

# Séminaire 'Modélisation pour la Protection des cultures' Paris 20-21 novembre 2006

Thème 1 :  
Représentation des relations bioagresseur-peuplement-SdC

Modélisation pour la lutte contre les adventices

Nicolas Munier-Jolain

INRA - UMR Biologie et Gestion des Adventices - Dijon



## Contexte



## Enjeux

*réduire la dépendance vis-à-vis des herbicides*

## Questions

- Comment 'optimiser' ma stratégie de 'désherbage' au cours de la campagne en cours ?  
modèle décisionnel : DECID'Herb → cf thème suivant
- Comment adapter mon SdC pour limiter le potentiel d'infestation ?
  - *rotation*
  - *travail du sol*
  - *faux-semis - date de semis*
  - *variétés compétitives*
  - ...

Un système très complexe ...

... qui justifie l'approche 'modélisation'





## Contexte



## Enjeux

*réduire la dépendance vis-à-vis des herbicides*

## Questions

- Comment 'optimiser' ma stratégie de 'désherbage' au cours de la campagne en cours ?  
modèle décisionnel : DECID'Herb → cf thème suivant

- Comment adapter mon SdC pour limiter le potentiel d'infestation ?

- *rotation*

- *tr*

+ diversité des espèces

→ diversité des réponses  
compétitives  
de semis

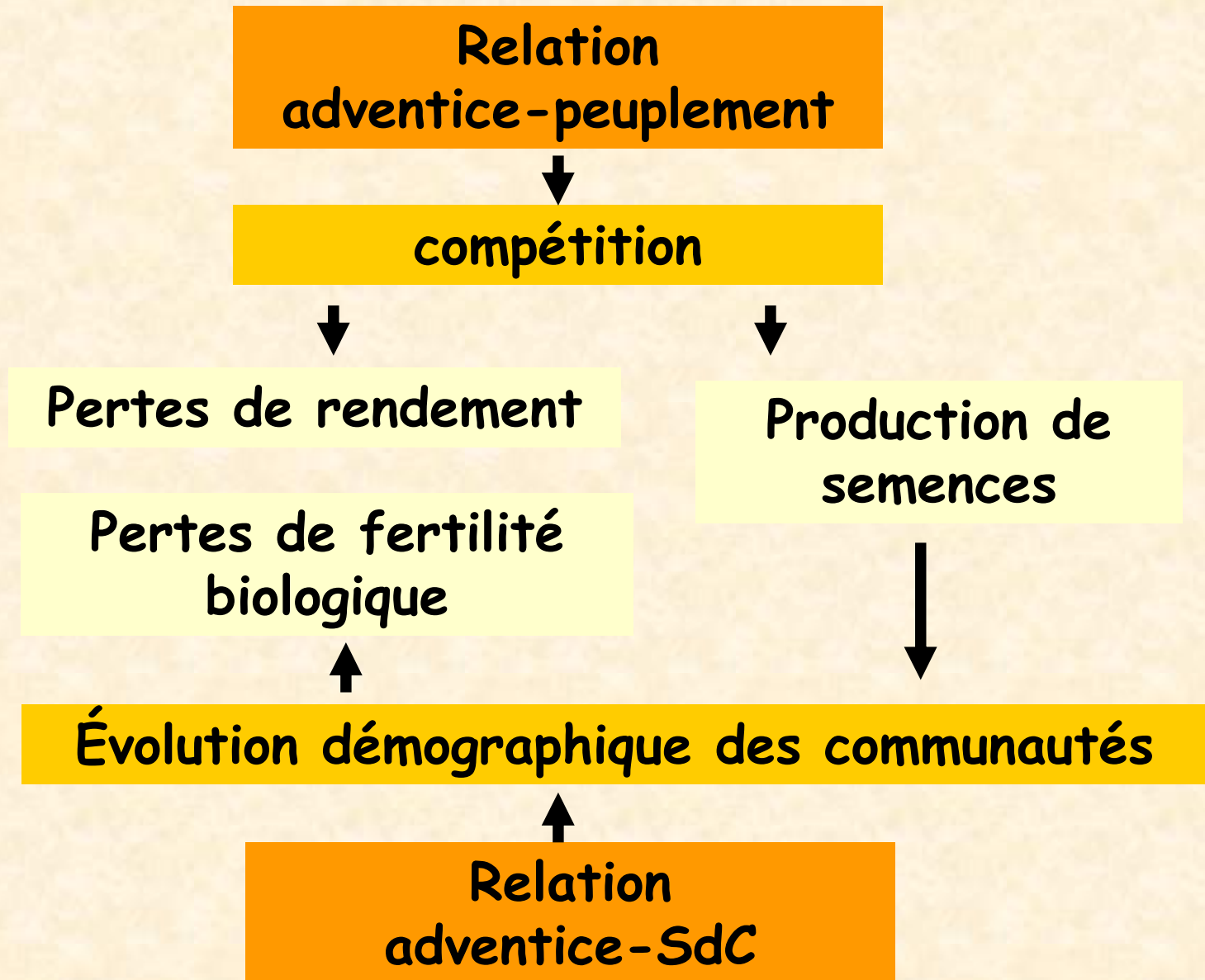
Un système très complexe ...

... qui justifie l'approche 'modélisation'





## Relation bioagresseur-peuplement-SdC



# Présentation du modèle

## 2 objectifs

1. *comprendre les interactions*

2. *Prévoir - évaluer des stratégies*



## 2 versions

1. *AlomySys: monospécifique*

*Colbach & Chauvel*



2. *FlorSys: plurispécifique*

*Colbach & Munier-Jolain*

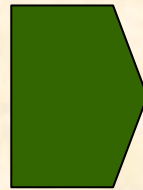




# Présentation du modèle

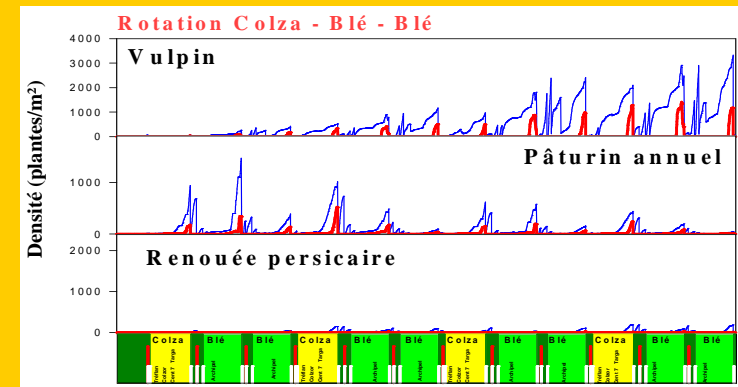
## Input

1. **État initial**  
*densité de semences dans le sol*
2. **SdC**  
*intervention, dates, outils, herbicides...*
3. **Climat quotidien**  
*t°, précipitations*

