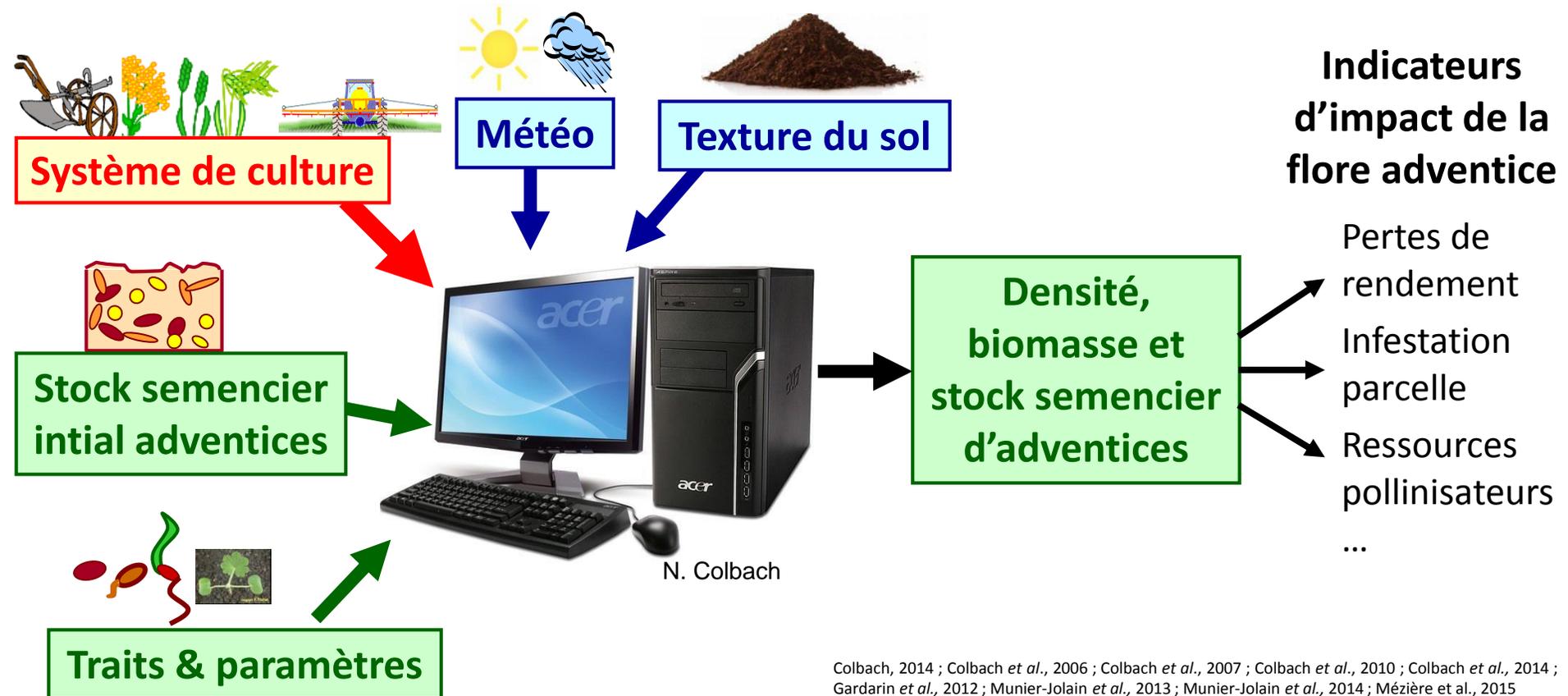
## Dynamique des adventices dans les systèmes de culture



Colbach, 2014 ; Colbach *et al.*, 2006 ; Colbach *et al.*, 2007 ; Colbach *et al.*, 2010 ; Colbach *et al.*, 2014 ; Gardarin *et al.*, 2012 ; Munier-Jolain *et al.*, 2013 ; Munier-Jolain *et al.*, 2014 ; Mézière *et al.*, 2015

# LE MODELE FLORSYS

## Dynamique des adventices dans les systèmes de culture

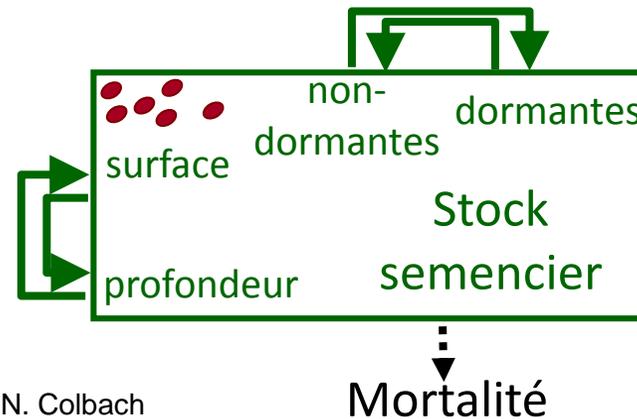


Colbach, 2014 ; Colbach *et al.*, 2006 ; Colbach *et al.*, 2007 ; Colbach *et al.*, 2010 ; Colbach *et al.*, 2014 ; Gardarin *et al.*, 2012 ; Munier-Jolain *et al.*, 2013 ; Munier-Jolain *et al.*, 2014 ; Mézière *et al.*, 2015

# LE MODELE FLORSYS

## Modélisation du cycle de vie des adventices annuelles

Quotidiennement :



N. Colbach

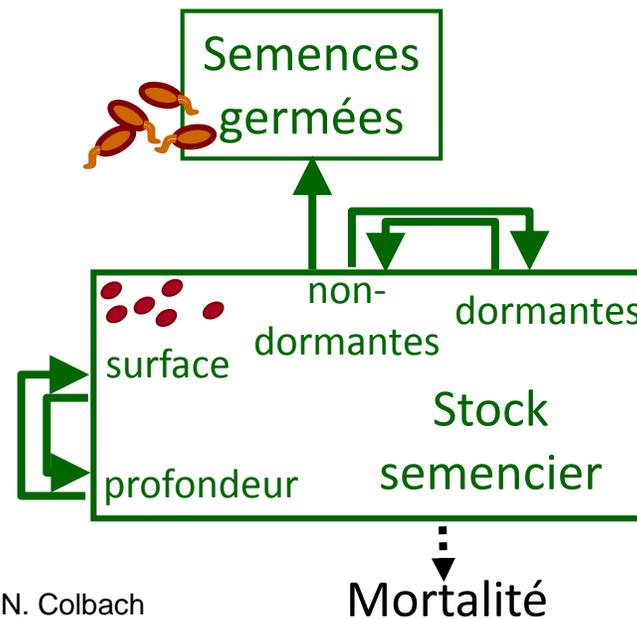
Mortalité

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, Colbach et al (2014) EJA, Weed Res, Soil Till Res

# LE MODELE FLORSYS

## Modélisation du cycle de vie des adventices annuelles

Quotidiennement :



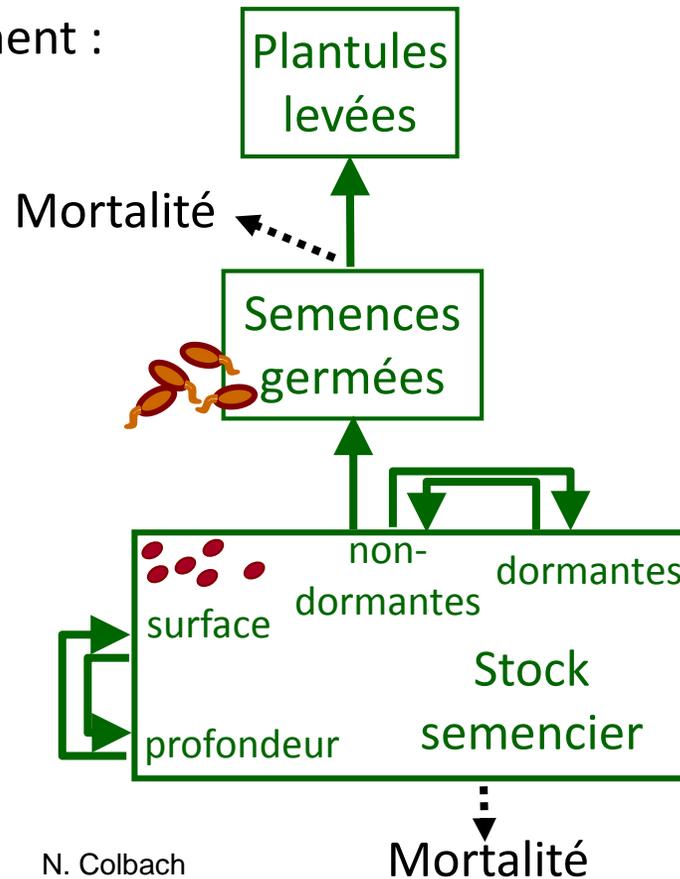
N. Colbach

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, Colbach et al (2014) EJA, Weed Res, Soil Till Res

