

# **Validation des modèles et outils pour l'agronomie et l'élevage**

## **Utilisation de séries climatiques pour évaluer l'incertitude d'un modèle.**

### **Illustration sur deux exemples.**

Nathalie Colbach (INRA) – David Gouache (Arvalis) –  
François Piraux (Arvalis)



# EXEMPLE 1

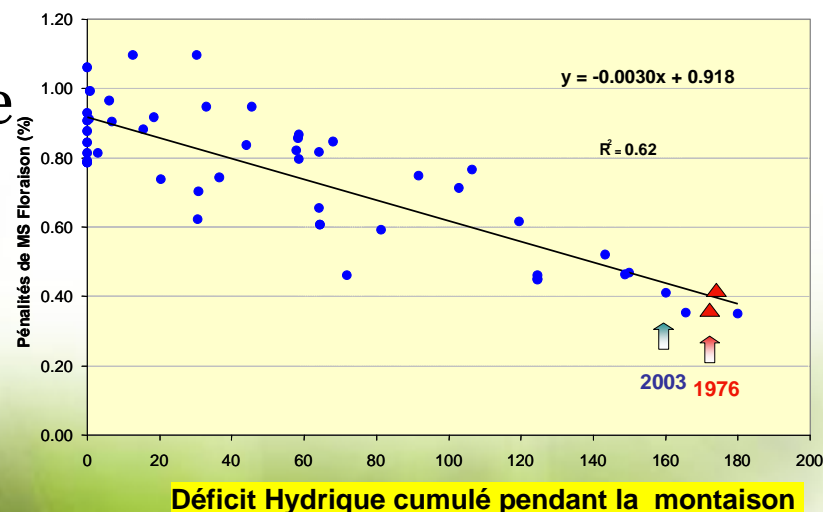
## **Préconisations sur les dates de semis du blé tendre par simulations fréquentielles**

D GOUACHE (ARVALIS – Institut du Végétal, La Minière)

# Exemple historique

- Enjeux de la date de semis : positionner les phases du cycle (et donc de l'élaboration du rendement) de manière à minimiser les impacts négatifs du climat
- Démarche :
  1. expérimentale → identification de variables (voire lois de réponse)
  2. Simulations fréquentielles

Carte 2 : Epoque optimale de semis d'une variété de céréales de précocité type Soissons



# Contexte

- Changement climatique : les risques climatiques ayant évolué, est-ce que les préconisations de date de semis doivent être modifiées ?
- Grenelle : semis tardifs = moins de pression de bioagresseurs (septoriose, piétin verse, adventices, pucerons,...) MAIS diminuent le potentiel de rendement : quels enjeux région par région ?

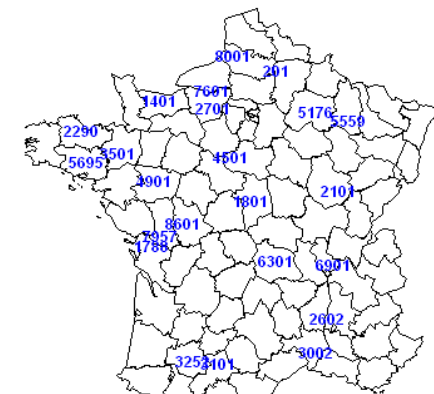


# Méthodologie : simulations

- Calage du cycle
- Bioagresseur = septoriose
  - Si date 1er traitement > date stade BBCH39 on a évité un traitement
- Plan de simulation : 4 précocités, 3 niveaux de réserve du sol, 9 dates de semis (sept à nov), 2 périodes de 20 ans

