

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
de semis
compétitives

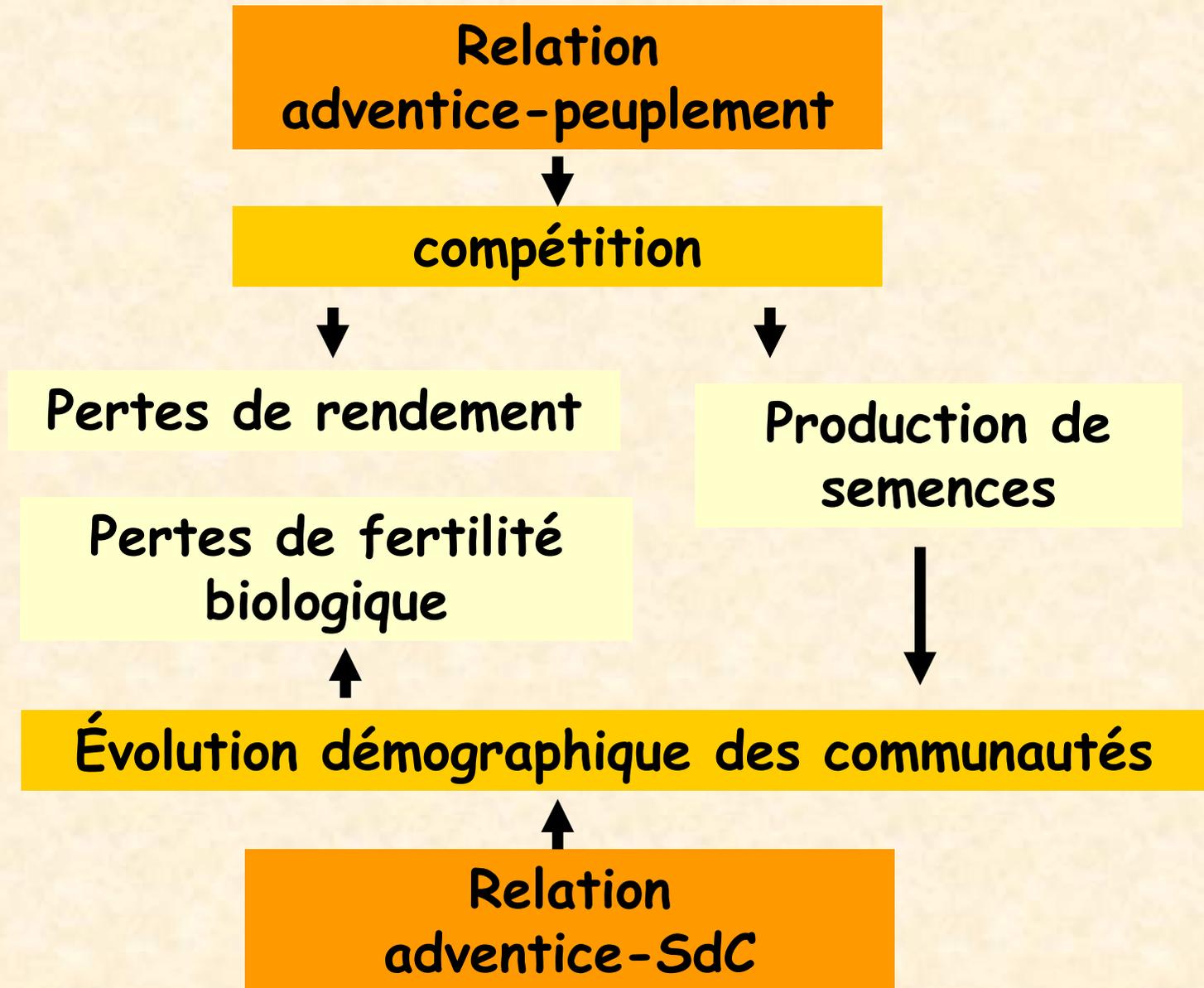
Un système très complexe ...

... 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*

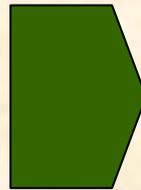
Colbach & Munier-Jolain



Présentation du modèle

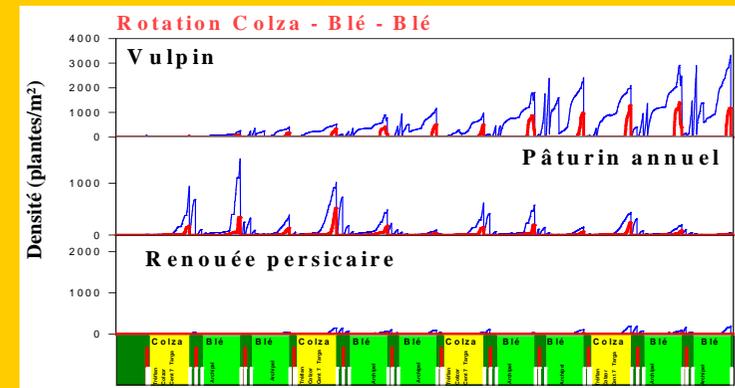
Input

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



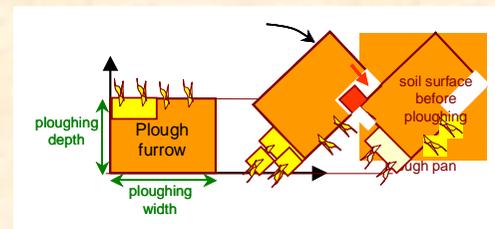
Output

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

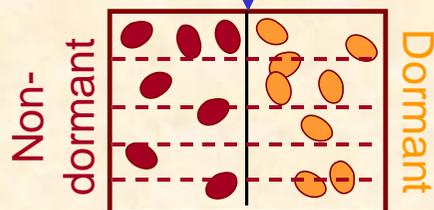


3. *Rendement des cultures*

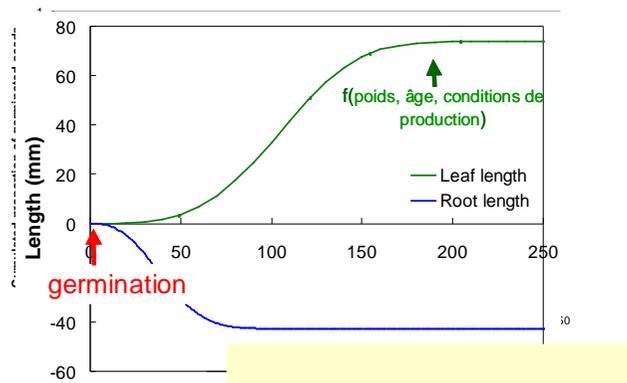
Module 'germination - levée' (Colbach)