# LE MODELE FLORSYS

## Modélisation du cycle de vie des adventices annuelles

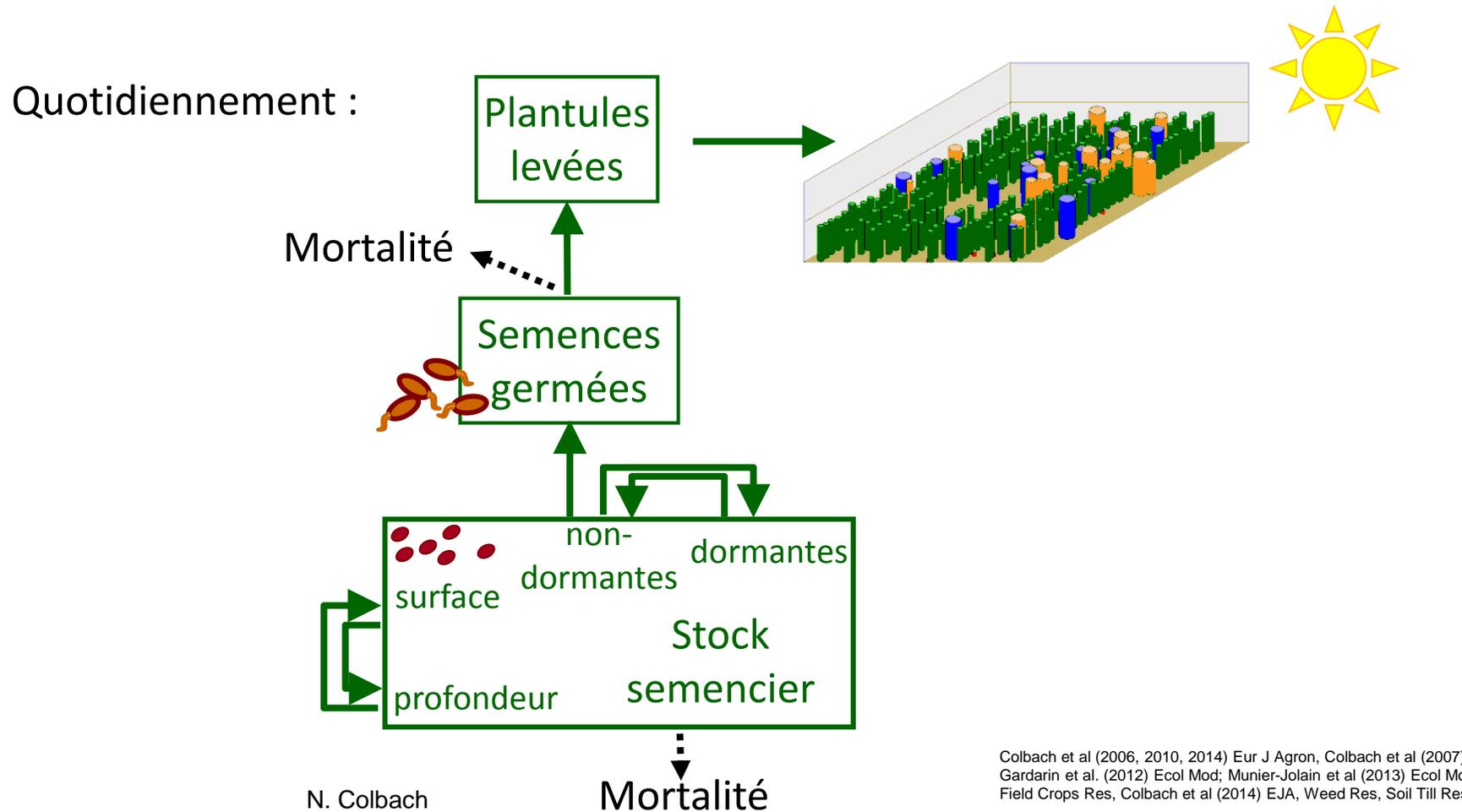
Quotidiennement :



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, Colbach et al (2014) EJA, Weed Res, Soil Till Res