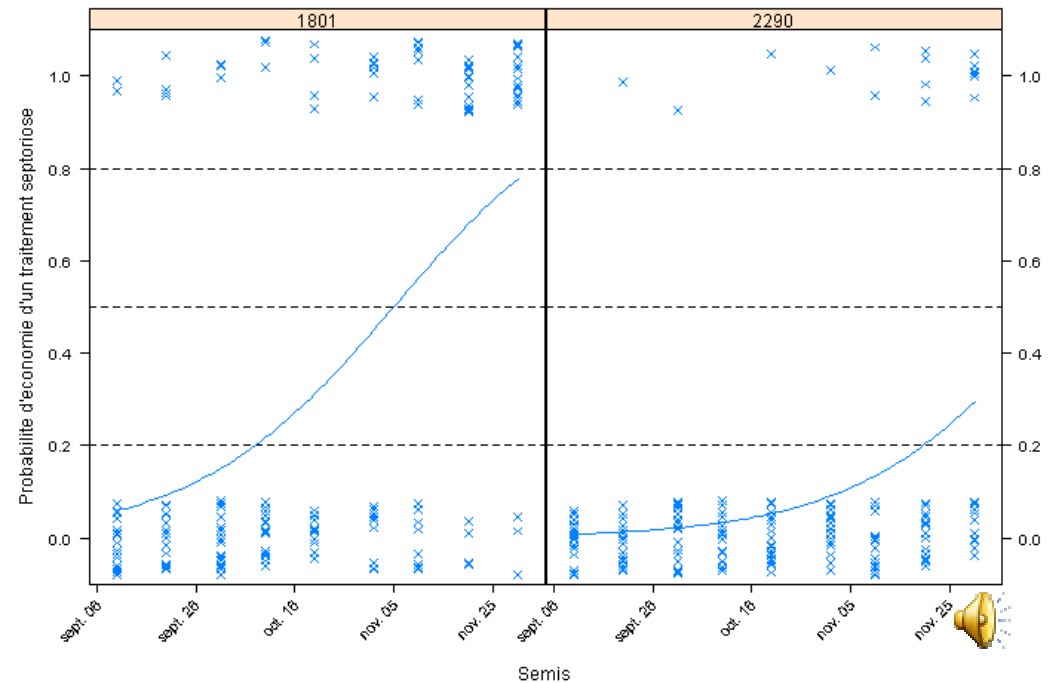
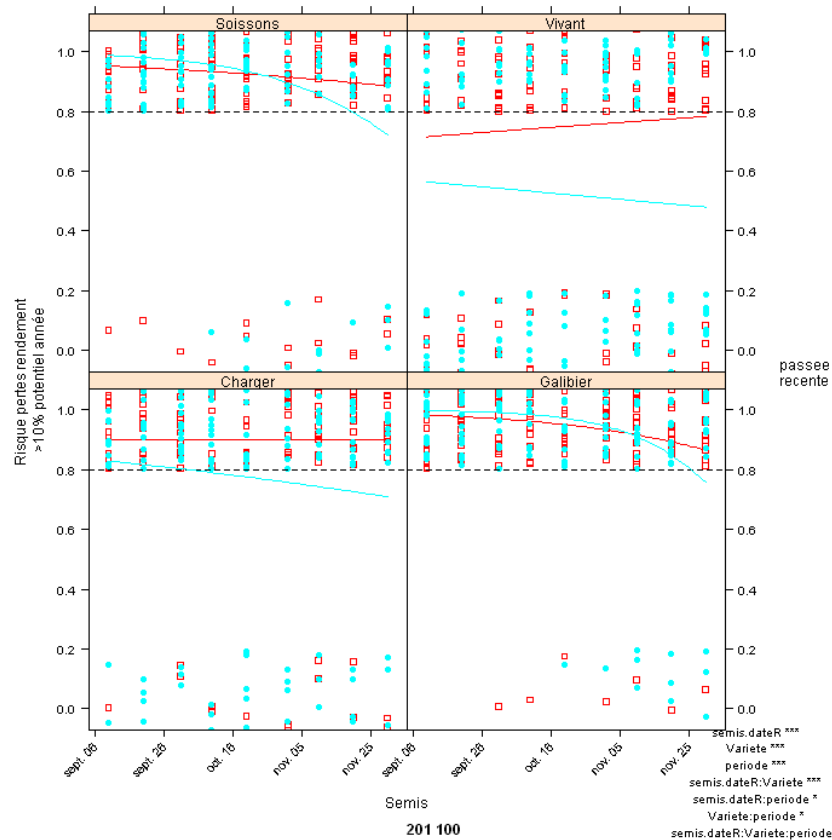
Risque climatique	Critère utilisé
Gel d'épis	On n'accepte pas d'occurrence du risque plus de 2 années sur 10
Sécheresse en cours de montaison	Regroupement en pertes de rendement : on n'accepte pas de perdre plus de 10% du potentiel de l'année 2 années sur 10
Sécheresse en cours de remplissage du grain	
Échaudage thermique en cours de remplissage du grain	