Stock semencier



Travail du sol



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

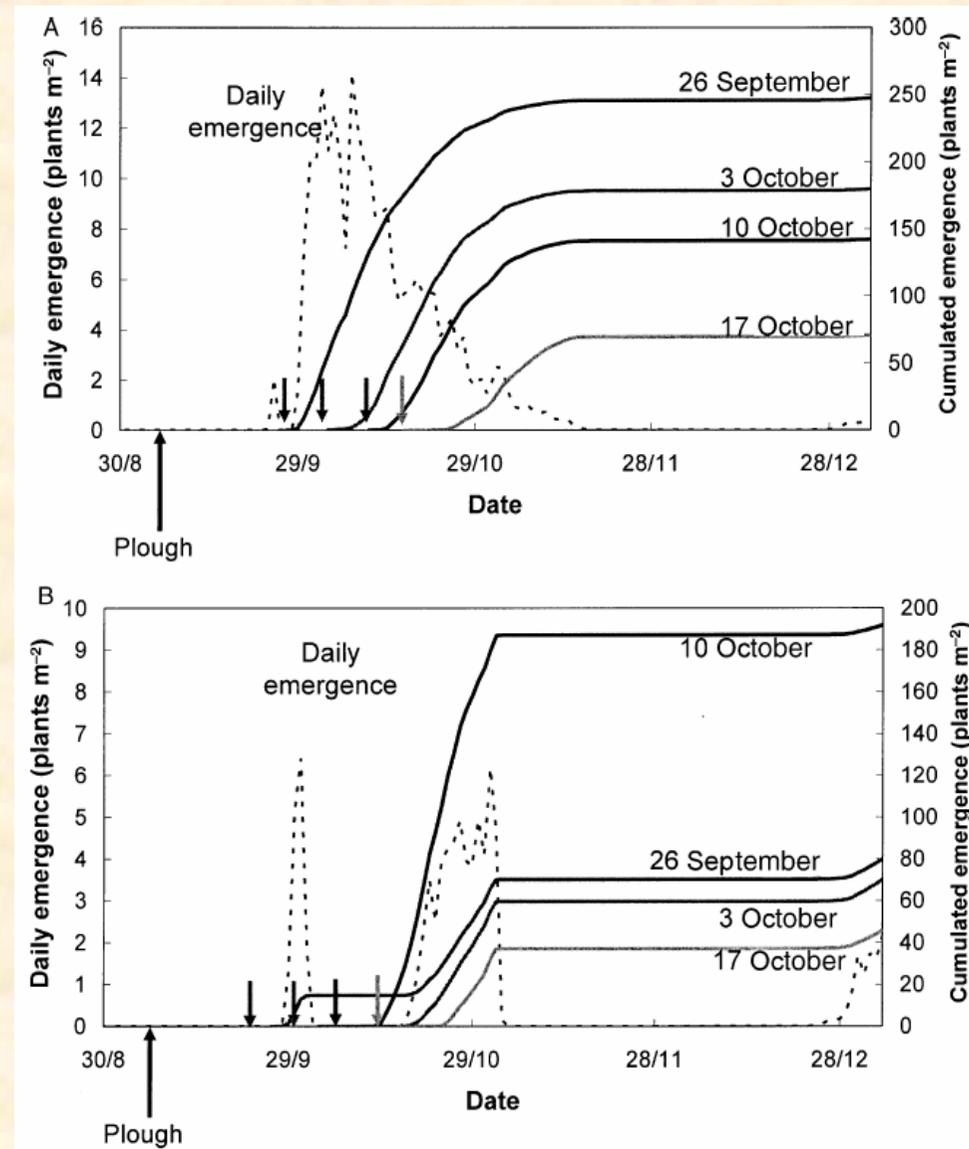
Module 'germination - levée' : simulations

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

1- automne humide

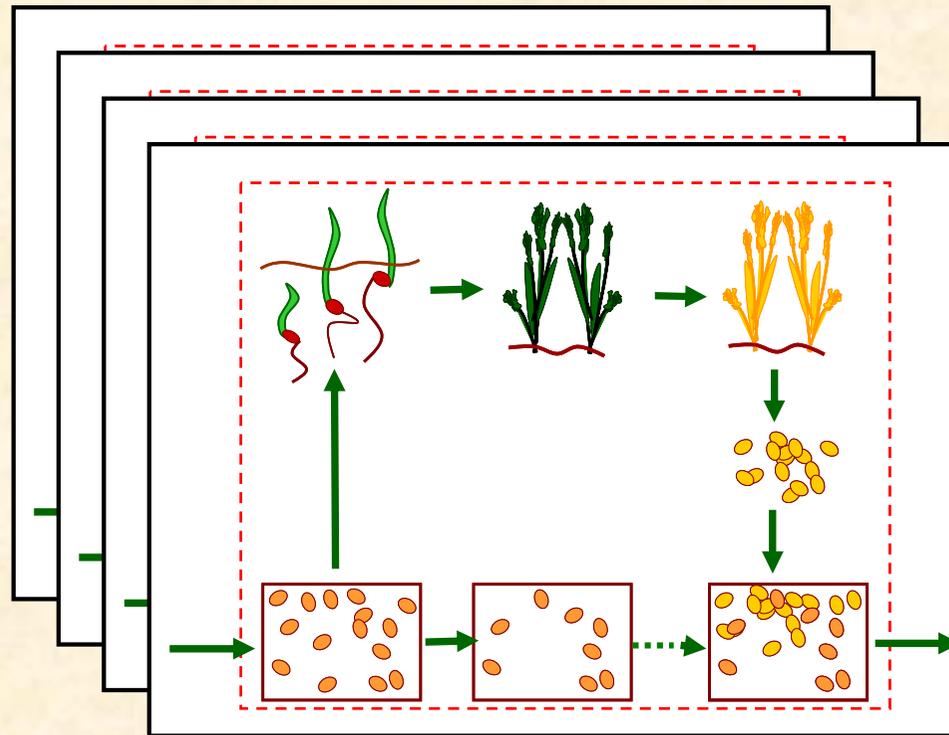
2- automne sec

→ 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 généralité

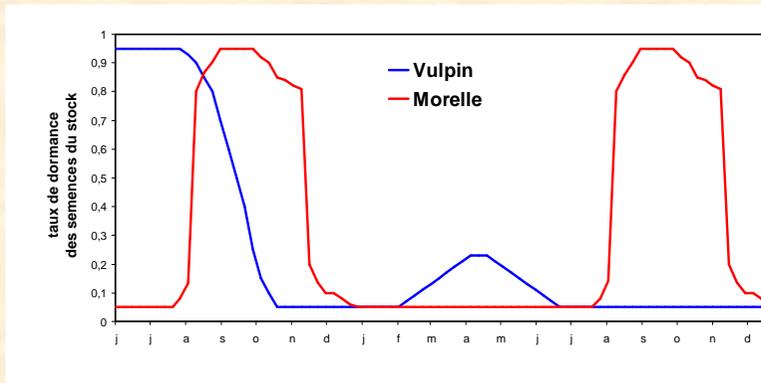
→ utiliser des formalismes génériques

→ ne conserver que des paramètres 'accessibles'

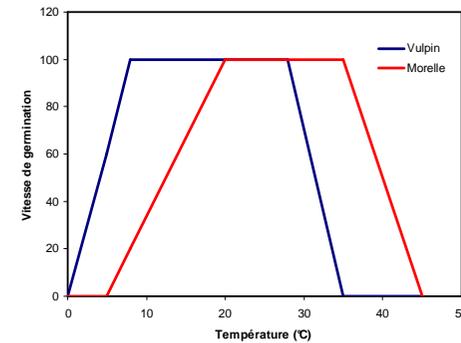
Passage au plurispécifique : FlorSys

Exemple :