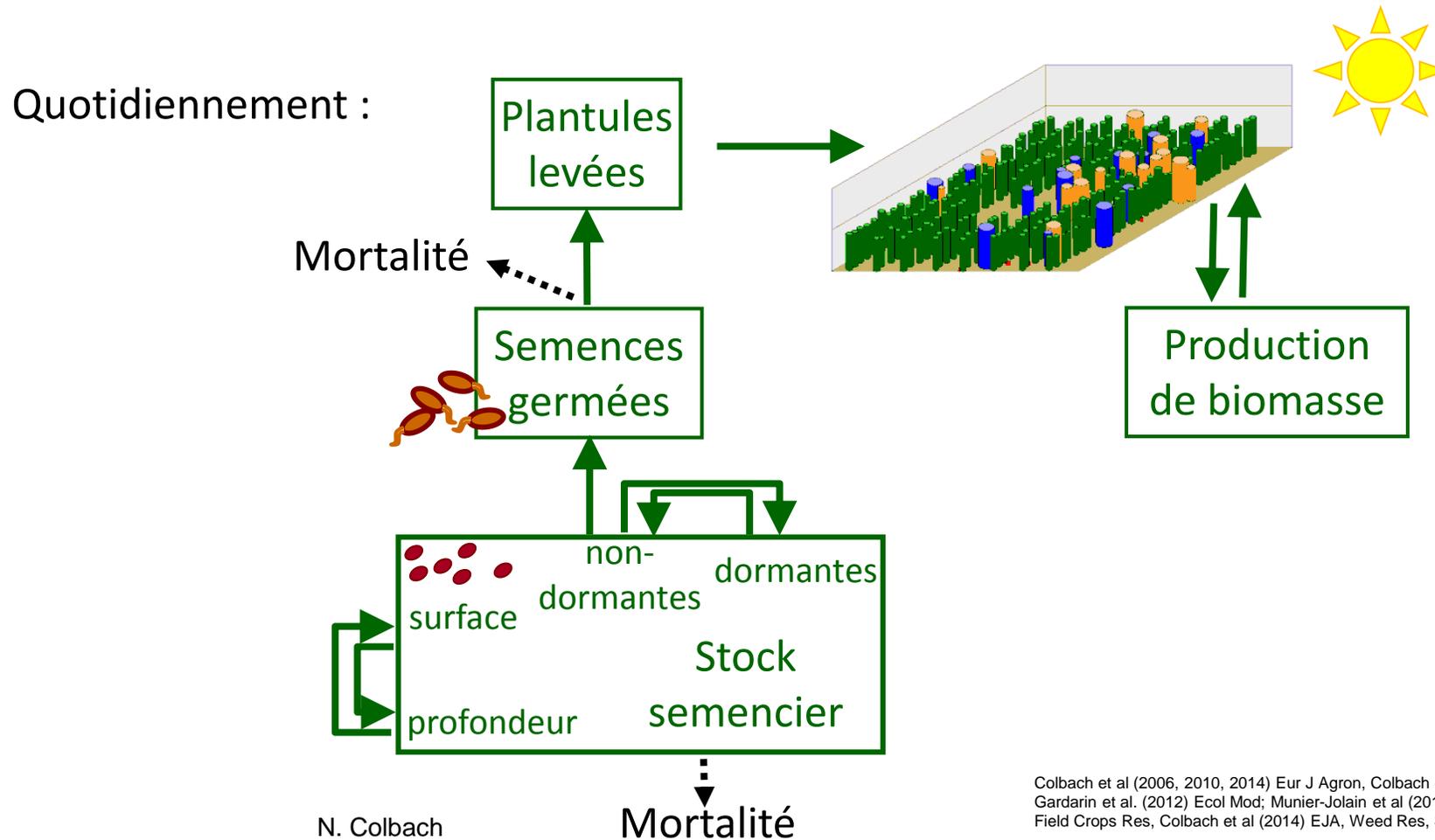
# LE MODELE FLORSYS

## Modélisation du cycle de vie des adventices annuelles



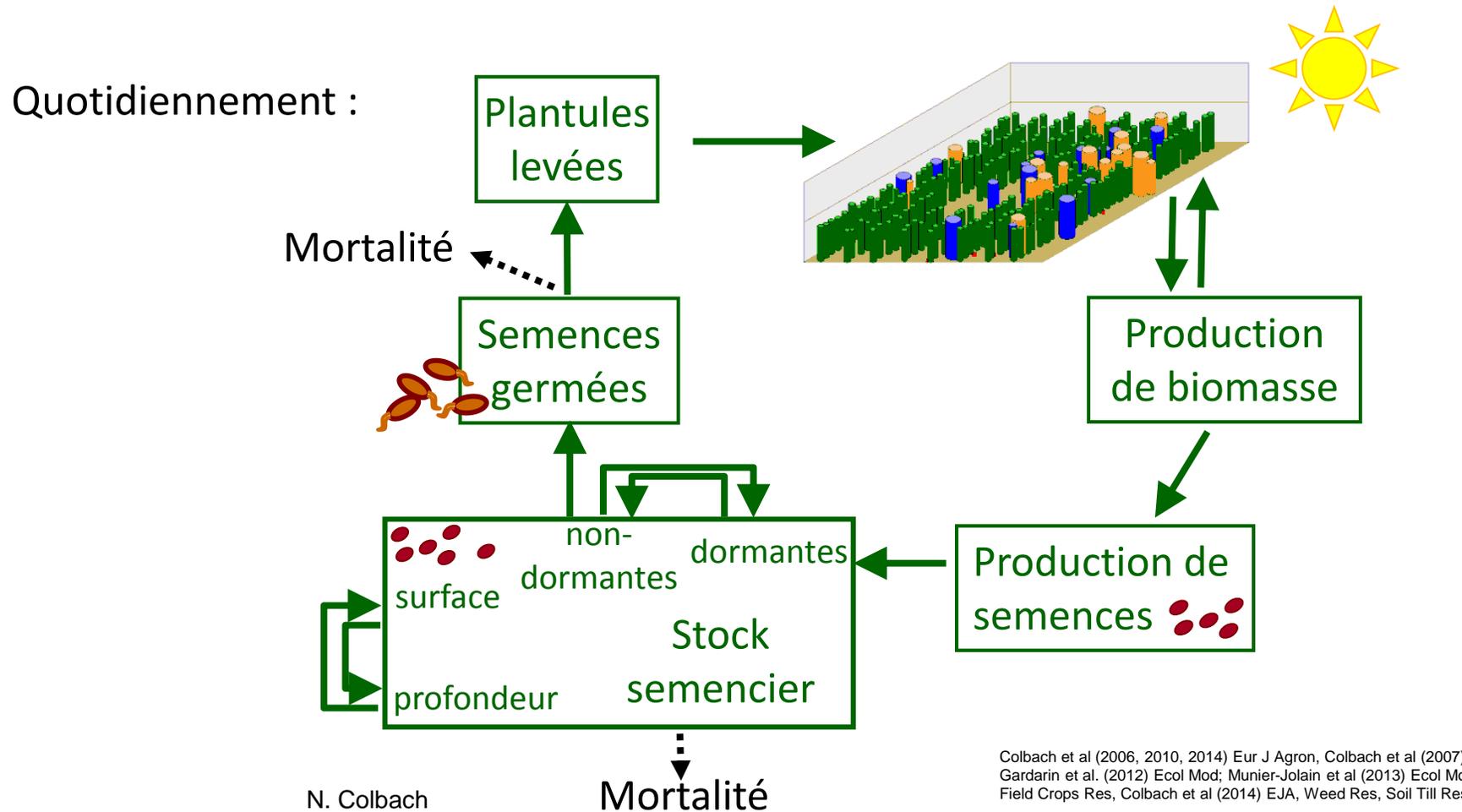
# LE MODELE FLORSYS

## Modélisation du cycle de vie des adventices annuelles



# LE MODELE FLORSYS

## Modélisation du cycle de vie des adventices annuelles

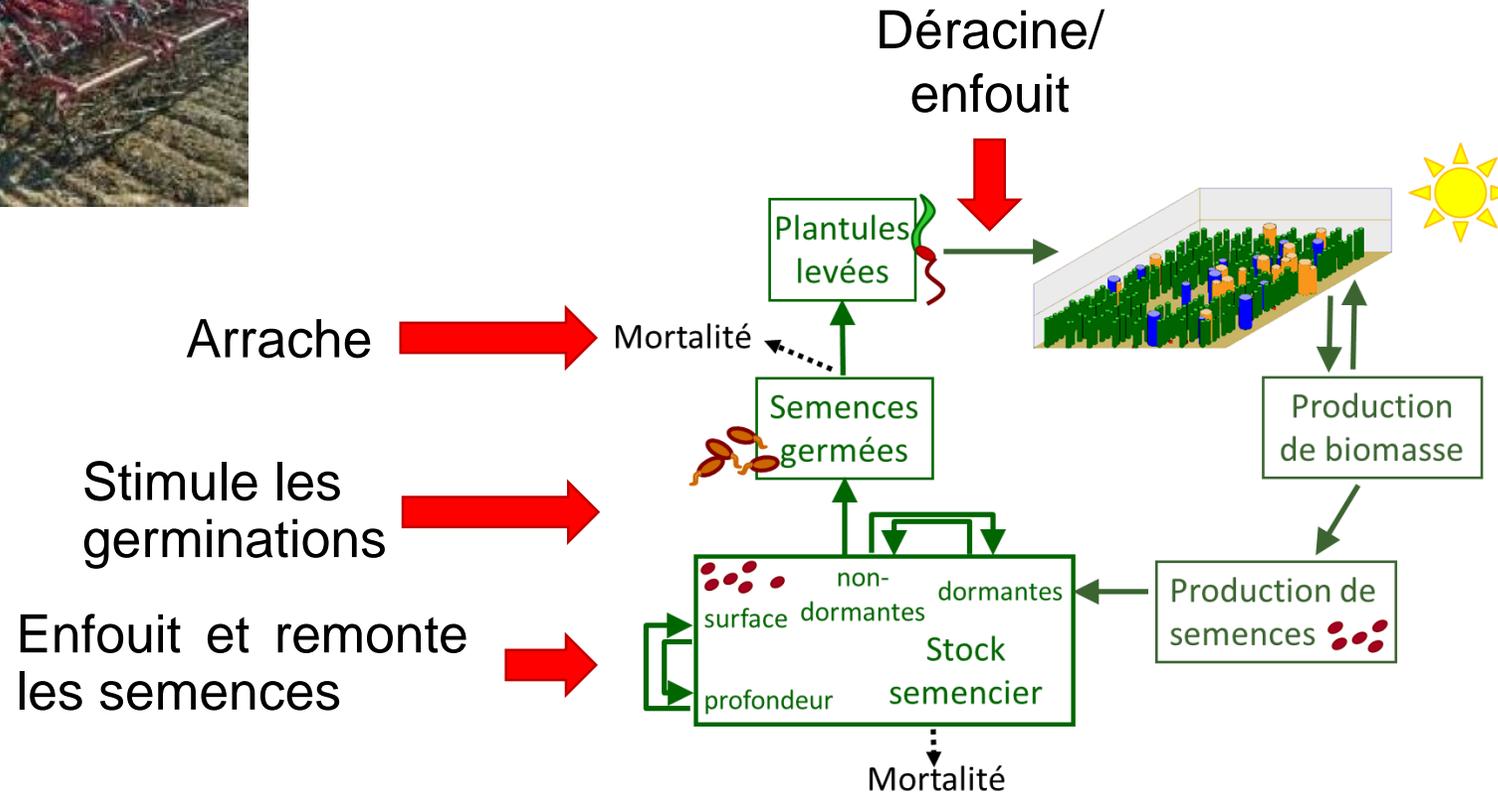


# LE MODELE FLORSYS

## L'effet des pratiques dans FLORSYS



Ex : Travail du sol



N. Colbach

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, Colbach et al (2014) EJA, Weed Res, Soil Till Res

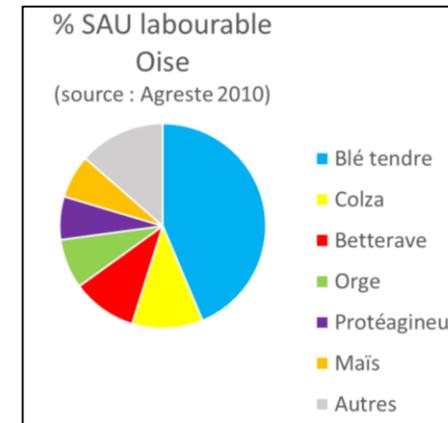
# APPLICATIONS DE FLORSYS

## Tester des systèmes de culture

Ex : Utilisation par les conseillers d'un groupement d'agriculteurs

### ❖ Contexte

- ❖ Bassin versant
- ❖ ≈ 10 agriculteurs
- ❖ 2 conseillers : syndicat de bassin versant et société de conseil



- ❖ Test à partir de 2 systèmes de culture pratiqués par un agriculteur

# APPLICATIONS DE FLORSYS

## Tester des systèmes de culture

### Système de référence

- Rotation avec betteraves

2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Pois	Blé	Blé	Betteraves	Blé	Blé	Pois	Blé	Betteraves	Blé	Blé

### Systèmes testés

- « Témoin »
- Désherbage mécanique
  - Bineuse sur betterave
  - Herse étrille sur céréales
- Date de semis du blé
  - Précoce (mi-septembre)
  - Tardif (début novembre)