Stations meteo utilisees



# Méthodologie : analyse de résultats de simulation

- Analyse par régression logistique de
  - Occurrence de gel d'épis
  - Occurrence de rendements non-satisfaisants
  - Occurrence d'économie d'un traitement fongicide



# Résultats : tradeoff rendement - septoriose



ARVALIS  
Institut du végétal



Secteur	Économie de T1 (/10)			Semis les plus tardifs en terme de potentiel	Bilan
	2	5	8		
Bordure maritime Nord :	mi Nov	–	–	fin Nov	Possibilité de limiter les interventions systématiques pour les semis de la 2 <sup>ème</sup> moitié de Novembre
Nord-Ouest hors bordure maritime	mi Oct	fin Oct – début Nov	mi Nov	fin Nov	Possibilités d'économies significatives, pouvant aller jusqu'à une refonte du programme pour la 2 <sup>ème</sup> moitié de Novembre
Centre, Berry, Bourgogne, Sud Bretagne	début Oct	fin Oct		mi Oct	Les semis de Septembre impliquent une intervention systématique pouvant être évitée avec des semis de début Octobre
Nord-Est	fin Sept	fin Oct	mi Nov	mi Oct	Les semis de Septembre impliquent une intervention systématique pouvant être évitée avec des semis de début Octobre
Poitou- Charentes	début Nov	–	–	mi à fin Oct	Pas de réduction de pression possible sans pertes de rendement significatives



# Questionnements

- Validité des méthodes statistiques classiques sur des résultats de simulation ?
- Régression logistique intéressante pour modéliser l'occurrence d'un risque de manière continue en fonction d'une date de semis car permet de bien positionner des fenêtres de dates remplissant des critères :  
incertitude/intervalle de confiance ?





## EXEMPLE 2

---

# The ALOMYSYS model

---

ALOMYSYS permet d'évaluer l'impact de techniques culturales ou de systèmes de culture sur les différents stades du vulpin et sa dynamique à long terme.