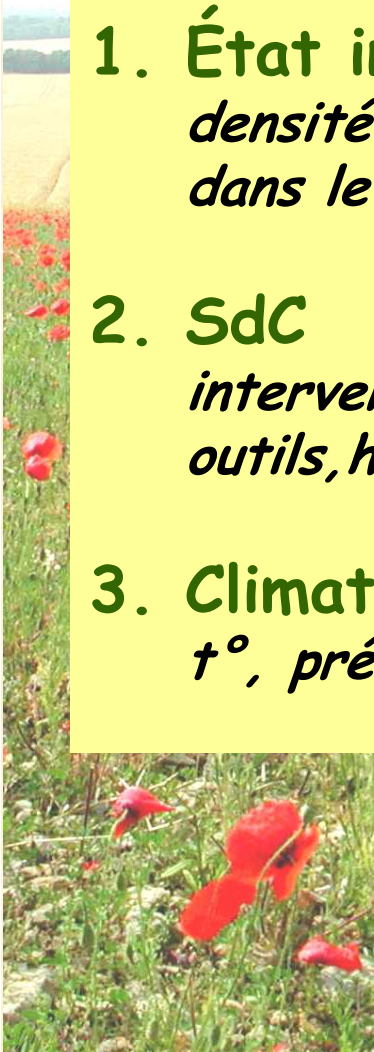


## Output

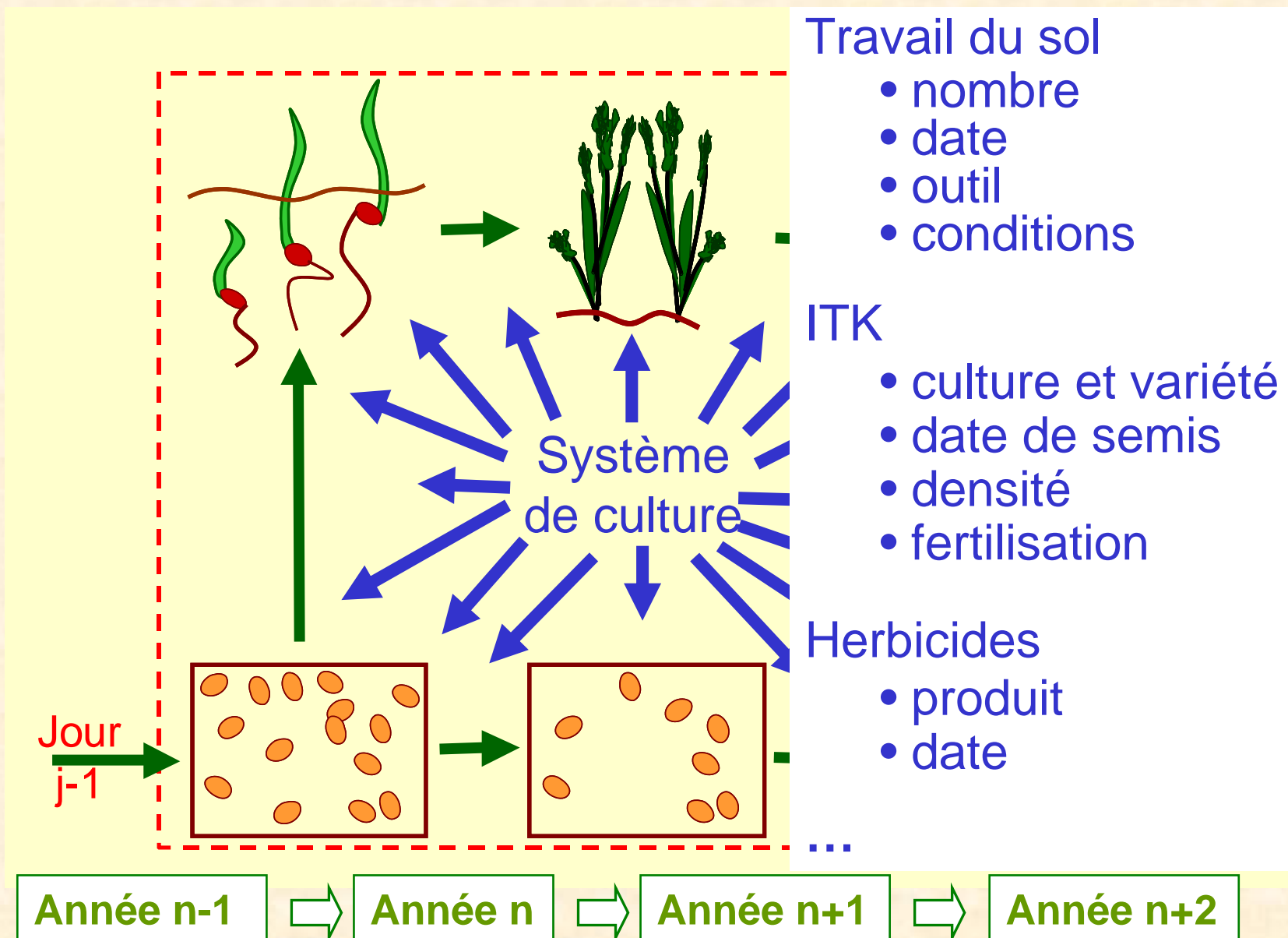
1. *Densité de semences*
2. *Densité de plantes*



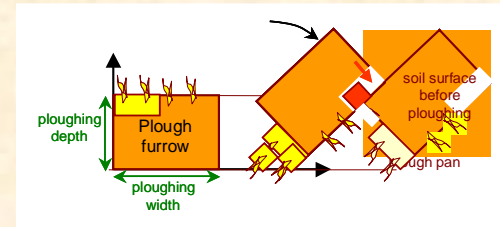
3. *Rendement des cultures*



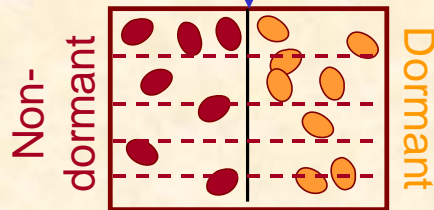
# Présentation du modèle



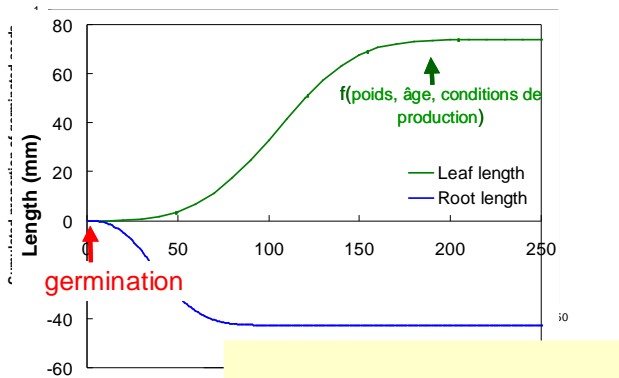
# Module 'germination - levée' (Colbach)



Stock semencier



Travail du sol



(basé sur Colbach et al)

germination triggering  
Humidité du sol  
Température du sol

Climat

Structure du sol  
Profondeur

Mortalité pré-levée

Bloquage par une motte  
→ pas de levée

Contournement des mottes trop long  
→ pas de levée

Trop profond  
→ pas de levée

Mortalité

Date e

Effet de la structure du sol



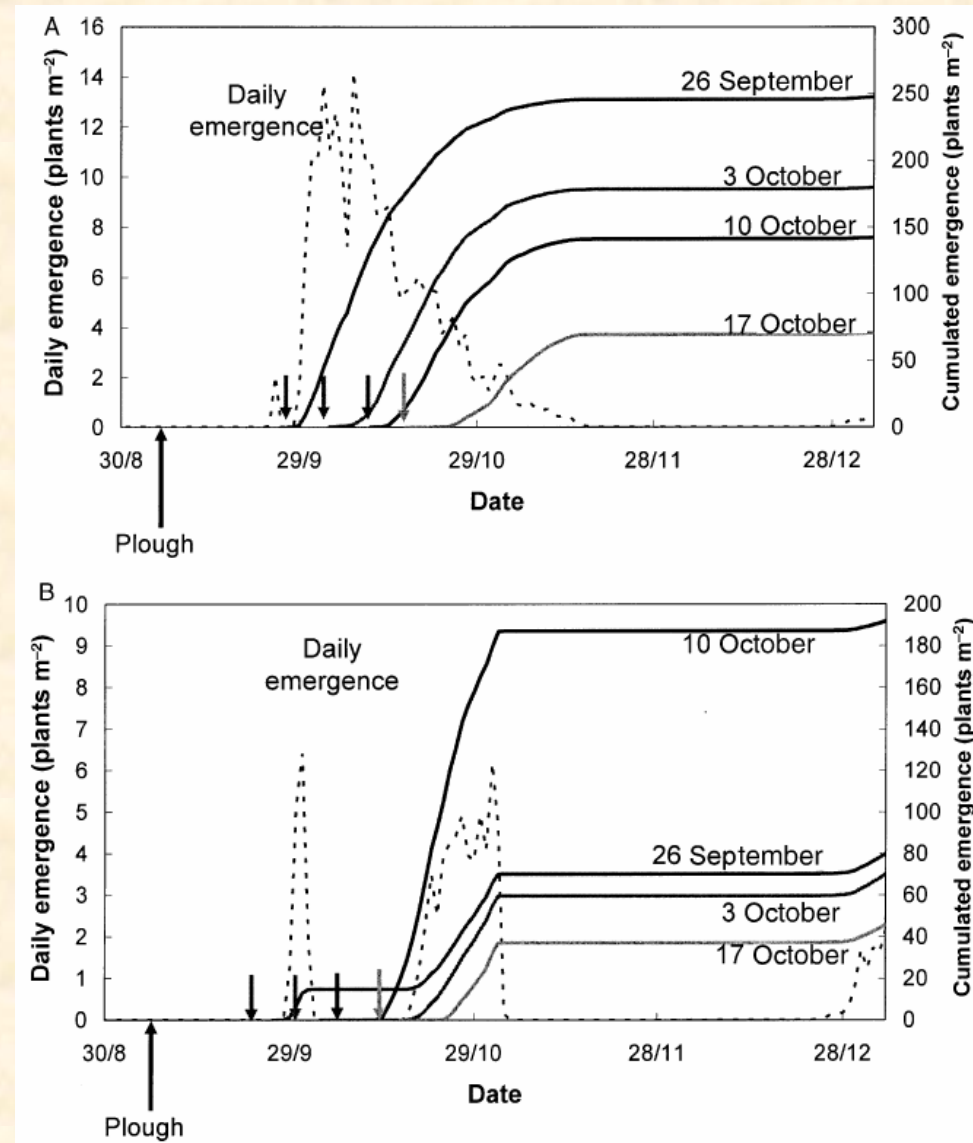
# Module 'germination - levée' : simulations

Effet de la date de semis  
(Colbach et al., 2005)