B. Duncombe  
A. Tolub



# APPLICATIONS DE FLORSYS

## Tester des systèmes de culture

### Stock semencier initial

Nom adventice	Note de 1 à 5
Vulpin des champs	4
Folle avoine	3
Chénopode blanc	4
Panic des marais	2
Gaillet gratteron	5
Géranium à feuille découpées	2
Renouée des oiseaux	3
Renouée faux liseron	4
Séneçon commun	0
Morelle noire	4
Laiteron piquant	3
Véronique à feuilles de lierre	4
Matricaire inodore	3
Pâturin annuel	3
Renouée persicaire	2
Véronique commune	4

B. Duncombe  
A. Tolub



# APPLICATIONS DE FLORSYS

## Tester des systèmes de culture

### Résultats

	Système de culture				
	Témoin	Blé tardif	Blé précoce	Herse étrille	Bineuse
<b>Biomasse adventices</b> (T/ha)	1,63	0,78	1,85	1,43	1,50
<b>Pertes de rendement</b> dues aux adventices (T/ha)	-2,27	-0,84	-2,43	-2,05	-1,98

D'après  
B. Duncombe  
A. Tolub

# APPLICATIONS DE FLORSYS

## Concevoir des systèmes de culture

Ex : Réduire les problèmes liés aux adventices tout en favorisant les pollinisateurs

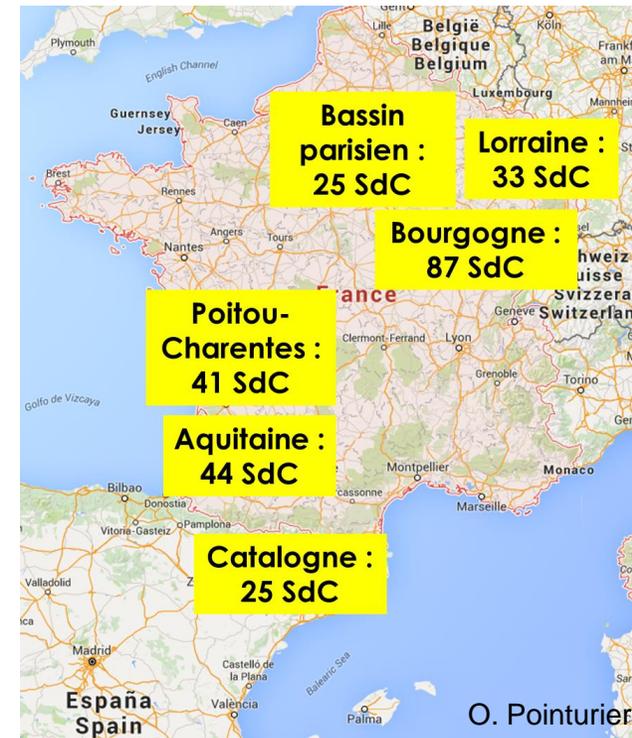
- 1) Simuler des systèmes de culture existants
- 2) Evaluer ces systèmes
- 3) Déduire des combinaisons de pratiques satisfaisant plusieurs objectifs
- 4) Améliorer les systèmes

# APPLICATIONS DE FLORSYS

## Concevoir des systèmes de culture

Ex : Réduire les problèmes liés aux adventices tout en favorisant les pollinisateurs

- 1) Simuler des systèmes de culture existants

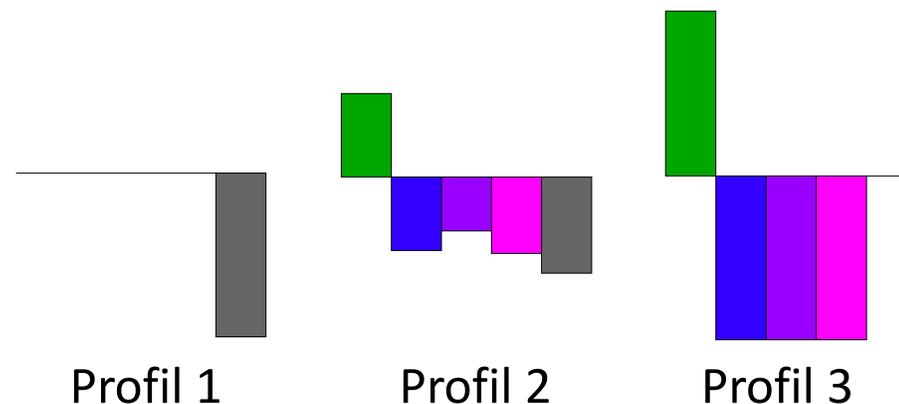
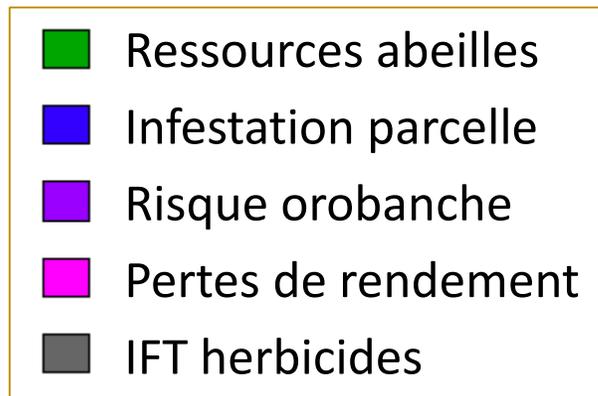


# APPLICATIONS DE FLORSYS

## Concevoir des systèmes de culture

Ex : Réduire les problèmes liés aux adventices tout en favorisant les pollinisateurs