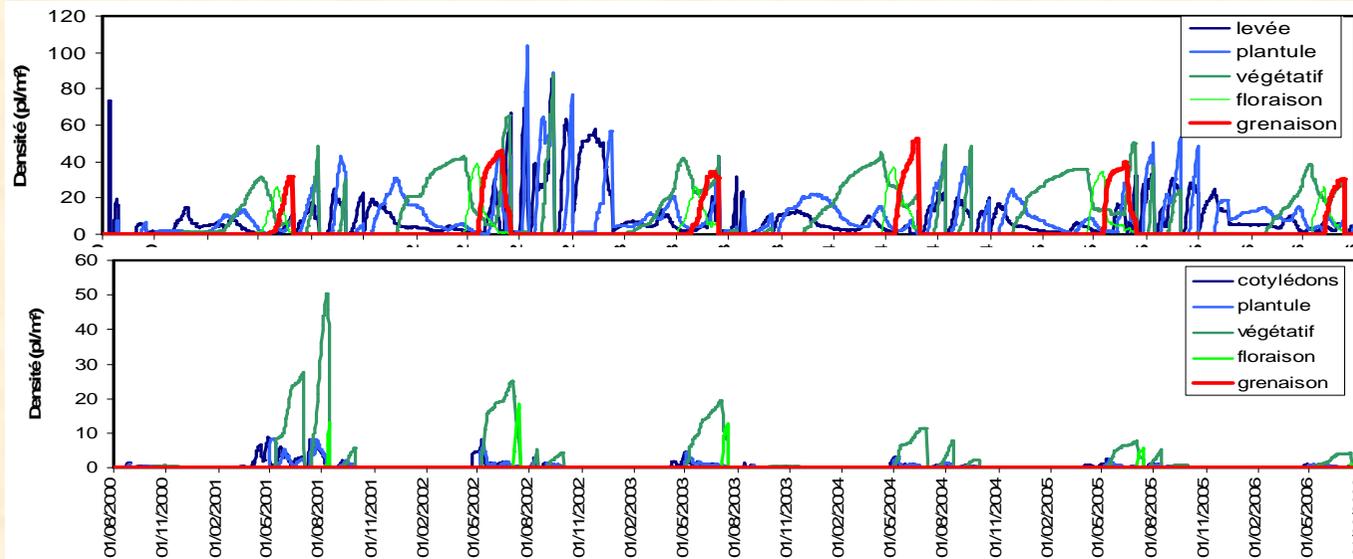
cycles de dormance



température de germination



Vulpin

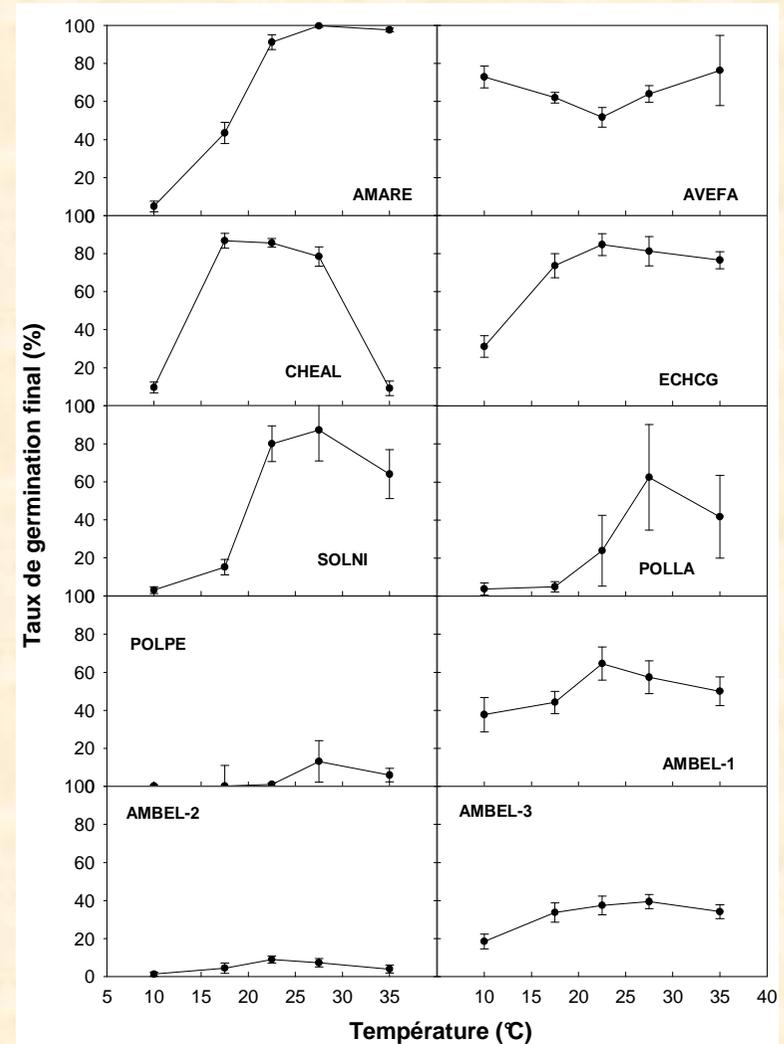
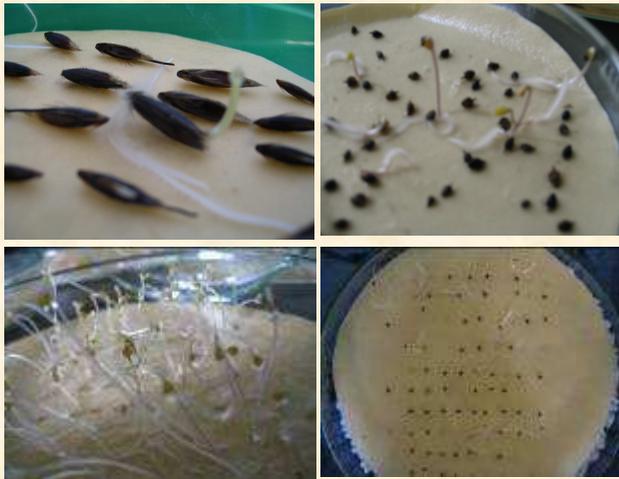
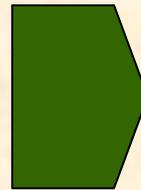