1- automne humide

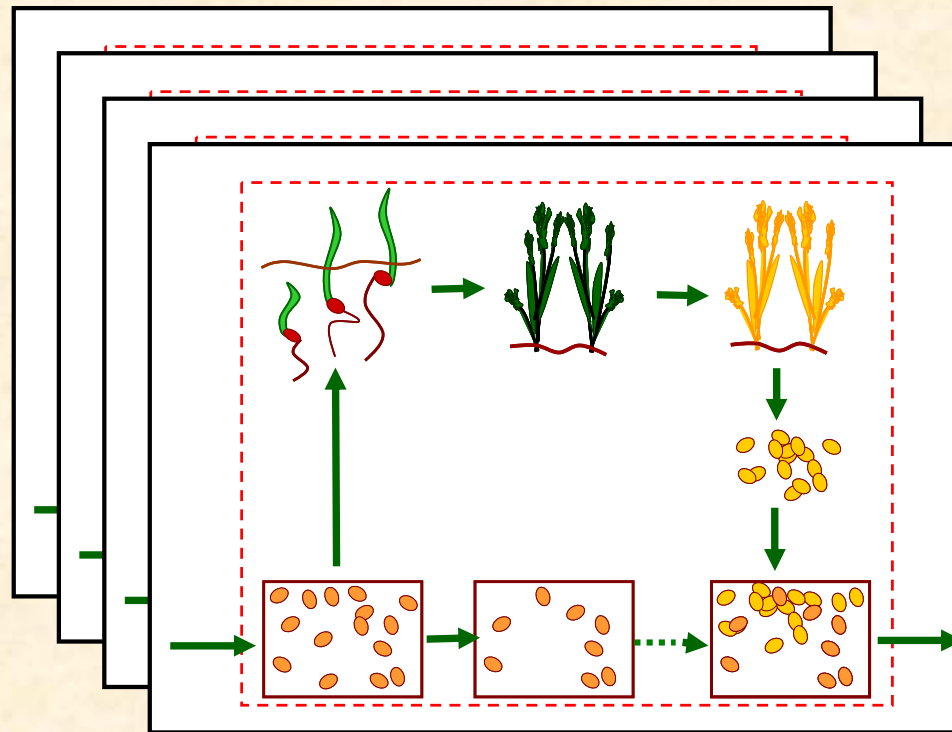
2- automne sec

→ Pas de temps fin  
(jour) nécessaire



## Passage au plurispécifique : FlorSys

- ✓ **Modèle plurispécifique**  
= n modèles monospécifiques en parallèles  
+ interactions entre espèce : concurrence



## *Passage au plurispécifique : FlorSys*

- ✓ Prise en compte de l'ensemble des processus

Ex : dormance



- ✓ Objectif IMPERATIF de généricité

→ utiliser des formalismes génériques

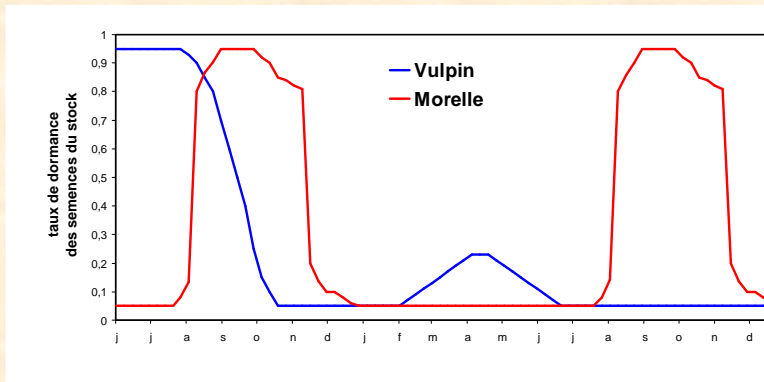
→ ne conserver que des paramètres 'accessibles'



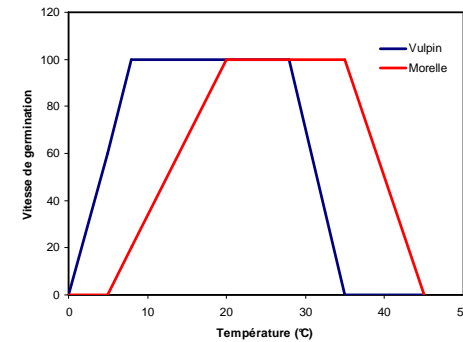
# Passage au plurispécifique : FlorSys

Exemple :

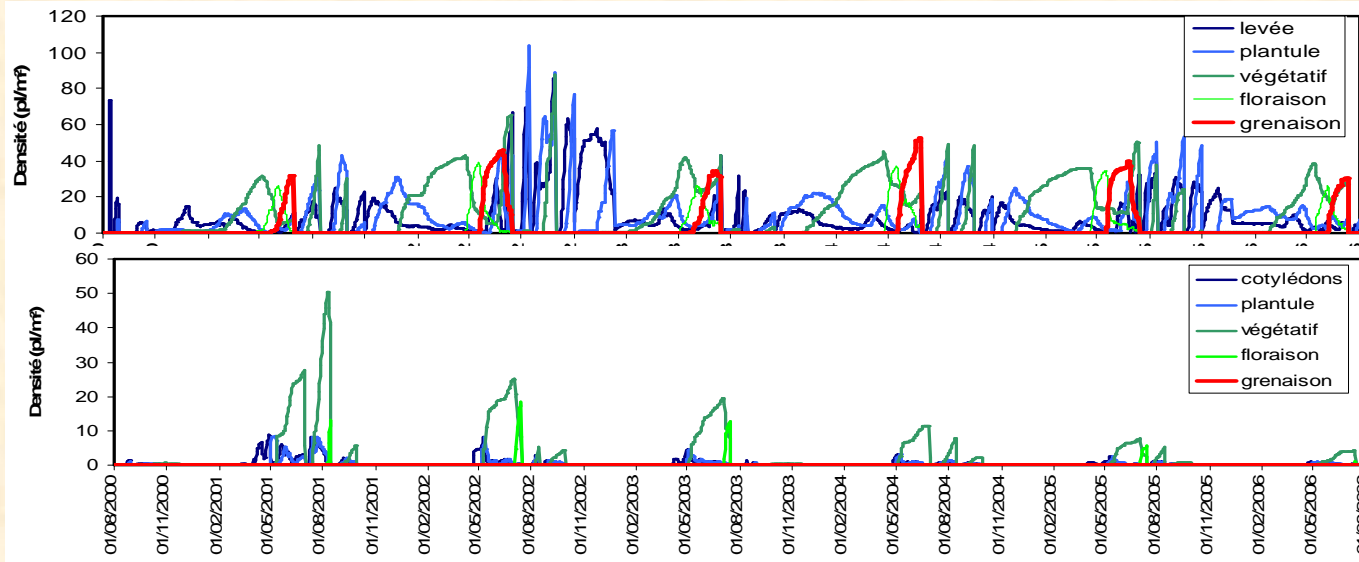
cycles de dormance



température de germination



Vulpin

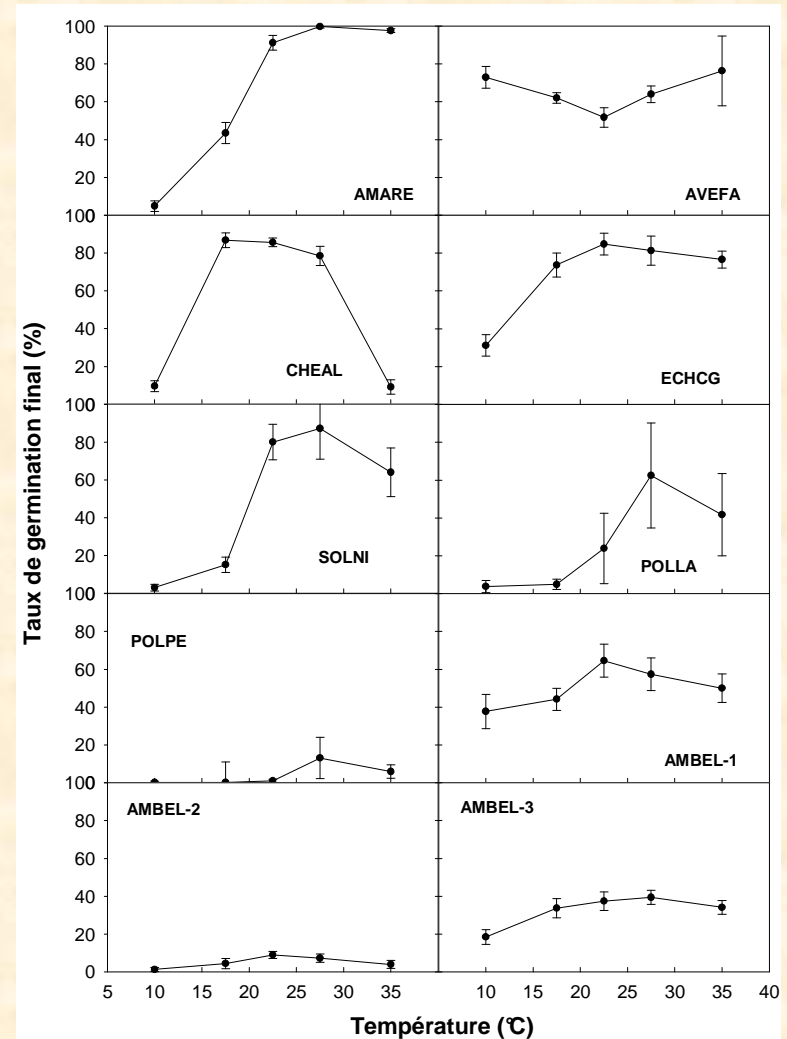
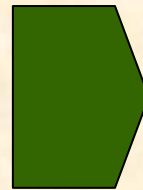