- 1) Simuler des systèmes de culture existants
- 2) Evaluer ces systèmes



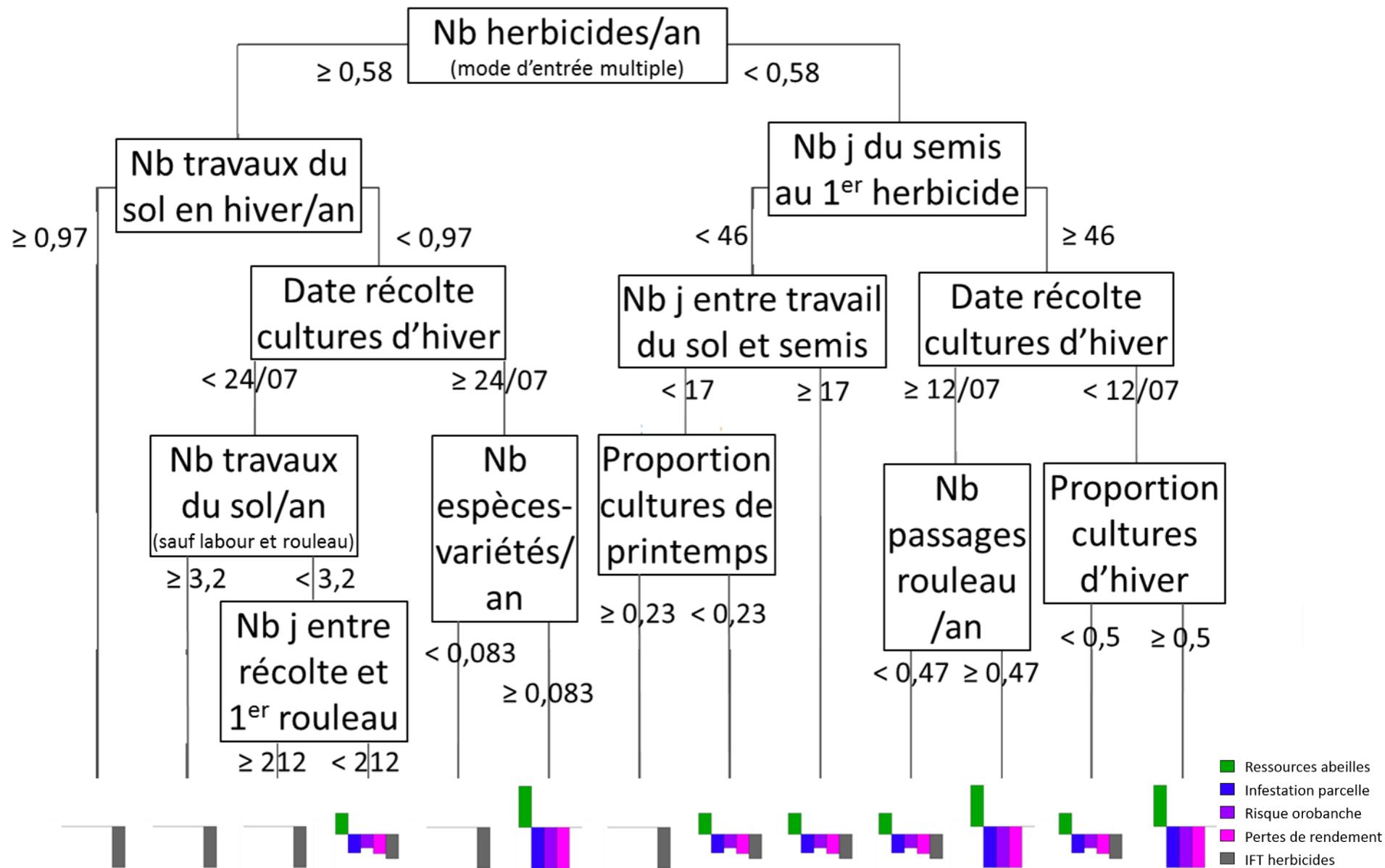
O. Pointurier

# APPLICATIONS DE FLORSYS

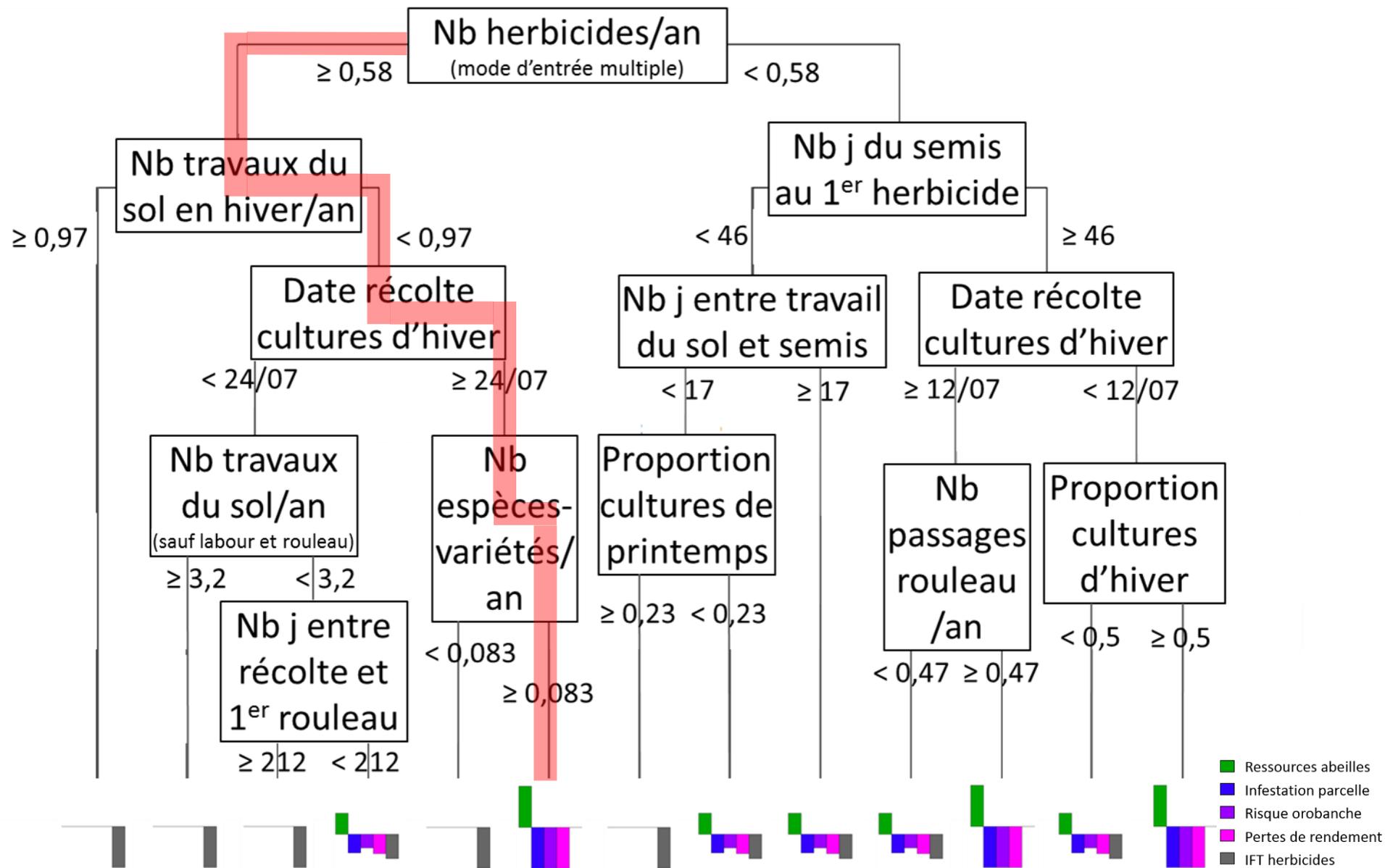
## Concevoir des systèmes de culture

Ex : Réduire les problèmes liés aux adventices tout en favorisant les pollinisateurs

- 1) Simuler des systèmes de culture existants
- 2) Evaluer ces systèmes
- 3) Déduire des combinaisons de pratiques satisfaisant plusieurs objectifs