Morelle noire

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

Passage au plurispécifique : FlorSys

1 problème : le paramétrage



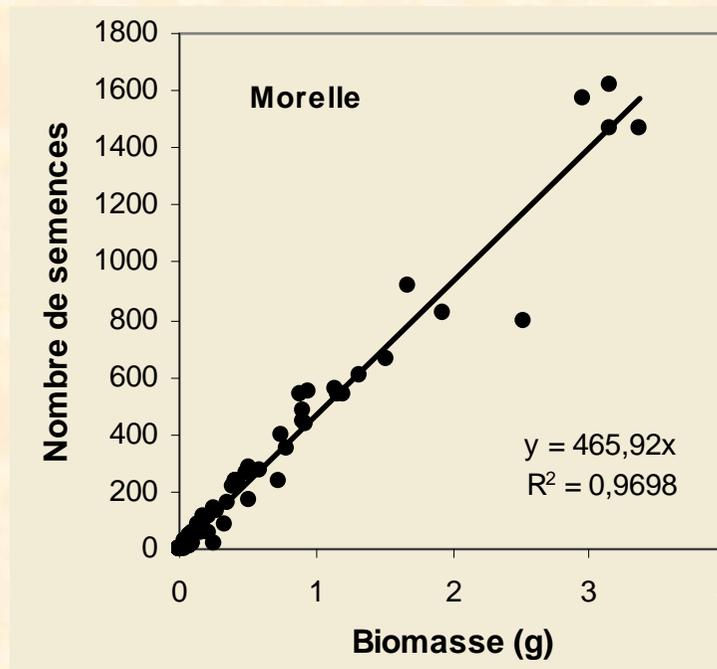
Modélisation de la concurrence

Travaux en cours

1. Approche générique

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

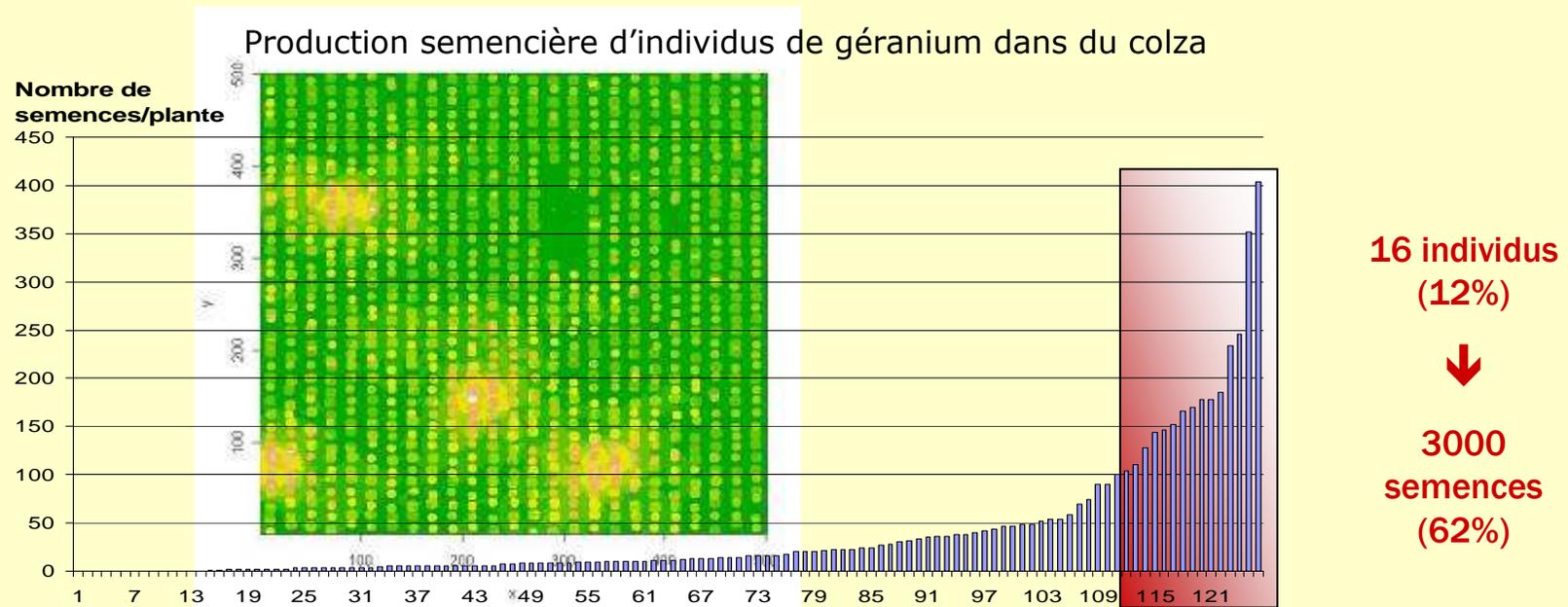
Relation Biomasse - production semencière



Modélisation de la concurrence

Travaux en cours

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

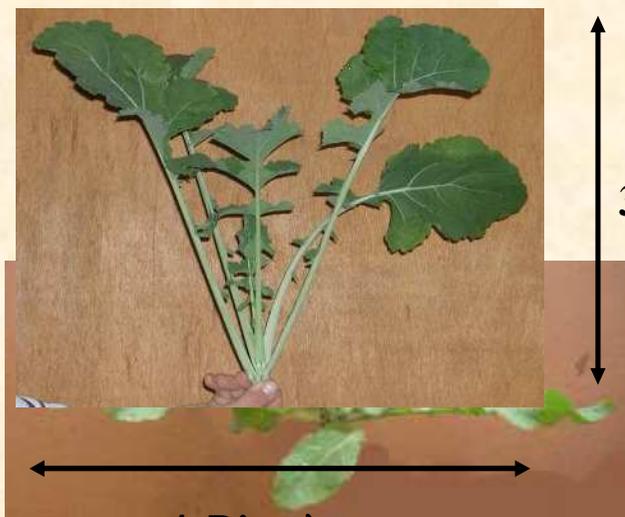


Modélisation de la concurrence

Travaux en cours

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

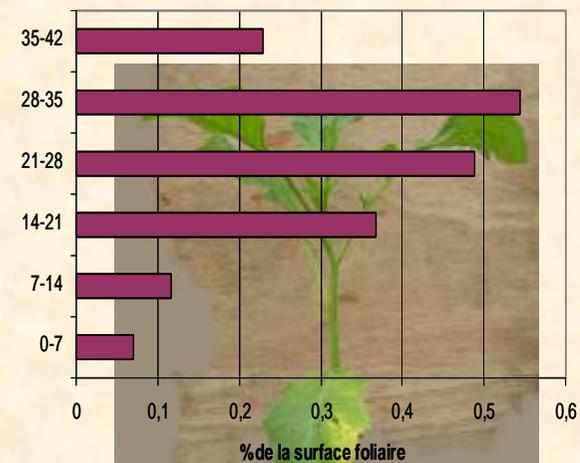
1. Biomasse 2. Surface foliaire *Sinapis arvensis L.*