Morelle noire

Colza Int. Blé Int. Blé I Colza Int. Blé Int. Blé

# Passage au plurispécifique : FlorSys

## 1 problème : le paramétrage



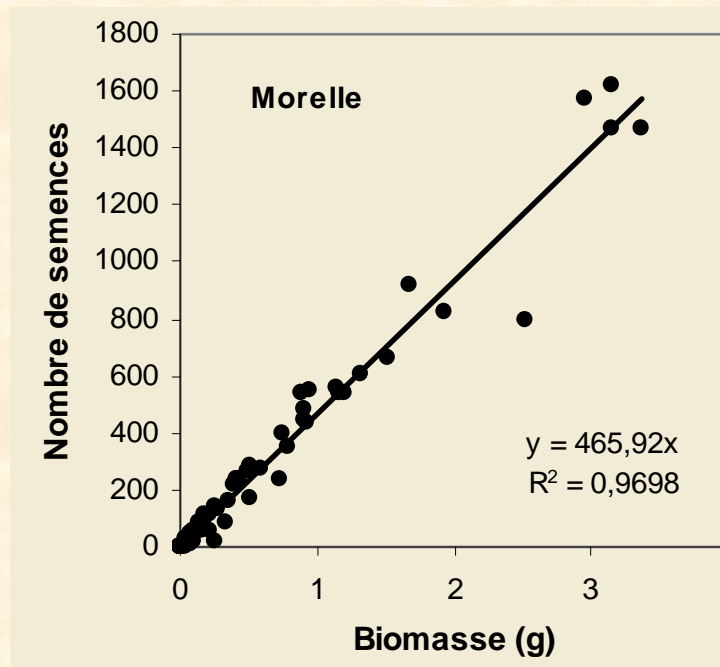
# Modélisation de la concurrence

Travaux en cours

## 1. Approche générique

~~Simulation des ramifications, du nombre de tiges, du nombre d'inflorescence, du nombre de semences par épi...~~

**Relation Biomasse - production semencière**

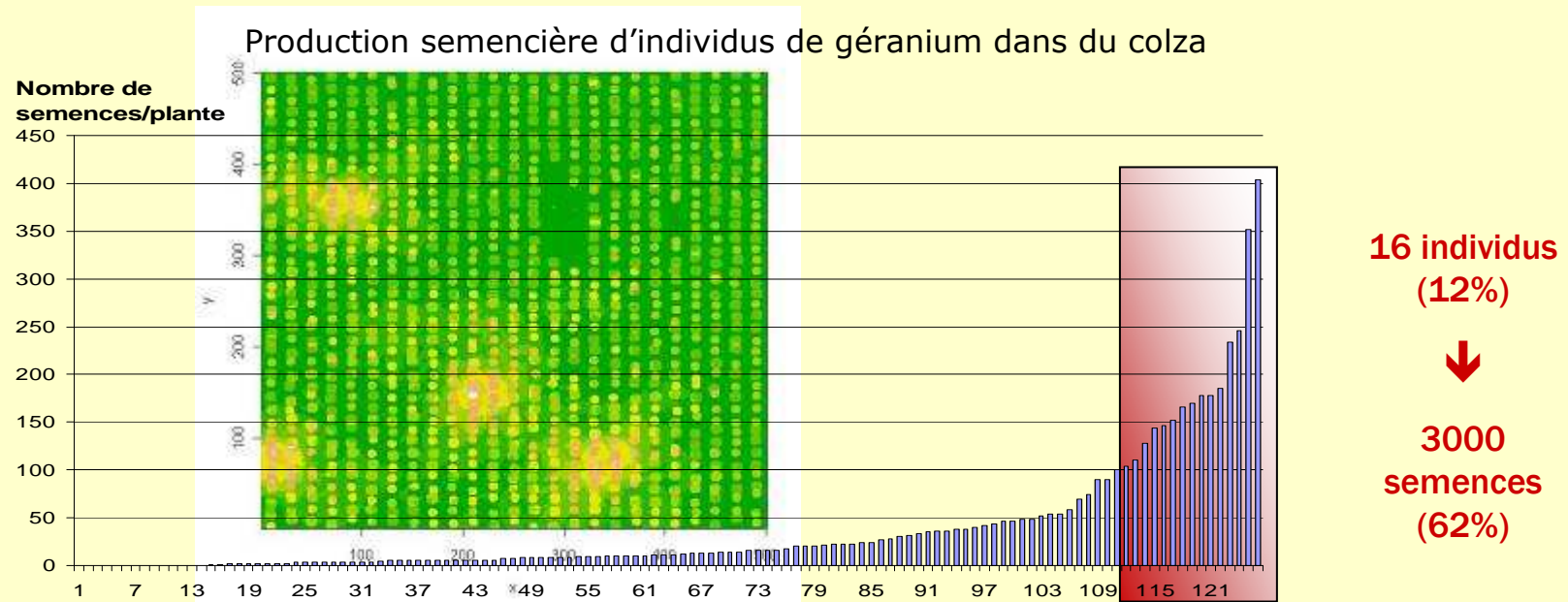




# Modélisation de la concurrence

Travaux en cours

1. Approche générique
2. Tenir compte des hétérogénéités spatiales de microclimat lumineux

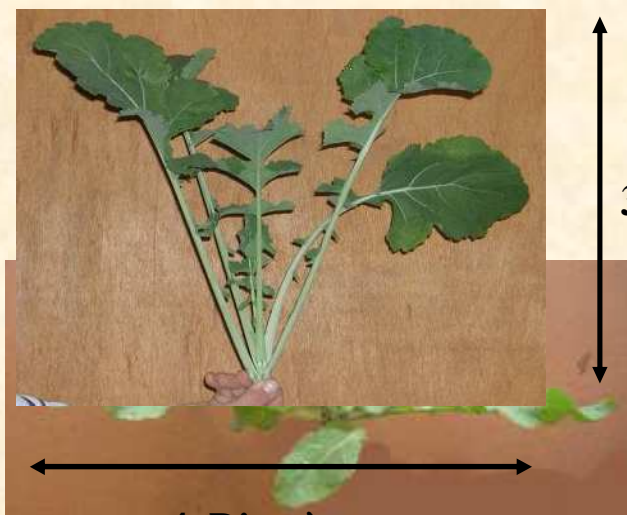


# Modélisation de la concurrence

Travaux en cours

1. Approche générique
2. Tenir compte des hétérogénéités spatiales
3. Simuler la plasticité morphologique

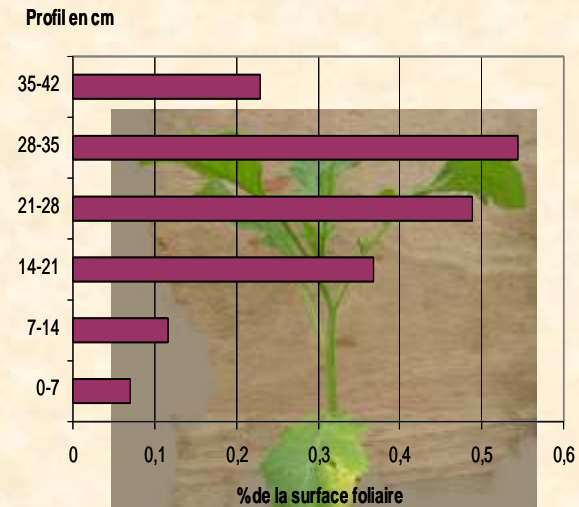
1. Biomasse 2. Surface foliaire *Sinapis arvensis L.*