# The ALOMYSYS model: the annual life-cycle

Mortality

Dormancy release

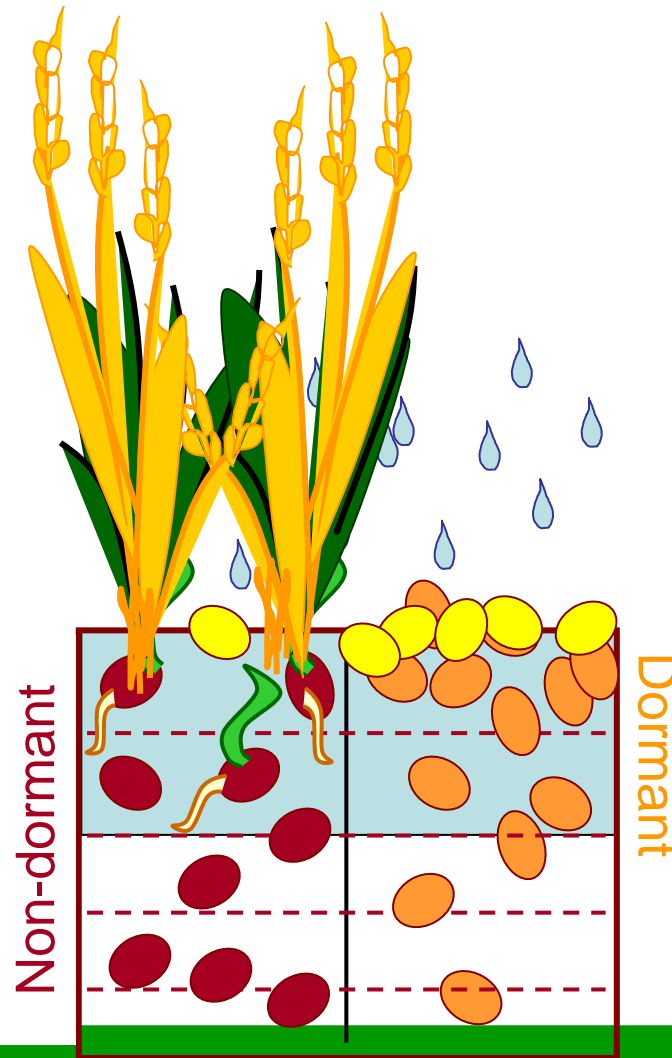
Germination

Pre-emergent growth

Tillering

Maturity of heads

Seed production per plant



Prototype for *Alopecurus myosuroides* Huds.



N. Colbach

ALIMENTATION  
AGRICULTURE  
ENVIRONNEMENT



# The ALOMYSYS model: cropping system effects

Mortality

Dormancy release

Germination

Pre-emergent growth

Tillering

Maturity of heads

Seed production per plant

Seed movements

Soil structure

Plant destruction

Sowing date

Tillage

Mechanical weeding

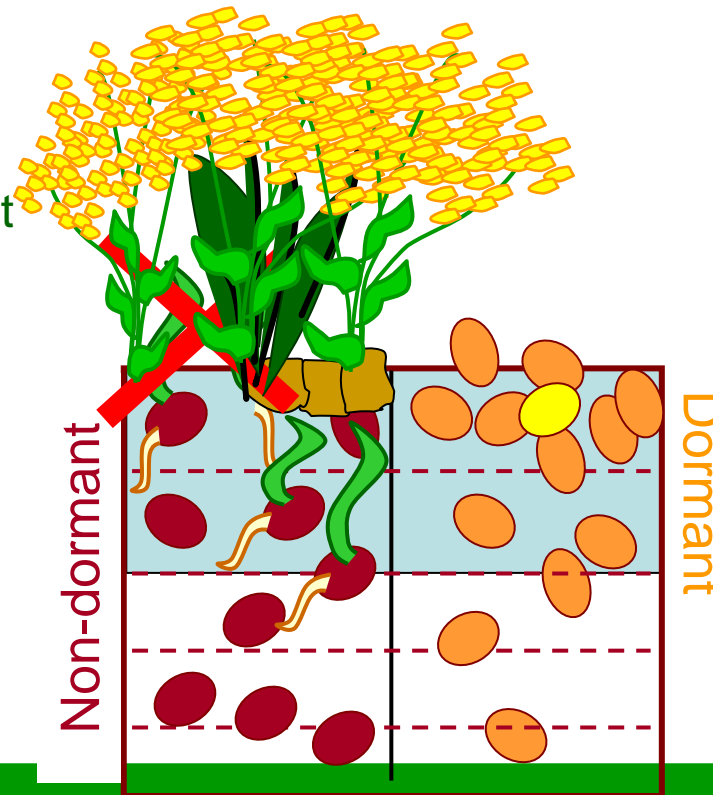
Herbicides

Sowing density

Nitrogen



Crop



Prototype for *Alopecurus myosuroides* Huds.