4. Diamètre

Plante isolée

Profil en cm

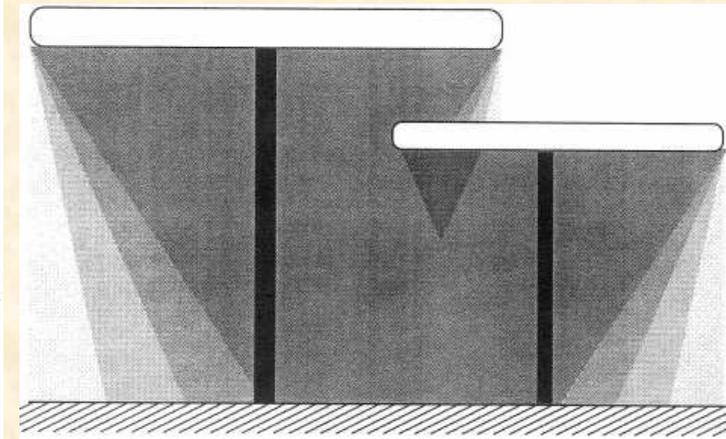
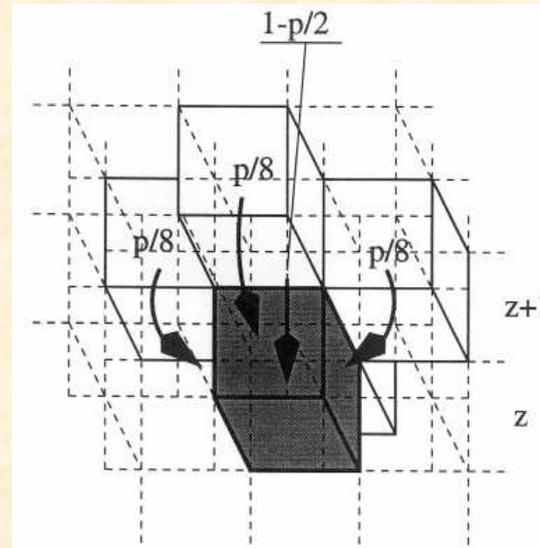
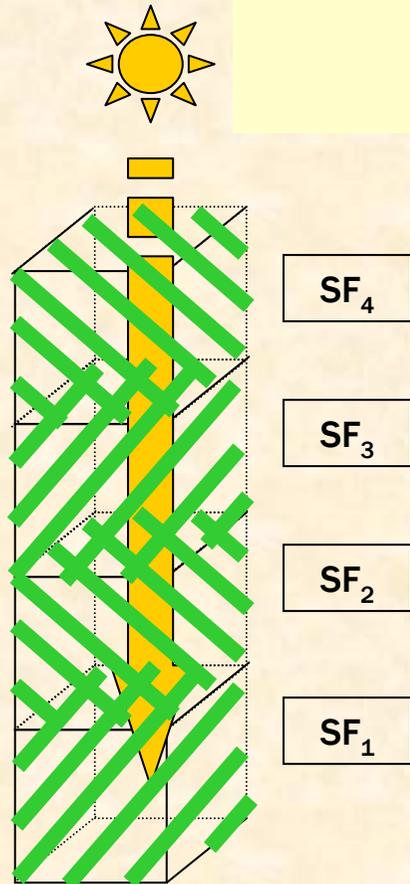


5. Profil de surface foliaire

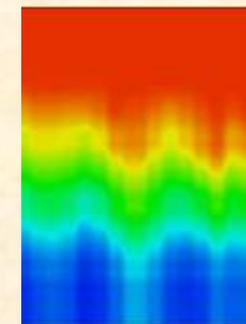
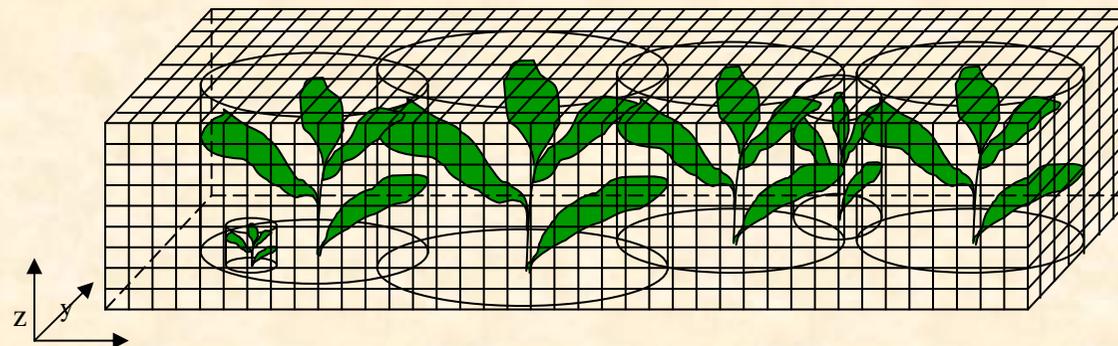
Forte densité de colza

Modélisation de la concurrence

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

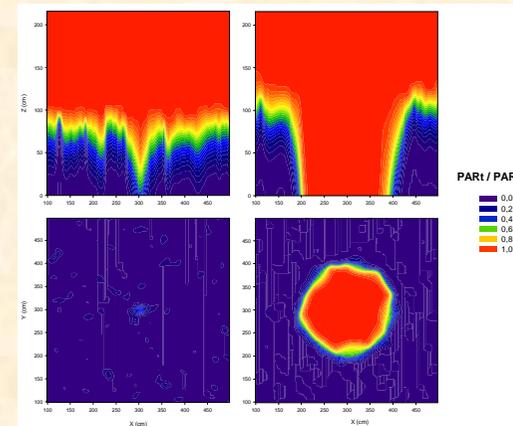
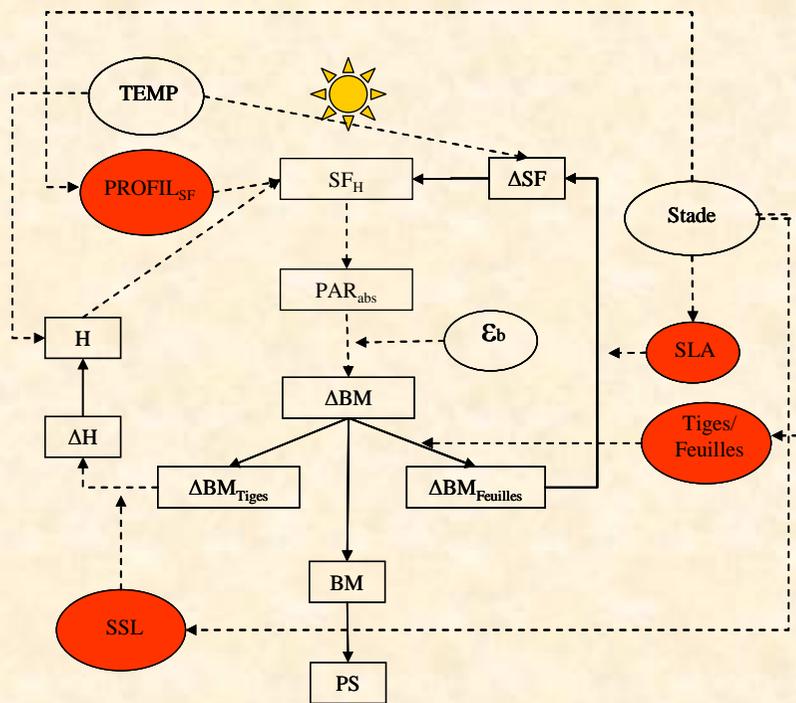