4. Diamètre

Plante isolée

3. Hauteur

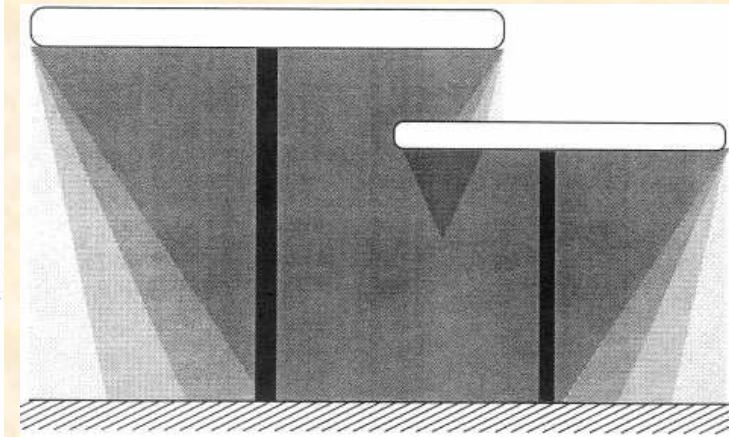
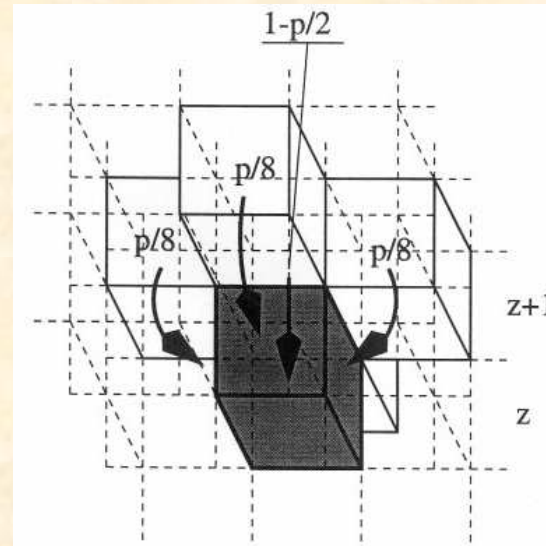
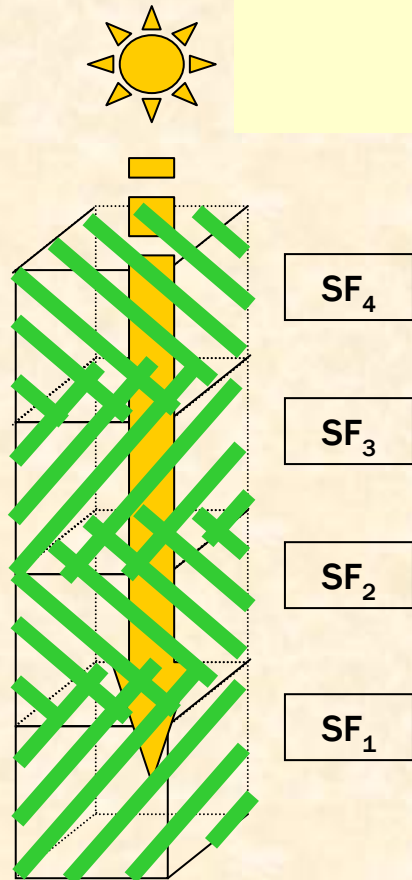


5. Profil de surface foliaire

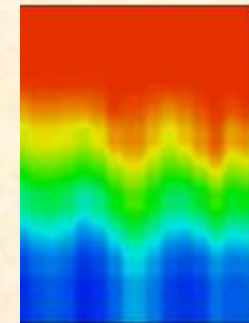
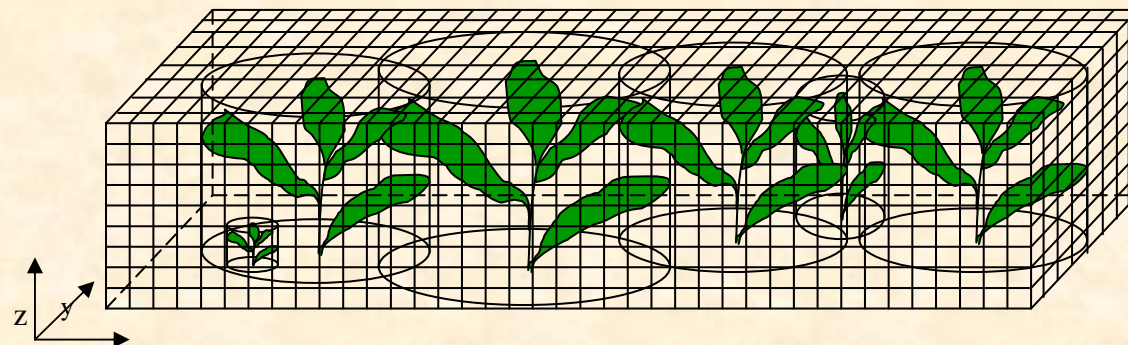
Forte densité de colza

# Modélisation de la concurrence

- 1- changement d'échelle : échelle plante
- 2- modèle de microclimat lumineux



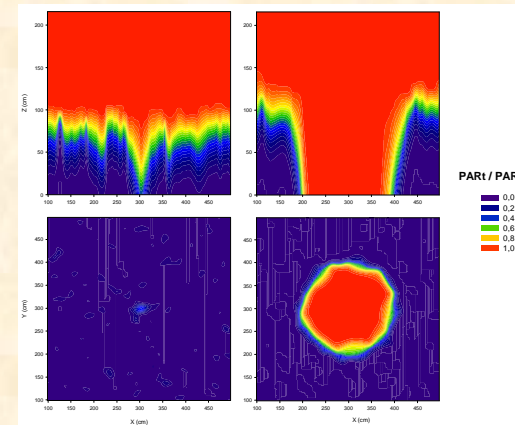
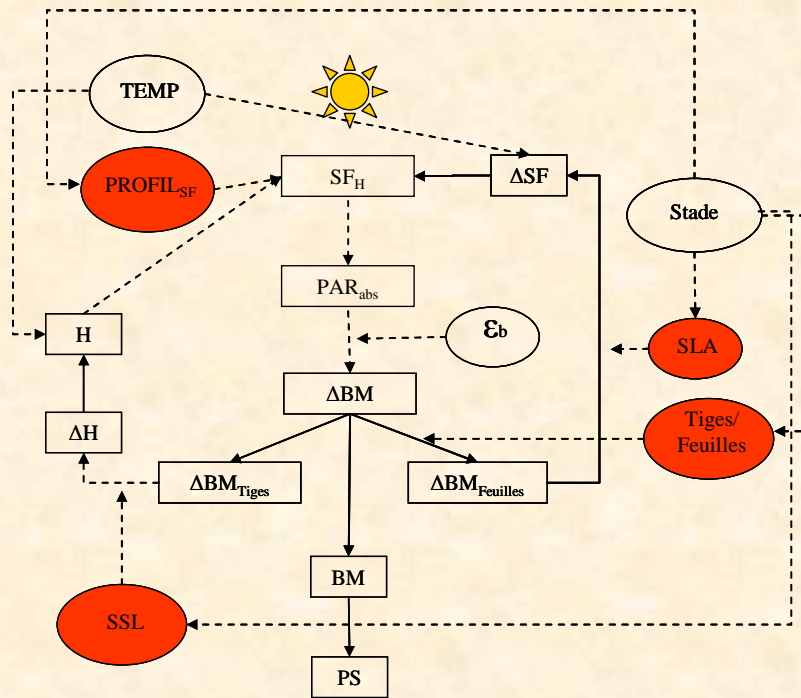
Chave, 1999