O. Pointurier



O. Pointurier

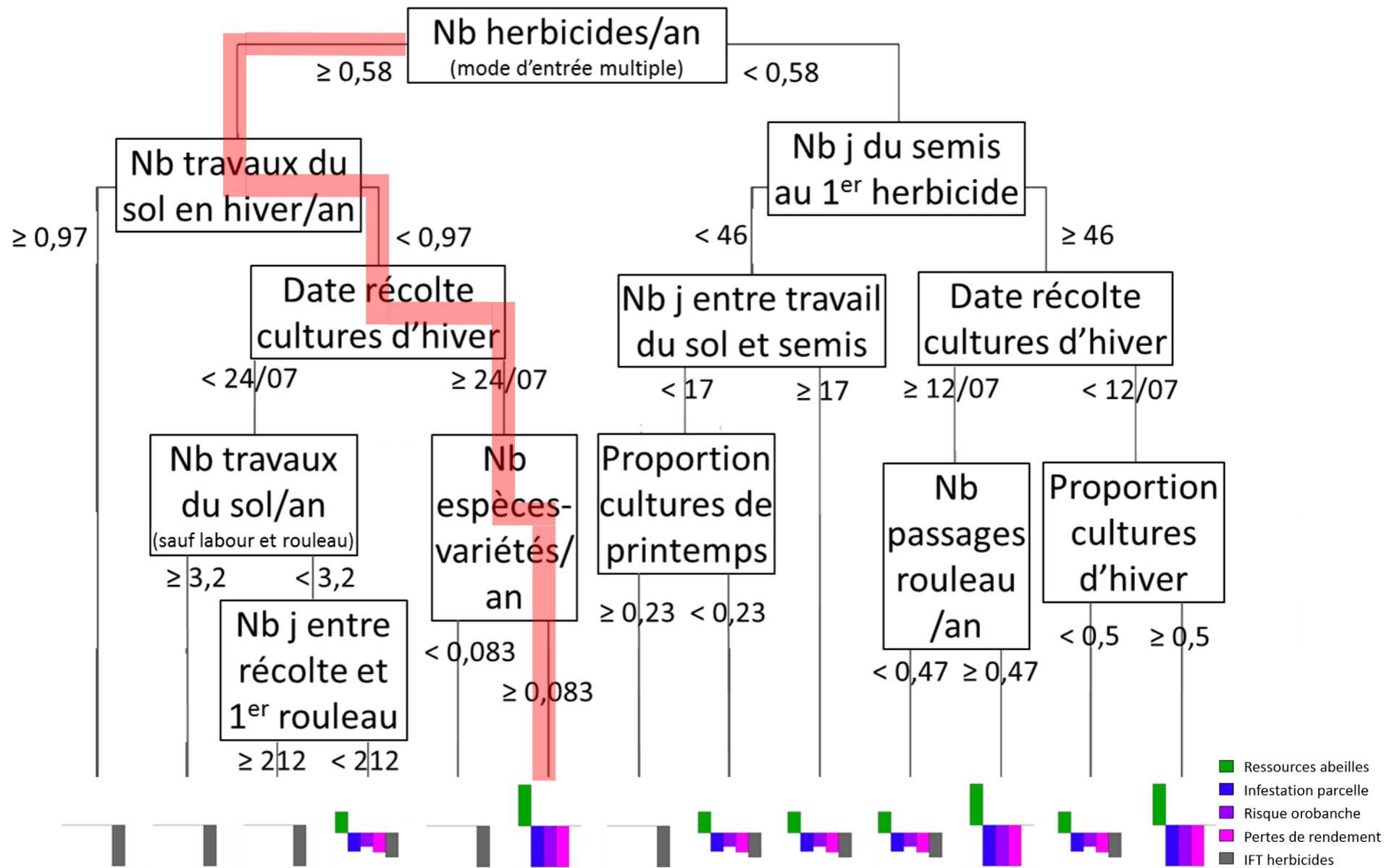


# APPLICATIONS DE FLORSYS

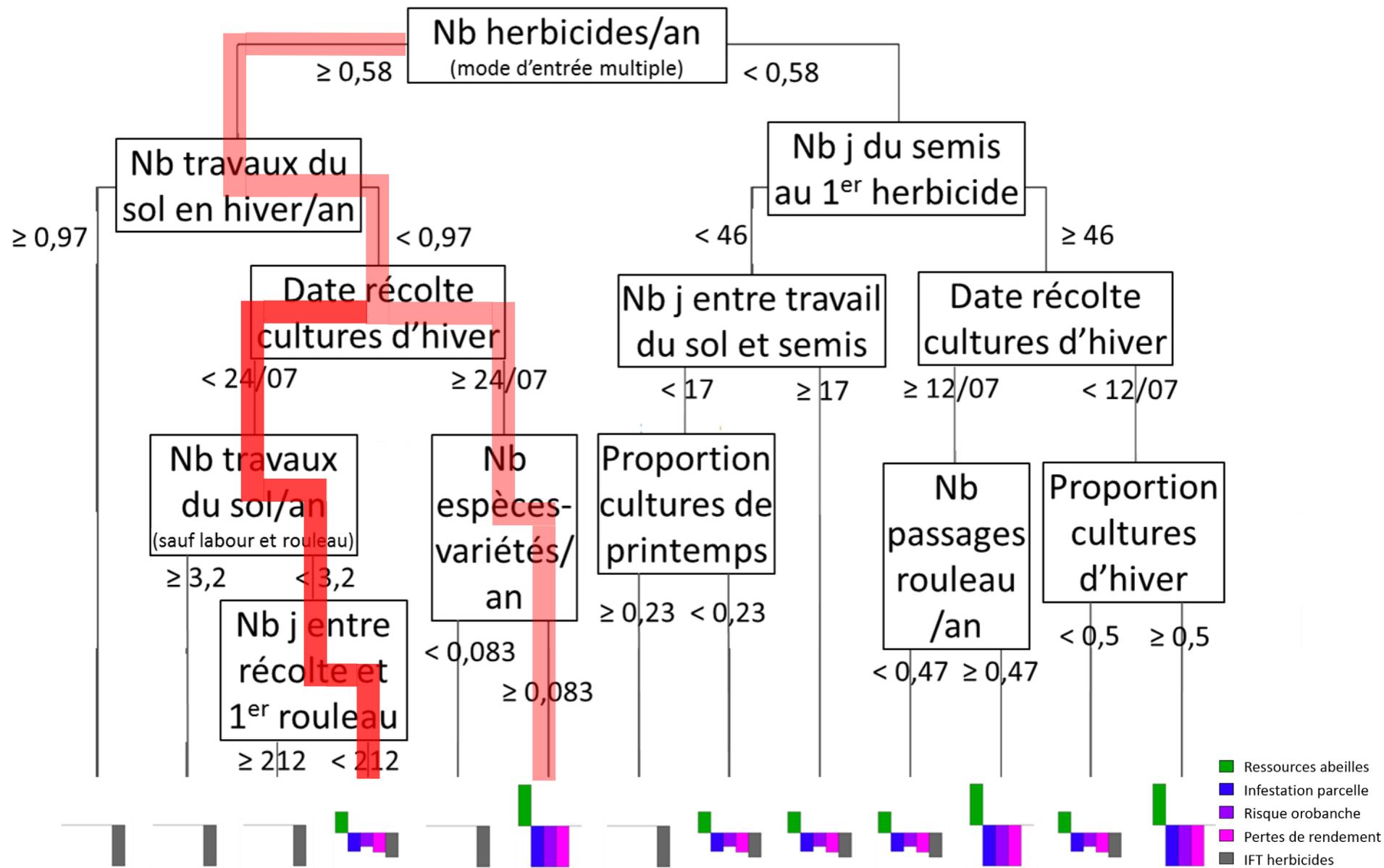
## Concevoir des systèmes de culture

Ex : Réduire les problèmes liés aux adventices tout en favorisant les pollinisateurs

- 1) Simuler des systèmes de culture existants
- 2) Evaluer ces systèmes
- 3) Déduire des combinaisons de pratiques satisfaisant plusieurs objectifs
- 4) Améliorer les systèmes