Chave, 1999



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

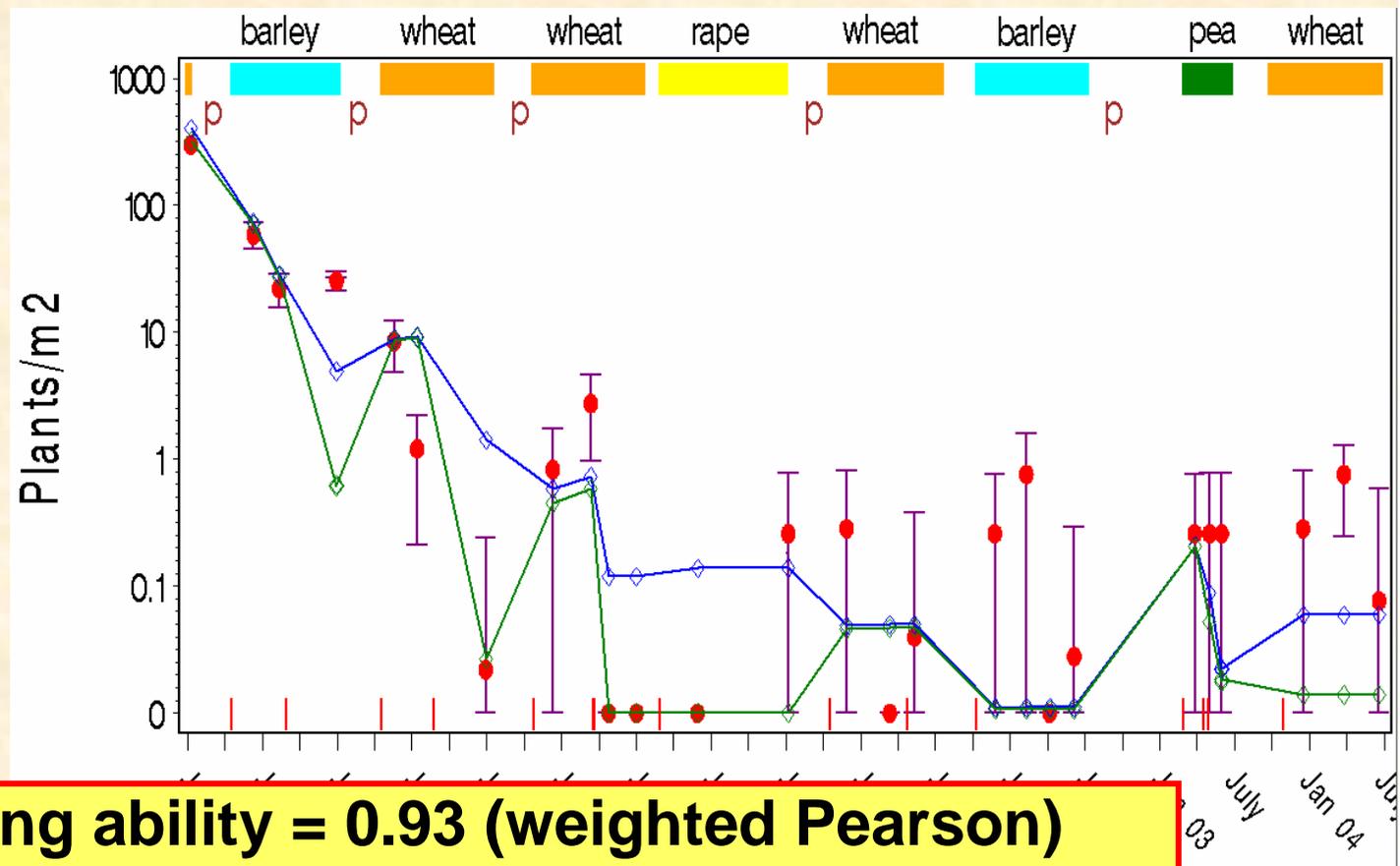
Évaluation du modèle

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)

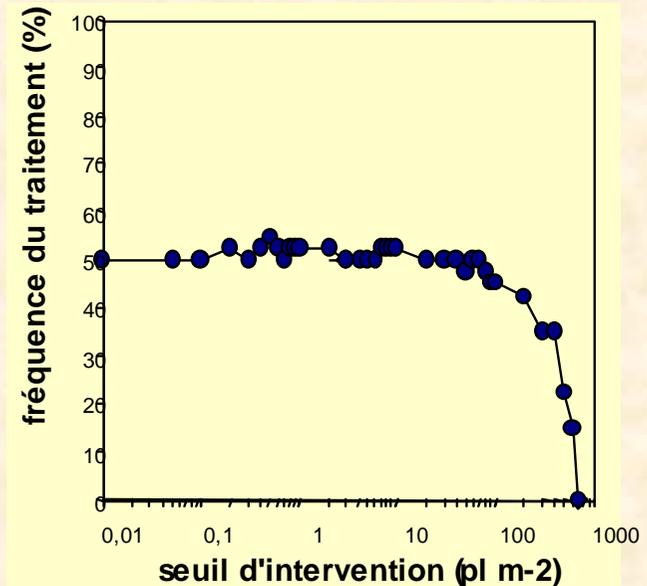
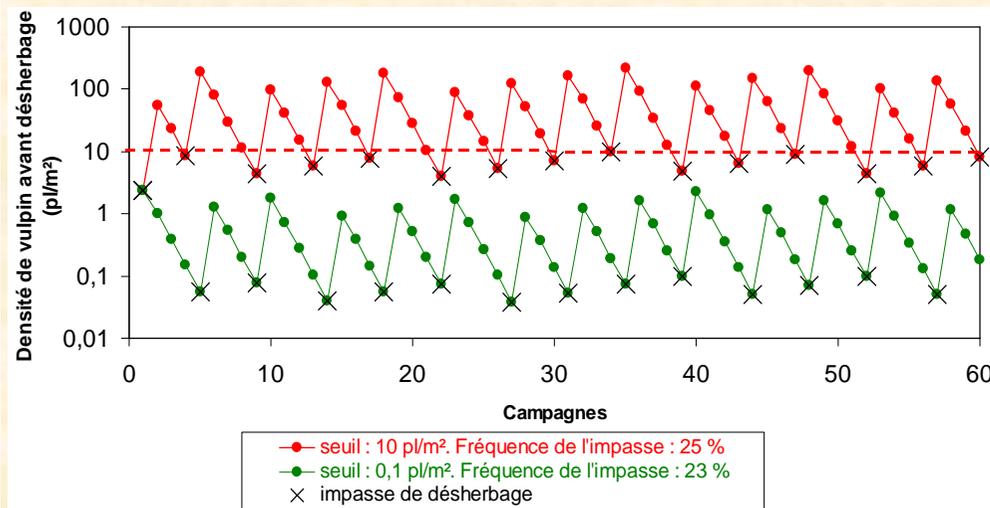
À quoi ça sert ?

- *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'

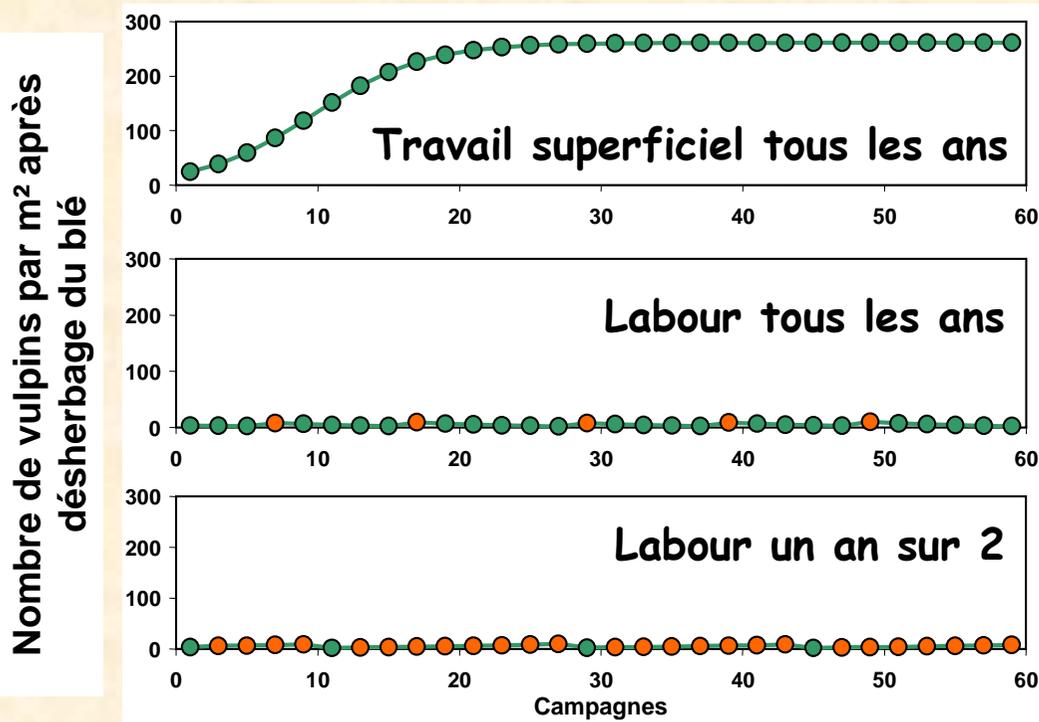


→ Pas de seuil d'intervention optimal

À quoi ça sert ?