# Modélisation de la concurrence

- 1- changement d'échelle : échelle plante
- 2- modèle de microclimat lumineux



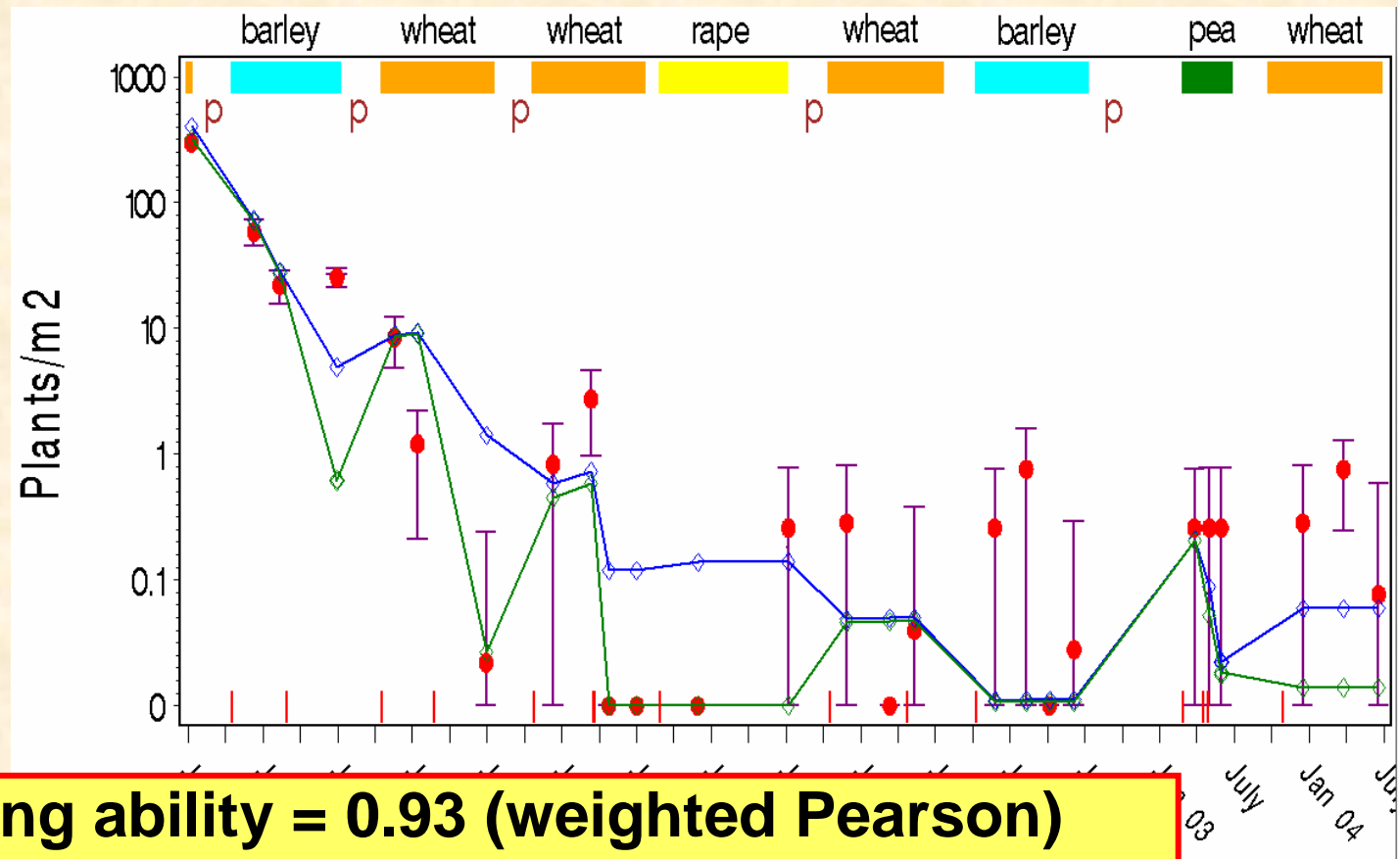
**ΔBiomasse individuelle**  
 - adventice  
 - culture

**Morphologie**  
 - Hauteur  
 - Diamètre  
 - Masse surfacique  
 - Répartition en hauteur de surface foliaire

# Évaluation du modèle Version mono spécifique vulpin : *AlomySys* Colbach et al.

Densité de vulpin, essai de lux (Chauvel et al.)

Simulations with  
minimum/maximum  
herbicide efficiency



**Ranking ability = 0.93 (weighted Pearson)**

**Modelling efficiency = 0.99 (weighted  $r^2$ )**

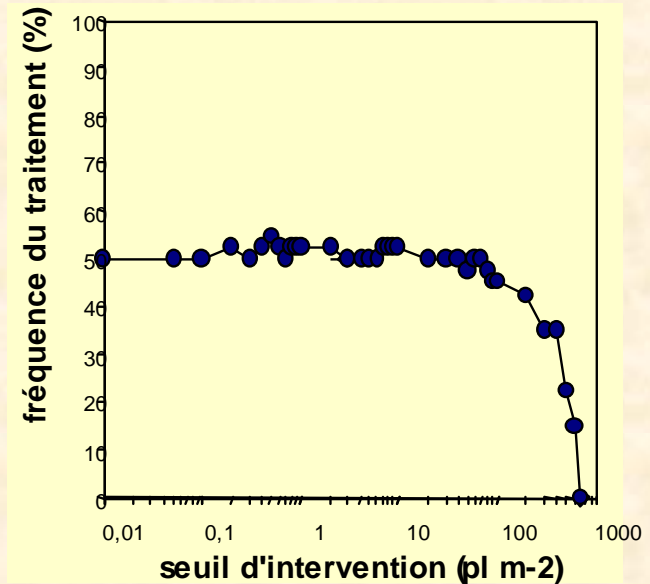
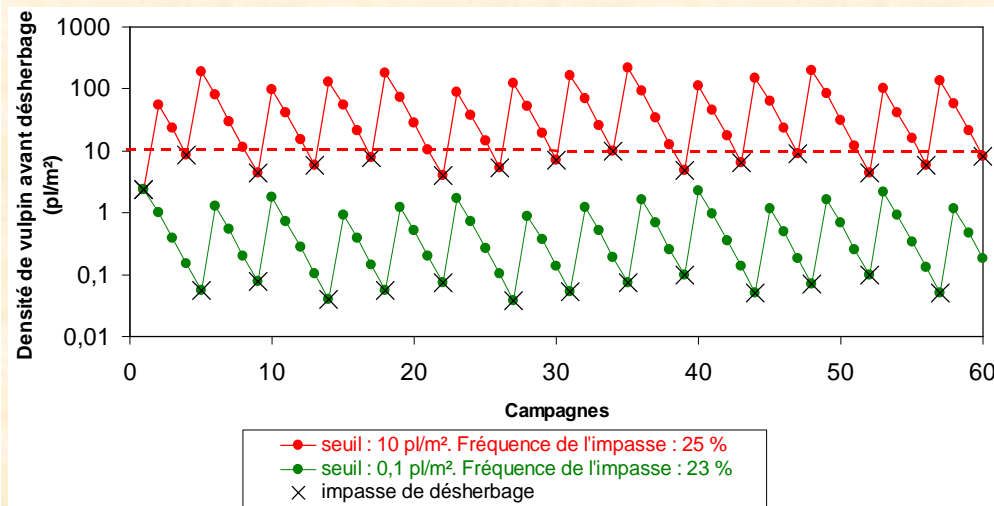
## *À quoi ça sert ?*

- *Définir des règles de décision*
- *Étudier les interactions*
- *Évaluer ex ante des stratégies*

# À quoi ça sert ?

## 1. Définir des règles de décision

Exemple : recherche d'un seuil d'intervention 'optimal'



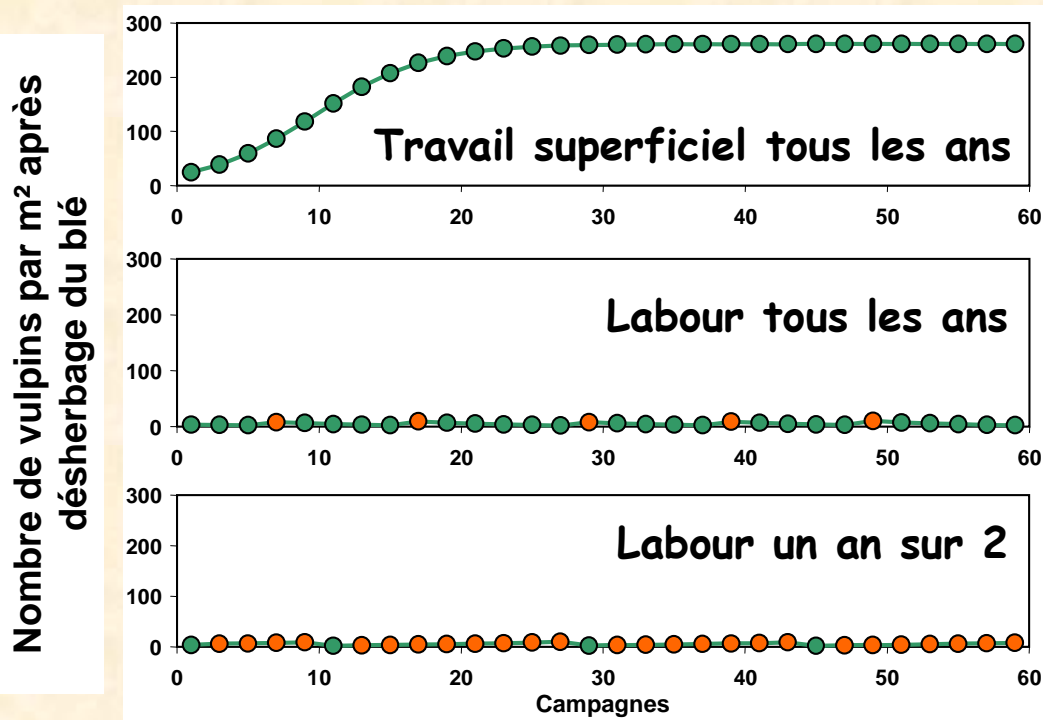
→ Pas de seuil d'intervention optimal



# À quoi ça sert ?

- Définir des règles de décision
- Étudier les interactions

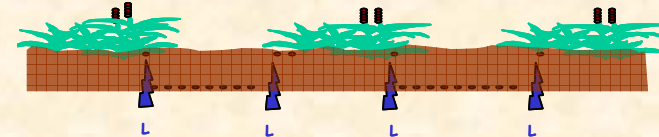
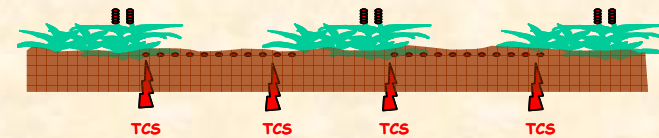
Exemple : interaction rotation x travail du sol  
*Simulation dans une rotation maïs - blé*