O. Pointurier

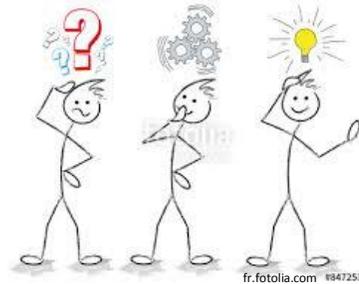


O. Pointurier

# APPLICATIONS DE FLORSYS

## Ateliers de co-conception

1) Diagnostic initial



2) Enjeux et objectifs à atteindre



3) Identifier les leviers pour améliorer l'existant

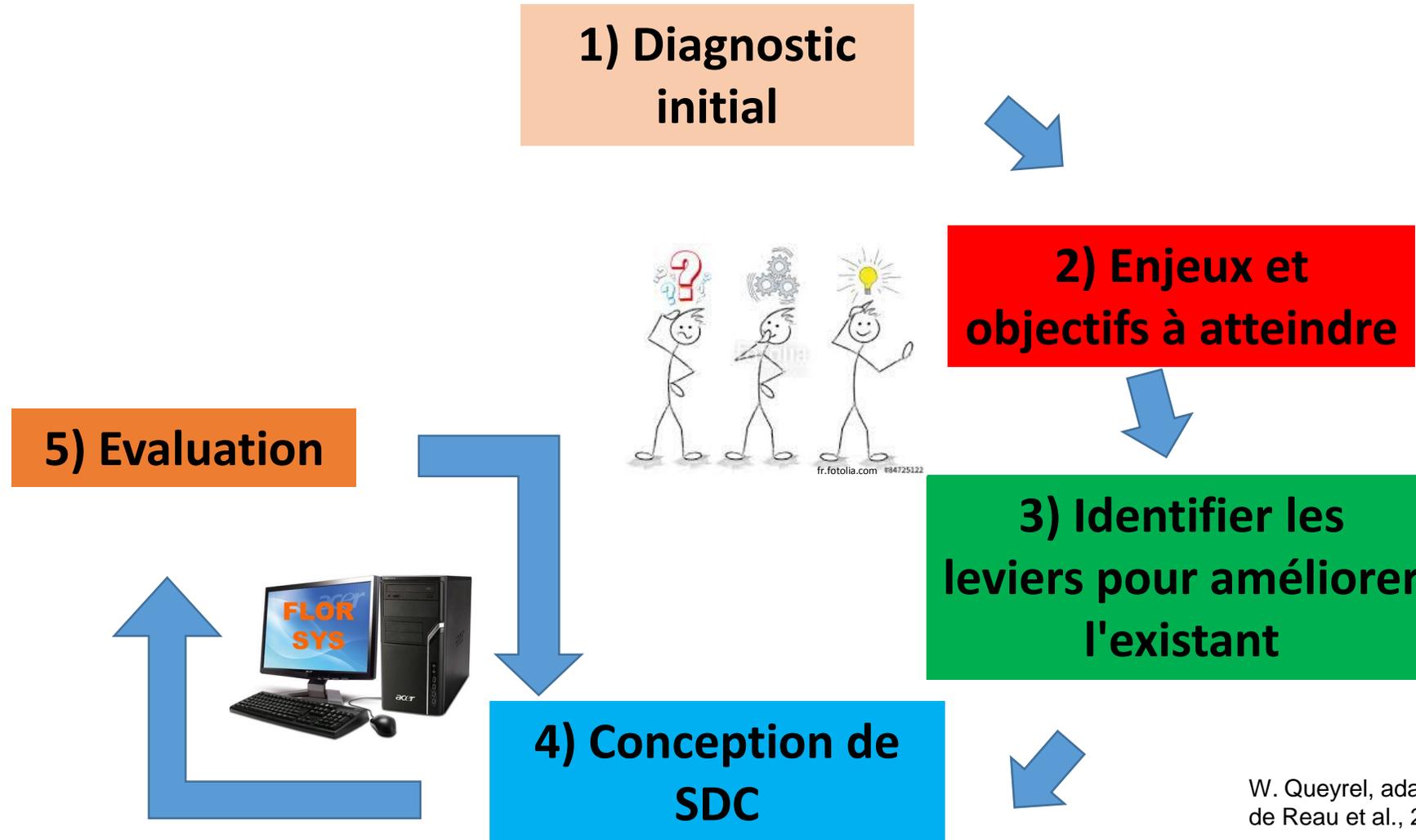
4) Conception de SDC



W. Queyrel, adapté de Reau et al., 2012

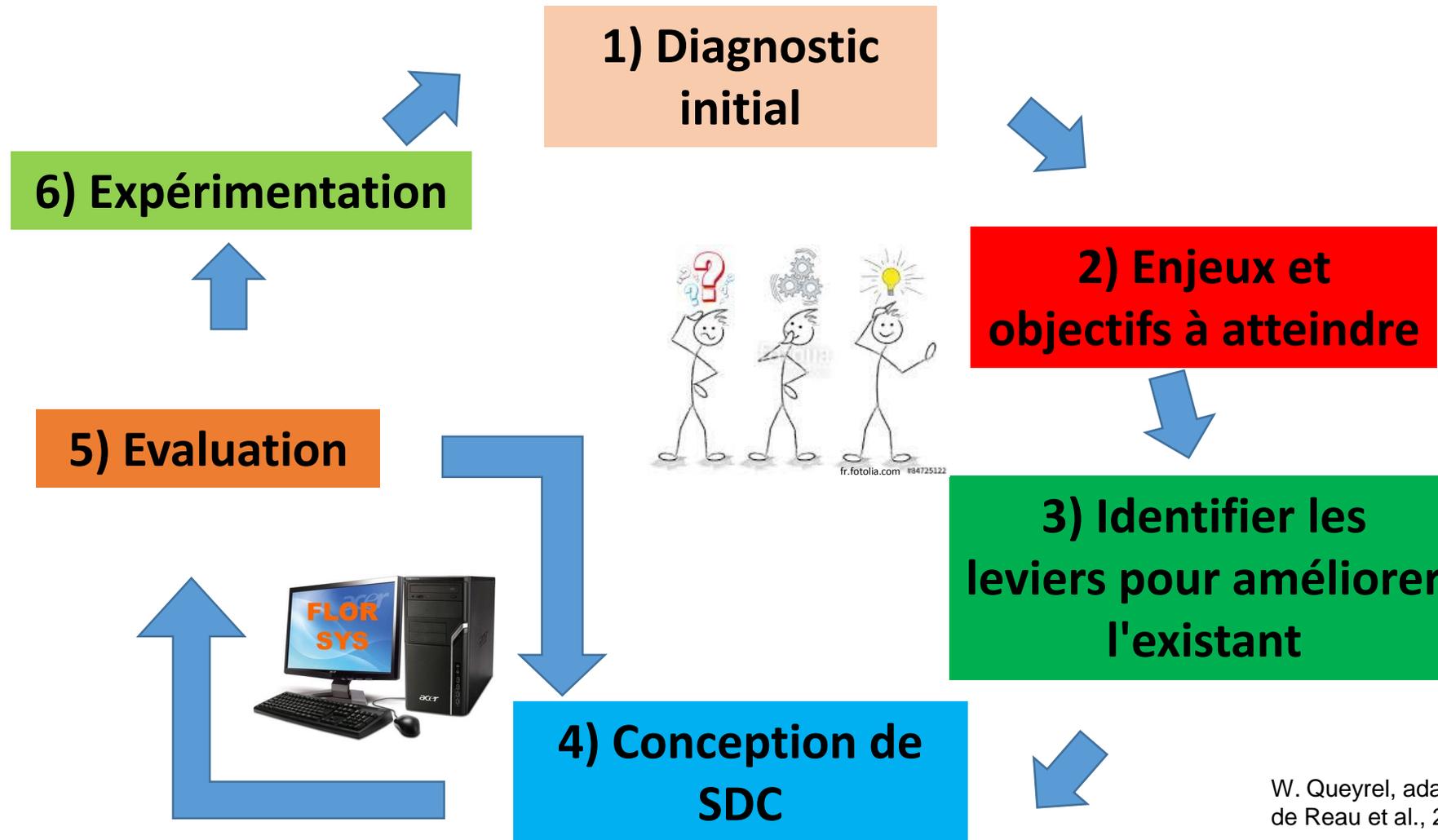
# APPLICATIONS DE FLORSYS

## Ateliers de co-conception



# APPLICATIONS DE FLORSYS

## Ateliers de co-conception



W. Queyrel, adapté  
de Reau et al., 2012

# APPLICATIONS DE FLORSYS

## Outil d'aide à la décision

### Test de prototype d'outil d'aide à la décision pour la gestion intégrée de la flore adventice

Dans l'onglet 'Évaluation en direct' vous retrouverez la forêt aléatoire, c'est-à-dire le modèle qui copie FlorSys, le modèle complexe qui a été utilisé entre les ateliers pour simuler les systèmes de culture testés. Dans l'onglet 'Rappel de l'arbre de décision' vous retrouverez l'arbre de décision pour trouver d'autres idées de modifications à tester.

Évaluation en direct    Rappel de l'arbre de décision

Pour prédire, modifiez les valeurs dans la dernière colonne du tableau ci-dessous puis appuyez sur 'voir la prédiction'.

Les valeurs pré-remplies correspondent à la moyenne des systèmes de culture de la même situation de production.

Les variables de système de culture sont classées dans l'ordre du plus d'effet au moins d'effet sur les indicateurs d'impact de la flore adventice regardés en sortie. Vous pouvez vous concentrer principalement sur la modification des variables en haut du tableau car cela aura plus d'impact que la modification des variables en bas du tableau.

Si vous ne voyez pas la colonne 'Modifications à tester', élargissez la page ou utilisez la barre de défilement en bas du tableau.

Voir la prédiction

Descripteurs de systèmes de culture	Ex min	Ex max	Modifications à tester
Nombre moyen de travaux du sol (autre que labour et le rouleau) ▾	2	4	3
Nombre moyen de travaux du sol (autre que labour et le rouleau) entre octobre et mars par an ▾	0	1	1

Dans le tableau ci-dessous vous retrouverez les valeurs des indicateurs prédits par la forêt aléatoire. Pour afficher le tableau lancez une première prédiction, cela peut prendre quelques secondes.

Après une première prédiction le tableau se mettra à jour automatiquement, évitez de remplir trop rapidement les cellules de la colonne 'Modifications à tester' pour que la mise à jour se passe bien.

	Équitabilité de distribution des espèces	Ressources pour les carabes	Ressources pour les abeilles	Pollution de la récolte	Salissement de la parcelle	Pertes de rendement dues aux adventices
Valeurs prédites	0.25	4.66	2.28	3.48	1.17	62.38
Pires valeurs	0.06	0.62	0.49	6.30	5.08	97.11
Meilleures valeurs	0.53	8.87	3.76	0.45	0.01	-2.35

Explications et unités des indicateurs :

- Équitabilité (indice de Pielou, pas d'unité, va de 0 à 1, le maximum d'équitabilité)
- Ressources pour les carabes (pas d'unité, en fonction de la densité des espèces consommées par les carabes et présentes en surface du sol du printemps à l'été)
- Ressources pollinisateurs (pas d'unité, en fonction de la densité de fleurs mellifères du printemps à l'automne)
- Pollution de la récolte (pas d'unité, biomasse de graines ou de fragments de plantes étant récoltés / le rendement)
- Salissement de la parcelle (t/ha/jour, quantité moyenne de biomasse adventice entre le semis et la récolte)
- Pertes de rendement dues aux adventices (% de pertes de rendement entre simulation sans adventices et simulation avec adventices)

Certains indicateurs sont à diminuer, tels que les indicateurs de nuisibilité comme les pertes de rendement ou le salissement de la parcelle, tandis que d'autres sont à augmenter tels que les ressources pour les pollinisateurs.

F. Colas

# APPLICATIONS DE FLORSYS

## Outil d'aide à la décision

### Test de prototype d'outil d'aide à la décision pour la gestion intégrée de la flore adventice

Dans l'onglet 'Évaluation en direct' vous retrouverez la forêt aléatoire, c'est-à-dire le modèle qui copie FlorSys, le modèle complexe qui a été utilisé entre les ateliers pour simuler les systèmes de culture testés. Dans l'onglet 'Rappel de l'arbre de décision' vous retrouverez l'arbre de décision pour trouver d'autres idées de modifications à tester.

Évaluation en direct    Rappel de l'arbre de décision

Pour prédire, modifiez les valeurs dans la dernière colonne du tableau ci-dessous puis appuyez sur 'voir la prédiction'.

Les valeurs pré-remplies correspondent à la moyenne des systèmes de culture de la même situation de production.

Les variables de système de culture sont classées dans l'ordre du plus d'effet au moins d'effet sur les indicateurs d'impact de la flore adventice regardés en sortie. Vous pouvez vous concentrer principalement sur la modification des variables en haut du tableau car cela aura plus d'impact que la modification des variables en bas du tableau.

Si vous ne voyez pas la colonne 'Modifications à tester', élargissez la page ou utilisez la barre de défilement en bas du tableau.

Voir la prédiction

Descripteurs de systèmes de culture	Ex min	Ex max	Modifications à tester
Nombre moyen de travaux du sol (autre que labour et le rouleau)	2	4	3
Nombre moyen de travaux du sol (autre que labour et le rouleau) entre octobre et mars par an	0	1	1

Dans le tableau ci-dessous vous retrouverez les valeurs des indicateurs prédits par la forêt aléatoire. Pour afficher le tableau lancez une première prédiction, cela peut prendre quelques secondes.