- Définir des règles de décision
- Étudier les interactions

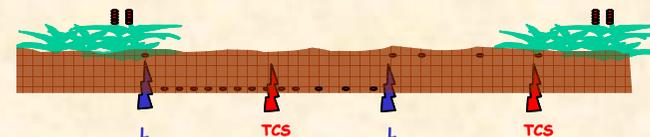
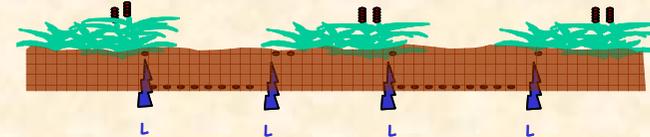
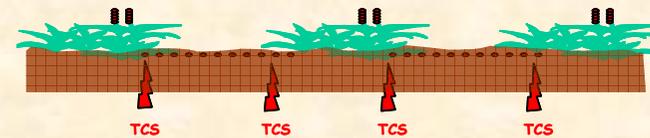
Exemple : interaction rotation x travail du sol
Simulation dans une rotation maïs - blé



● Traitement → 95 % de mortalité

● Impasse

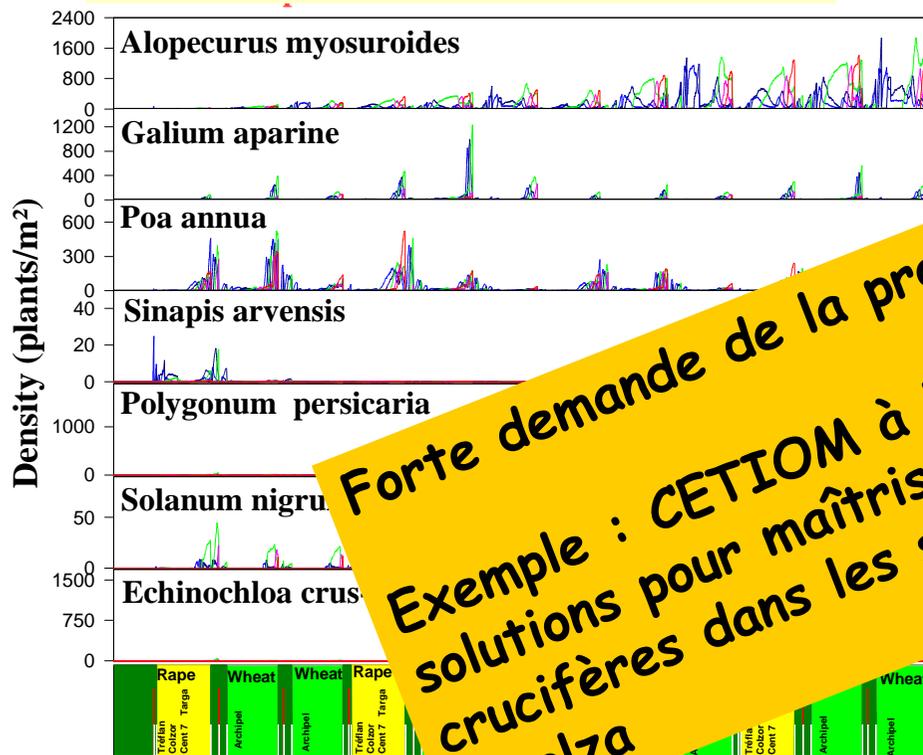
Blé - Maïs - Blé - Maïs - Blé



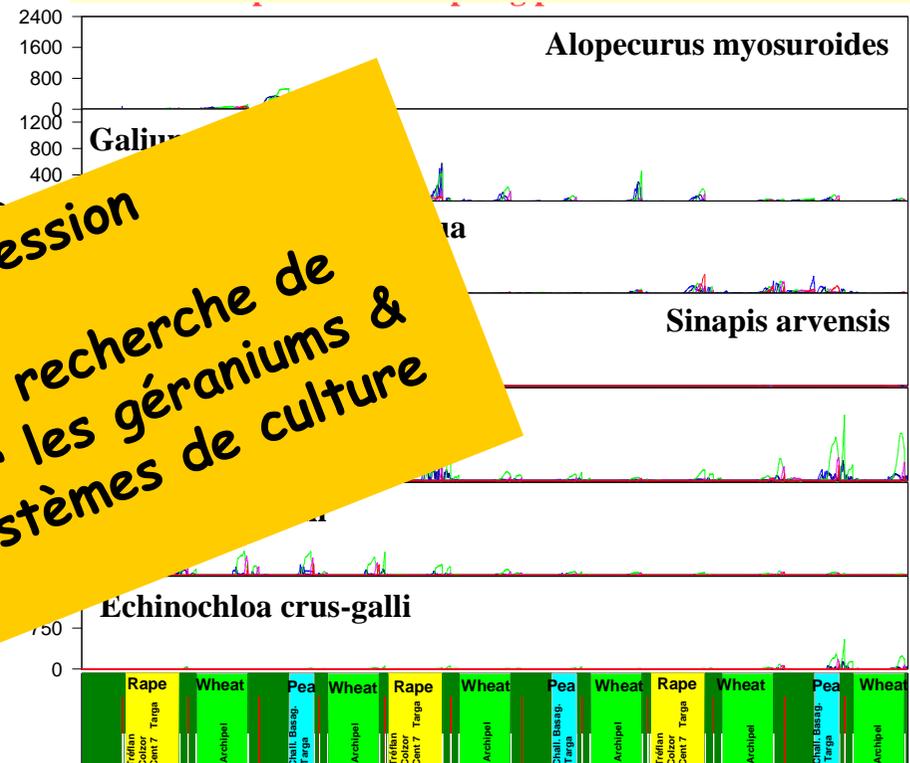
À quoi ça sert ?