● Traitement → 95 % de mortalité

● Impasse

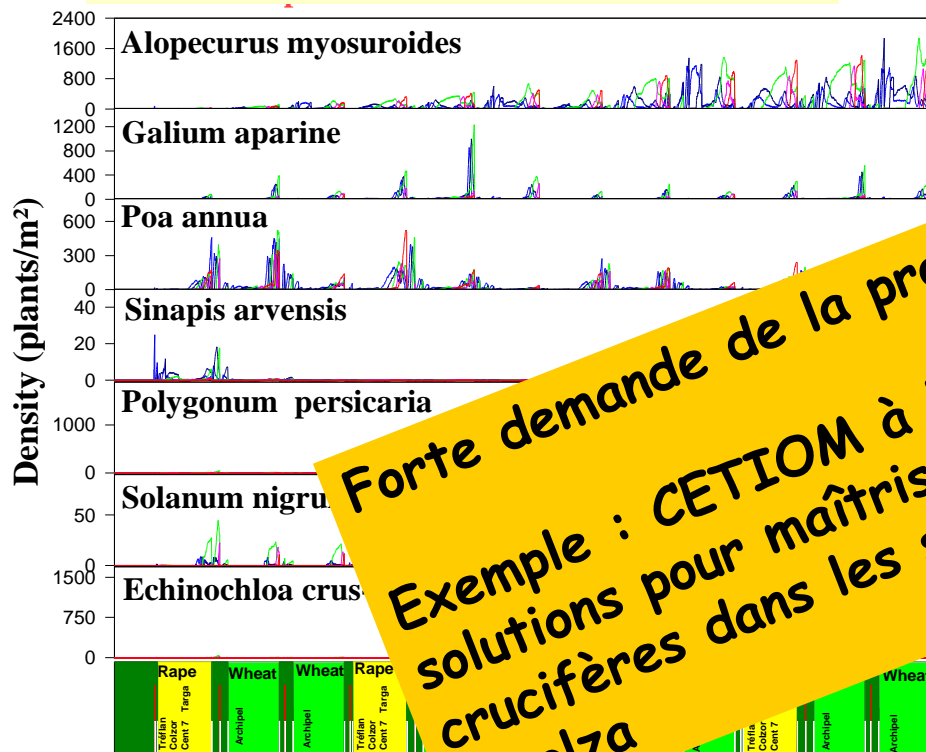
Blé - Maïs - Blé - Maïs - Blé



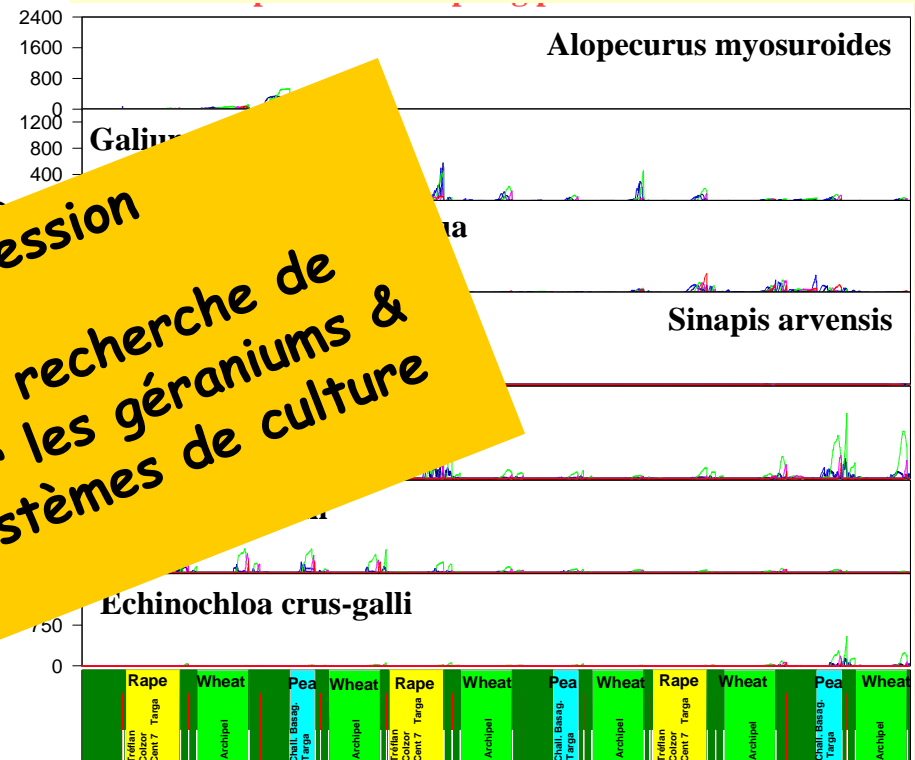
# À quoi ça sert ?

- Définir des règles de décision
- Étudier les interactions
- Évaluer ex ante des stratégies

## Rotation Colza - blé - blé



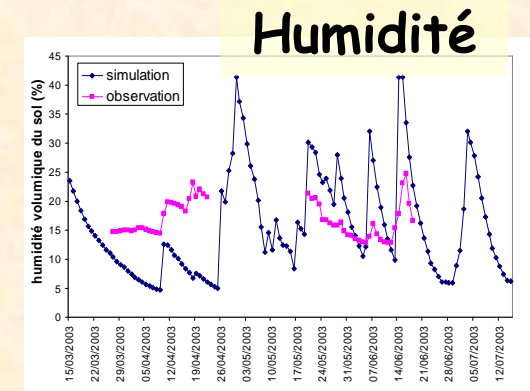
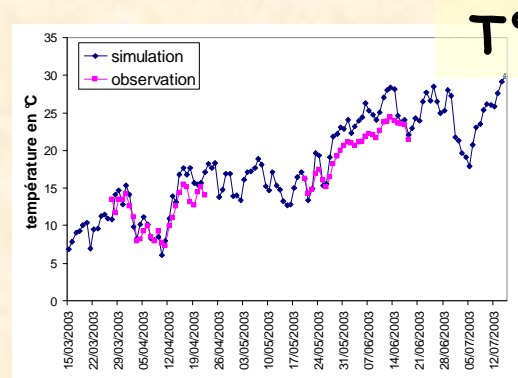
## Rotation Colza - blé - Pois de P. - blé



Forte demande de la profession  
Exemple : CETIOM à la recherche de solutions pour maîtriser les géraniums & crucifères dans les systèmes de culture à colza

# Difficultés

- paramétrage
- simulation microclimat du sol : STICS (horizons superficiels)

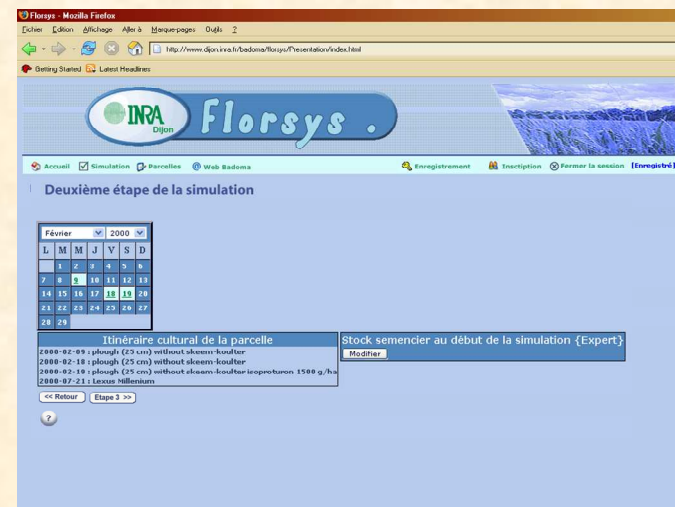


- innovations techniques
- prédation =  $f(\text{biodiversité})$   
*rôle dans la régulation des populations ?*



# Perspectives

- Amélioration du modèle
  - *SdC plus riches : ex : prairies temporaires*
  - *Paramétrage : plate-forme phénotypage*
- Interface Web



- Utilisation pour définir des règles de gestion agro-écologique de la parcelle et du territoire





*Merci pour votre  
attention*

## DECID'Herb

Un logiciel WEB d'aide au choix multicritère

Echelle de la décision : campagne agricole  
*blé, orge, colza, soja, maïs, ...*

### Variables d'entrée

- description de la parcelle
- date de la décision : processus séquentiel
- Historique parcellaire (4 ans)
- Système de culture prévisionnel (1 rotation)
- Contraintes d'organisation du travail
- Enherbement : observé / attendu