Après une première prédiction le tableau se mettra à jour automatiquement, évitez de remplir trop rapidement les cellules de la colonne 'Modifications à tester' pour que la mise à jour se passe bien.

	Équitabilité de distribution des espèces	Ressources pour les carabes	Ressources pour les abeilles	Pollution de la récolte	Salissement de la parcelle	Pertes de rendement dues aux adventices
Valeurs prédites	0.25	4.66	2.28	3.48	1.17	62.38
Pires valeurs	0.06	0.62	0.49	6.30	5.08	97.11
Meilleures valeurs	0.53	8.87	3.76	0.45	0.01	-2.35

Explications et unités des indicateurs :

- Équitabilité (indice de Pielou, pas d'unité, va de 0 à 1, le maximum d'équitabilité)
- Ressources pour les carabes (pas d'unité, en fonction de la densité des espèces consommées par les carabes et présentes en surface du sol du printemps à l'été)
- Ressources pollinisateurs (pas d'unité, en fonction de la densité de fleurs mellifères du printemps à l'automne)
- Pollution de la récolte (pas d'unité, biomasse de graines ou de fragments de plantes étant récoltés / le rendement)
- Salissement de la parcelle (t/ha/jour, quantité moyenne de biomasse adventice entre le semis et la récolte)
- Pertes de rendement dues aux adventices (% de pertes de rendement entre simulation sans adventices et simulation avec adventices)

Certains indicateurs sont à diminuer, tels que les indicateurs de nuisibilité comme les pertes de rendement ou le salissement de la parcelle, tandis que d'autres sont à augmenter tels que les ressources pour les pollinisateurs.

F. Colas

# APPLICATIONS DE FLORSYS

## Outil d'aide à la décision

### Test de prototype d'outil d'aide à la décision pour la gestion intégrée de la flore adventice

Dans l'onglet 'Évaluation en direct' vous retrouverez la forêt aléatoire, c'est-à-dire le modèle qui copie FlorSys, le modèle complexe qui a été utilisé entre les ateliers pour simuler les systèmes de culture testés. Dans l'onglet 'Rappel de l'arbre de décision' vous retrouverez l'arbre de décision pour trouver d'autres idées de modifications à tester.

Évaluation en direct    Rappel de l'arbre de décision

Pour prédire, modifiez les valeurs dans la dernière colonne du tableau ci-dessous puis appuyez sur 'voir la prédiction'.

Les valeurs pré-remplies correspondent à la moyenne des systèmes de culture de la même situation de production.

Les variables de système de culture sont classées dans l'ordre du plus d'effet au moins d'effet sur les indicateurs d'impact de la flore adventice regardés en sortie. Vous pouvez vous concentrer principalement sur la modification des variables en haut du tableau car cela aura plus d'impact que la modification des variables en bas du tableau.

Si vous ne voyez pas la colonne 'Modifications à tester', élargissez la page ou utilisez la barre de défilement en bas du tableau.

Voir la prédiction

Descripteurs de systèmes de culture	Ex min	Ex max	Modifications à tester
Nombre moyen de travaux du sol (autre que labour et le rouleau)	2	4	3
Nombre moyen de travaux du sol (autre que labour et le rouleau) entre octobre et mars par an	0	1	1

Dans le tableau ci-dessous vous retrouverez les valeurs des indicateurs prédits par la forêt aléatoire. Pour afficher le tableau lancez une première prédiction, cela peut prendre quelques secondes.

Après une première prédiction le tableau se mettra à jour automatiquement, évitez de remplir trop rapidement les cellules de la colonne 'Modifications à tester' pour que la mise à jour se passe bien.

	Équitabilité de distribution des espèces	Ressources pour les carabes	Ressources pour les abeilles	Pollution de la récolte	Salissement de la parcelle	Pertes de rendement dues aux adventices
Valeurs prédites	0.25	4.66	2.28	3.48	1.17	62.38
Pires valeurs	0.06	0.62	0.49	6.30	5.08	97.11
Meilleures valeurs	0.53	8.87	3.76	0.45	0.01	-2.35

Explications et unités des indicateurs :

- Équitabilité (indice de Pielou, pas d'unité, va de 0 à 1, le maximum d'équitabilité)
- Ressources pour les carabes (pas d'unité, en fonction de la densité des espèces consommées par les carabes et présentes en surface du sol du printemps à l'été)
- Ressources pollinisateurs (pas d'unité, en fonction de la densité de fleurs mellifères du printemps à l'automne)
- Pollution de la récolte (pas d'unité, biomasse de graines ou de fragments de plantes étant récoltés / le rendement)
- Salissement de la parcelle (t/ha/jour, quantité moyenne de biomasse adventice entre le semis et la récolte)
- Pertes de rendement dues aux adventices (% de pertes de rendement entre simulation sans adventices et simulation avec adventices)

Certains indicateurs sont à diminuer, tels que les indicateurs de nuisibilité comme les pertes de rendement ou le salissement de la parcelle, tandis que d'autres sont à augmenter tels que les ressources pour les pollinisateurs.

F. Colas

# CONCLUSION

FLORSYS, au cœur du projet ANR CoSAC pour :

- ❖ **synthétiser** les résultats d'expérimentations
- ❖ concevoir de **stratégies de gestion** des adventices
- ❖ **accompagner** les agriculteurs dans les changements de pratiques

<https://www.projet-cosac.fr/>



**Merci pour votre attention**



# Références

- Colbach, N., Busset, H., Yamada, O., Dürr, C. & Caneill, J. (2006a). ALOMYSYS: modelling black-grass (*Alopecurus myosuroides* Huds.) germination and emergence, in interaction with seed characteristics, tillage and soil climate. II. Evaluation. *European Journal Of Agronomy* 24: 113-128.
- Colbach, N., Dürr, C., Roger-Estrade, J., Chauvel, B. & Caneill, J. (2006b). ALOMYSYS: Modelling black-grass (*Alopecurus myosuroides* Huds.) germination and emergence, in interaction with seed characteristics, tillage and soil climate - I. Construction. *European Journal Of Agronomy* 24(2): 95-112.
- Colbach, N., Chauvel, B., Gauvrit, C. & Munier-Jolain, N. M. (2007). Construction and evaluation of ALOMYSYS, modelling the effects of cropping systems on the blackgrass life-cycle. From seedling to seed production. *Ecological Modelling* 201: 283-300.
- Colbach, N., Kurstjens, D. A. G., Munier-Jolain, N. M., Dulout-Dalbiès, A. & Doré, T. (2010). Assessing non-chemical weeding strategies through a modelling approach applied to blackgrass (*Alopecurus myosuroides* Huds.) dynamics. *European Journal Of Agronomy* 32: 205-218.
- Colbach, N., Biju-Duval, L., Gardarin, A., Granger, S., Guyot, S. H. M., Mézière, D., Munier-Jolain, N. M. & Petit, S. (2014a). The role of models for multicriteria evaluation and multiobjective design of cropping systems for managing weeds. *Weed Research* 54: 541-555.
- Colbach, N., Busset, H., Roger-Estrade, J. & Caneill, J. (2014b). Predictive modelling of weed seed movement in response to superficial tillage tools. *Soil & Tillage Research* 138: 1-8.
- Colbach, N., Collard, A., Guyot, S. H. M., Mézière, D. & Munier-Jolain, N. M. (2014c). Assessing innovative sowing patterns for integrated weed management with a 3D crop:weed competition model. *European Journal Of Agronomy* 53: 74-89.
- Colbach, N., Colas, F., Pointurier, O., Queyrel, W. & Villerd, J. (2017). A methodology for multi-objective cropping system design based on simulations. Application to weed management. *European Journal Of Agronomy* 87: 59-73.
- Gardarin, A., Dürr, C. & Colbach, N. (2012). Modeling the dynamics and emergence of a multispecies weed seed bank with species traits. *Ecological Modelling* 240: 123-138.
- Munier-Jolain, N. M., Guyot, S. H. M. & Colbach, N. (2013). A 3D model for light interception in heterogeneous crop:weed canopies. Model structure and evaluation. *Ecological Modelling* 250: 101-110.
- Munier-Jolain, N. M., Collard, A., Busset, H., Guyot, S. H. M. & Colbach, N. (2014). Investigating and modelling the morphological plasticity of weeds. *Field Crops Research* 155: 90-98.
- Mézière, D., Petit, S., Granger, S., Biju-Duval, L. & Colbach, N. (2015). Developing a set of simulation-based indicators to assess harmfulness and contribution to biodiversity of weed communities in cropping systems. *Ecological Indicators* 48(Supplement C): 157-170.