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

Rotation Colza - blé - blé



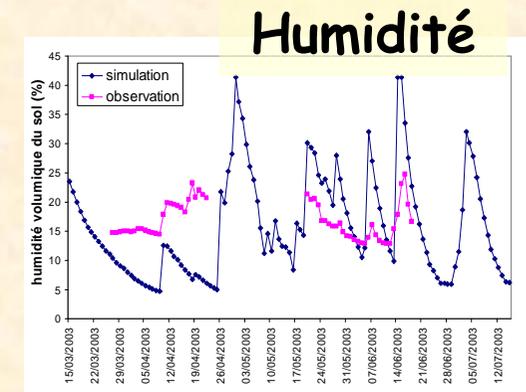
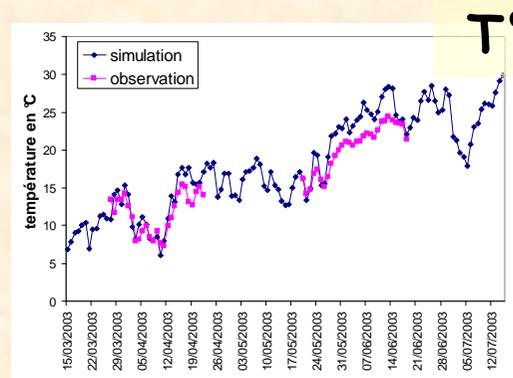
Rotation Colza - blé - Pois de P. - blé



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)

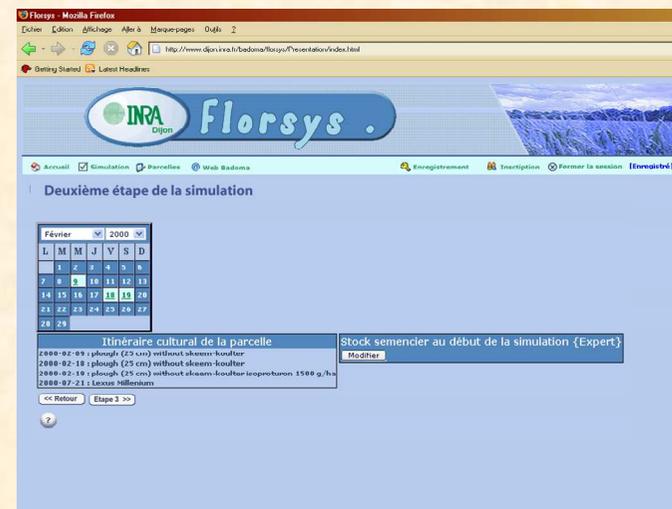


- innovations techniques
- prédation = $f(\text{biodiversité})$
rôle dans la régulation des populations ?



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



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*

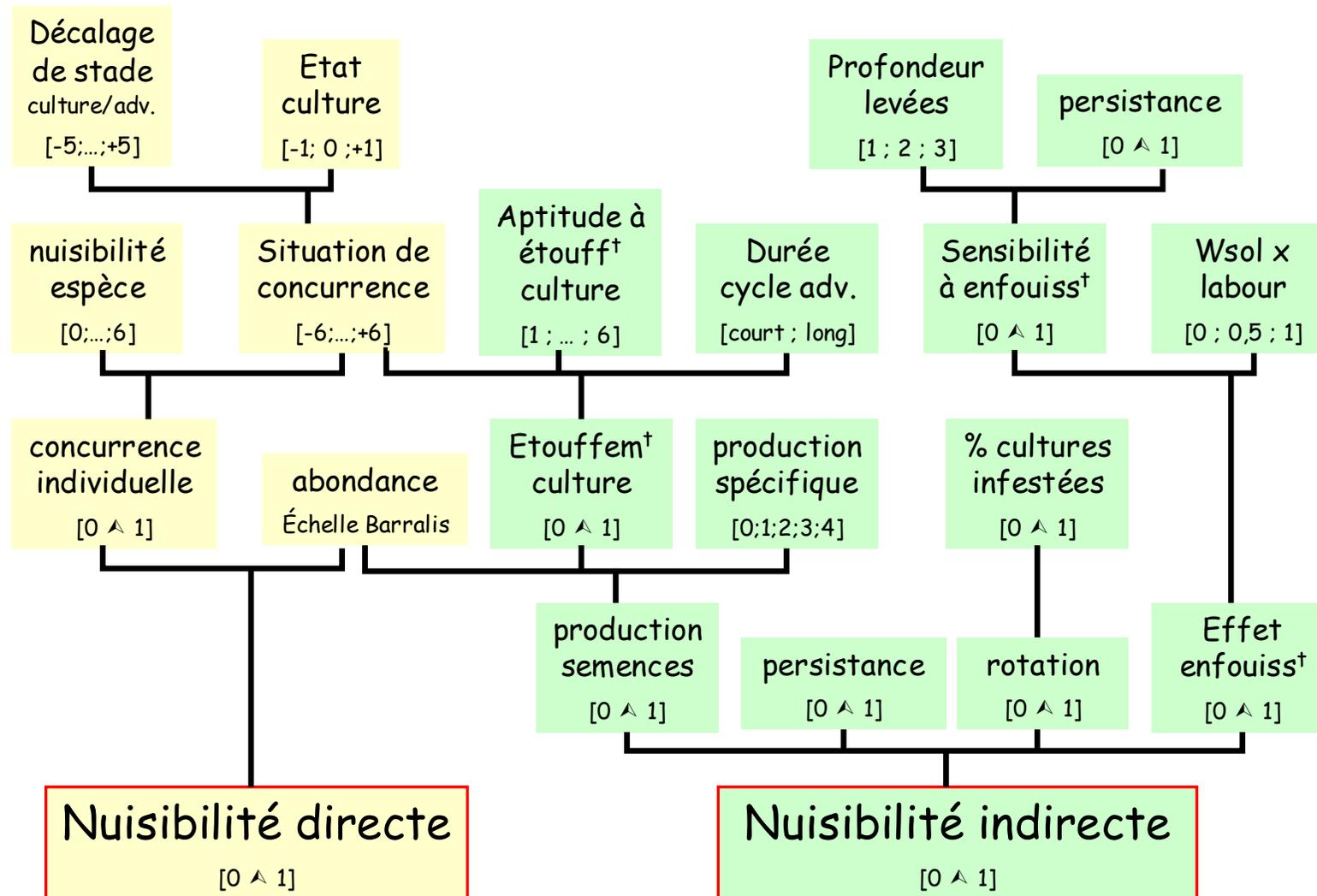
dépend de

- *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

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 type="radio"/> |
| non | <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 type="radio"/> |
| non | <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 _{phy} | Nombre de passage | Applicabilité | Risque de Résistance | Coût (€/ha) |
|----|---|---|-------------|------------------|-------------------|---------------|----------------------|-------------|
| 1 | Lexus XPE (Spéléo) 30q/ha | flupyrsulfuron-méthyl(B), metsulfuron-méthyl(B) | 8,16 | 9,00 | 1 | 10,00 | 1,51 | 31,73 |
| 2 | Caméo 30q/ha + Lexus Millenium 100q/ha | tribénuron-méthyl(B) + flupyrsulfuron-méthyl(B), thifensulfuron-méthyl(B) | 8,16 | 9,27 | 1 | 10,00 | 1,27 | 53,14 |
| 3 | Harmony extra 50q/ha + Lexus Millenium 100q/ha | thifensulfuron-méthyl(B), tribénuron-méthyl(B) + flupyrsulfuron-méthyl(B), thifensulfuron-méthyl(B) | 8,16 | 9,20 | 1 | 10,00 | 1,27 | 54,00 |
| 4 | Caméo 30q/ha + Lexus Class 60q/ha | tribénuron-méthyl(B) + carfentrazone-éthyl(B), flupyrsulfuron-méthyl(B) | 7,99 | 9,29 | 1 | 10,00 | 1,27 | 59,91 |
| 5 | Harmony extra 50q/ha + Lexus Class 60q/ha | thifensulfuron-méthyl(B), tribénuron-méthyl(B) + carfentrazone-éthyl(B), flupyrsulfuron-méthyl(B) | 7,99 | 9,22 | 1 | 10,00 | 1,27 | 58,77 |

I_{phy} 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_{phy})

risque de sélection de résistance

Valider

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