**Volet 2 : DECID'Herb**

**Structure de l'application**

- ✓ **Module 1 : évaluation du risque malherbologique**
  - *espèces (aptitude à la concurrence, potentiel de production semencière, durée de vie du stock semencier, profondeur de levée)*
  - *abondances*
  - *date de levée relative (culture vs adventices)*
  - *culture à désherber (aptitude à l'étouffement, état)*
  - *rotation*
  - *travail du sol*
  - *Disponibilité en herbicide « satisfaisant » dans les cultures suivantes*
  
- ➔ *« Système expert » en logique floue*

## Evaluation du risque malherbologique

- Risque « court terme »  
*pertes de rendement, gêne à la récolte*
- Risque « long terme »  
*production semencière,  
salissement des cultures suivantes*

*dépend de*

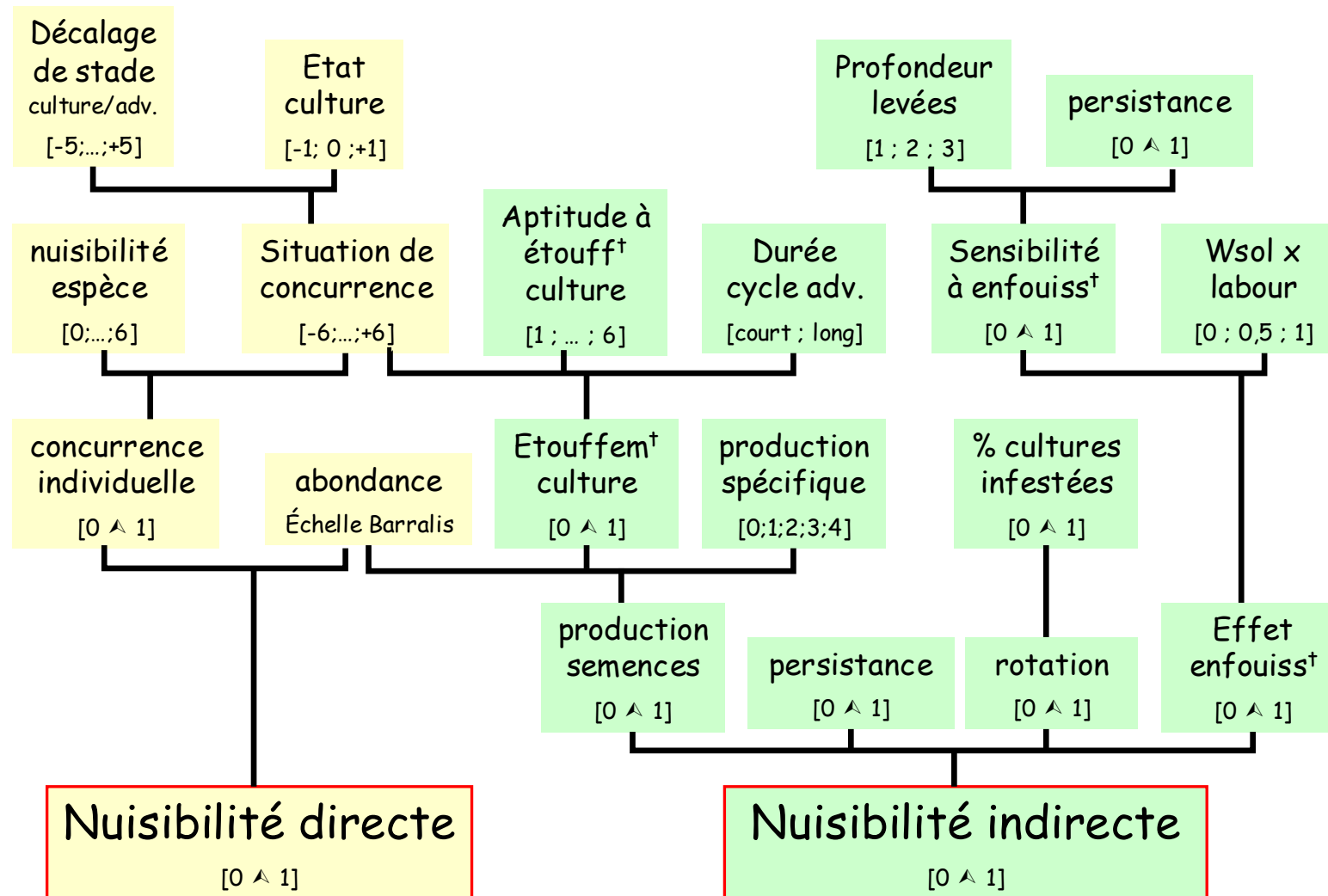
- *concurrence de la culture*
- *fréquence des cultures infestées*
- *herbicides disponibles sur la rotation*



# Protection Intégrée contre les Mauvaises Herbes

## Volet 2 : DECID'Herb

### Structure de l'application



**Volet 2 : DECID'Herb**

**Structure de l'application**

- ✓ **Module 2 : choix multicritère**
  - *efficacité*
  - *coût*
  - *risque environnemental*
  - *risque de sélection de résistance*
  - *organisation du travail*

*+ module de génération de 'programmes' à partir d'actions individuelles*

*→ Génération de combinaisons innovantes (?)*

# DECID'Herb

## Variables d'entrée

The screenshot shows the 'Paramètres du programme' (Program Parameters) window. The interface includes a sidebar with navigation options and a main area for setting various parameters. A calendar grid at the bottom allows for selecting treatment dates across the year.

**Paramètres du programme**

Coût souhaité du désherbage : 50 €/ha

Priorité donnée à l'environnement : importante

% de matière organique : inférieur à 2 %

Pourcentage de cailloux : inférieur à 10 %

Profondeur du sol : superficiel - moyen

Pente : nulle

Texture du sol : sableux - sablo-argileux

Battance :  Non  Oui

Hydromorphie :  Non  Oui

Type de système de culture souhaité :  Protection intégrée  Protection raisonnée

Nombre maximal d'interventions souhaité :  1  2  2-3  3 ou plus

Décades disponibles pour la réalisation des traitements :

	Janvier			Février			Mars			Avril			Mai			Juin		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
oui	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
+/-	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
non	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
	Juillet			Août			Septembre			Octobre			Novembre			Décembre		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
oui	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
+/-	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
non	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

avec le concours Bourgogne Conseil régional


Support technique

# DECID'Herb - Sorties

DECID'Herb - Classement des programmes - Microsoft Internet Explorer

Fichier Edition Affichage Favoris Outils ?

Adresse <http://www.dijon.inra.fr/decidherb/scripts/resultats/resultats.jsp>




**Saisie des Données**

**Visualisation des Résultats**

**Recherche dans la base de données**

**Aide**

avec le concours  


[Support technique](#)

Les meilleurs programmes selon DECID'Herb

N°	Programme herbicide	Matière(s) active(s)	Efficacité	I <sub>phy</sub>	Nombre de passage	Applicabilité	Risque de Résistance	Coût (€/ha)
1	<b>Lexus XPE (Spéléo) 30q/ha</b>	flupyrsulfuron-méthyl(B), metsulfuron-méthyl(B)	<b>8,16</b>	9,00	1	10,00	1,51	31,73
2	<b>Caméo 30q/ha + Lexus Millenium 100q/ha</b>	tribénuron-méthyl(B) + flupyrsulfuron-méthyl(B), thifensulfuron-méthyl(B)	<b>8,16</b>	9,27	1	10,00	1,27	53,14
3	<b>Harmony extra 50q/ha + Lexus Millenium 100q/ha</b>	thifensulfuron-méthyl(B), tribénuron-méthyl(B) + flupyrsulfuron-méthyl(B), thifensulfuron-méthyl(B)	<b>8,16</b>	9,20	1	10,00	1,27	54,00
4	<b>Caméo 30q/ha + Lexus Class 60q/ha</b>	tribénuron-méthyl(B) + carfentrazone-éthyl(B), flupyrsulfuron-méthyl(B)	<b>7,99</b>	9,29	1	10,00	1,27	59,91
5	<b>Harmony extra 50q/ha + Lexus Class 60q/ha</b>	thifensulfuron-méthyl(B), tribénuron-méthyl(B) + carfentrazone-éthyl(B), flupyrsulfuron-méthyl(B)	<b>7,99</b>	9,22	1	10,00	1,27	58,77

I<sub>phy</sub> est un indicateur écotoxicologique développé par l'INRA de Colmar.

**Modifier les paramètres**

Priorité à l'environnement :

Coût souhaité du désherbage :  €/ha

Nombre maximal d'interventions souhaité :

1  2  2-3  3 ou plus

Type de système de culture souhaité :

Protection intégrée  Protection raisonnée

**Valider**

**Modifier les critères**

coût

efficacité

applicabilité (contraintes organisationnelles)

risque écotoxicologique (I<sub>phy</sub>)

risque de sélection de résistance

**Valider**

[Comparer les résultats avec vos programmes habituels](#)