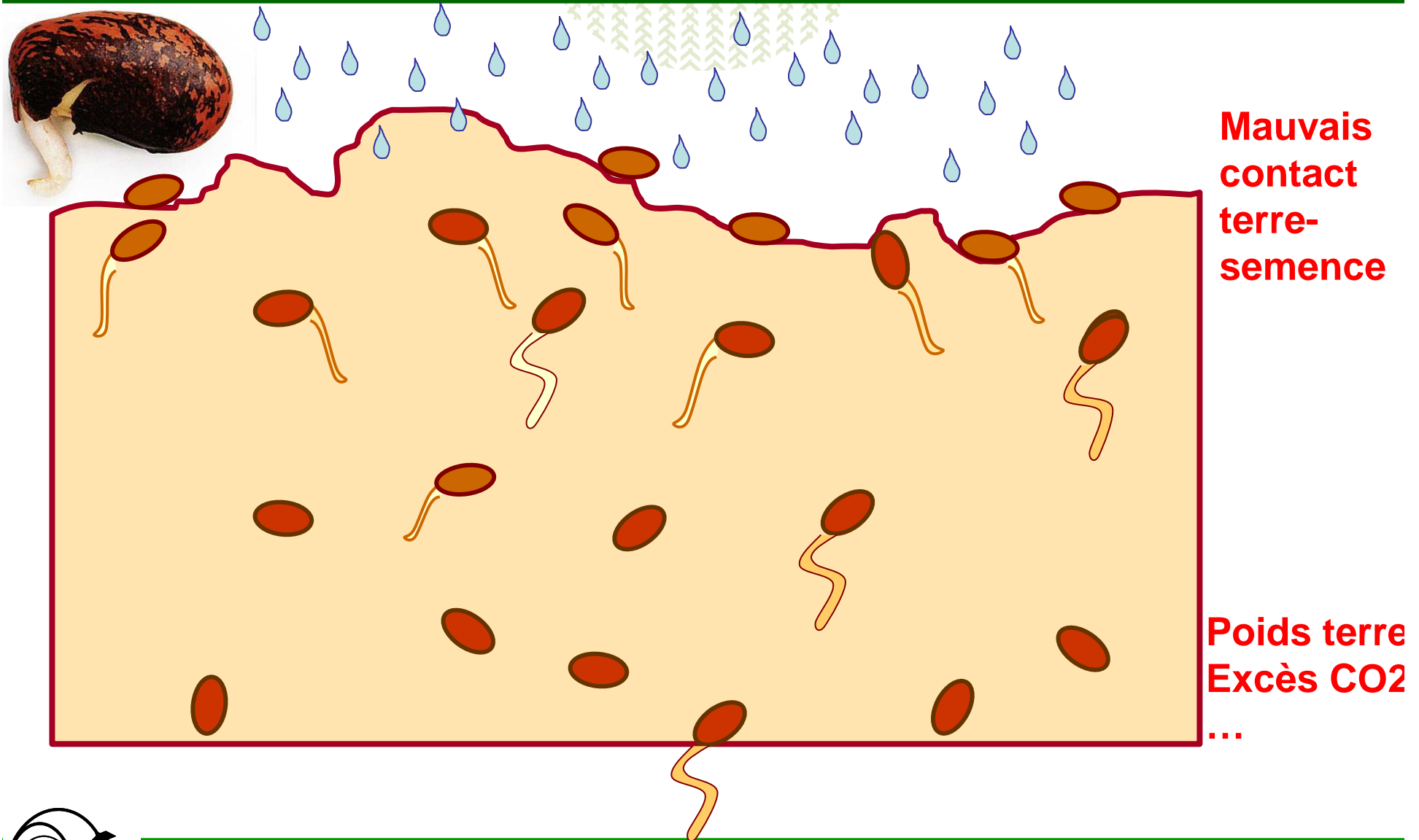


N. Colbach

ALIMENTATION  
AGRICULTURE  
ENVIRONNEMENT



# Profondeur des semences ⇒ germination

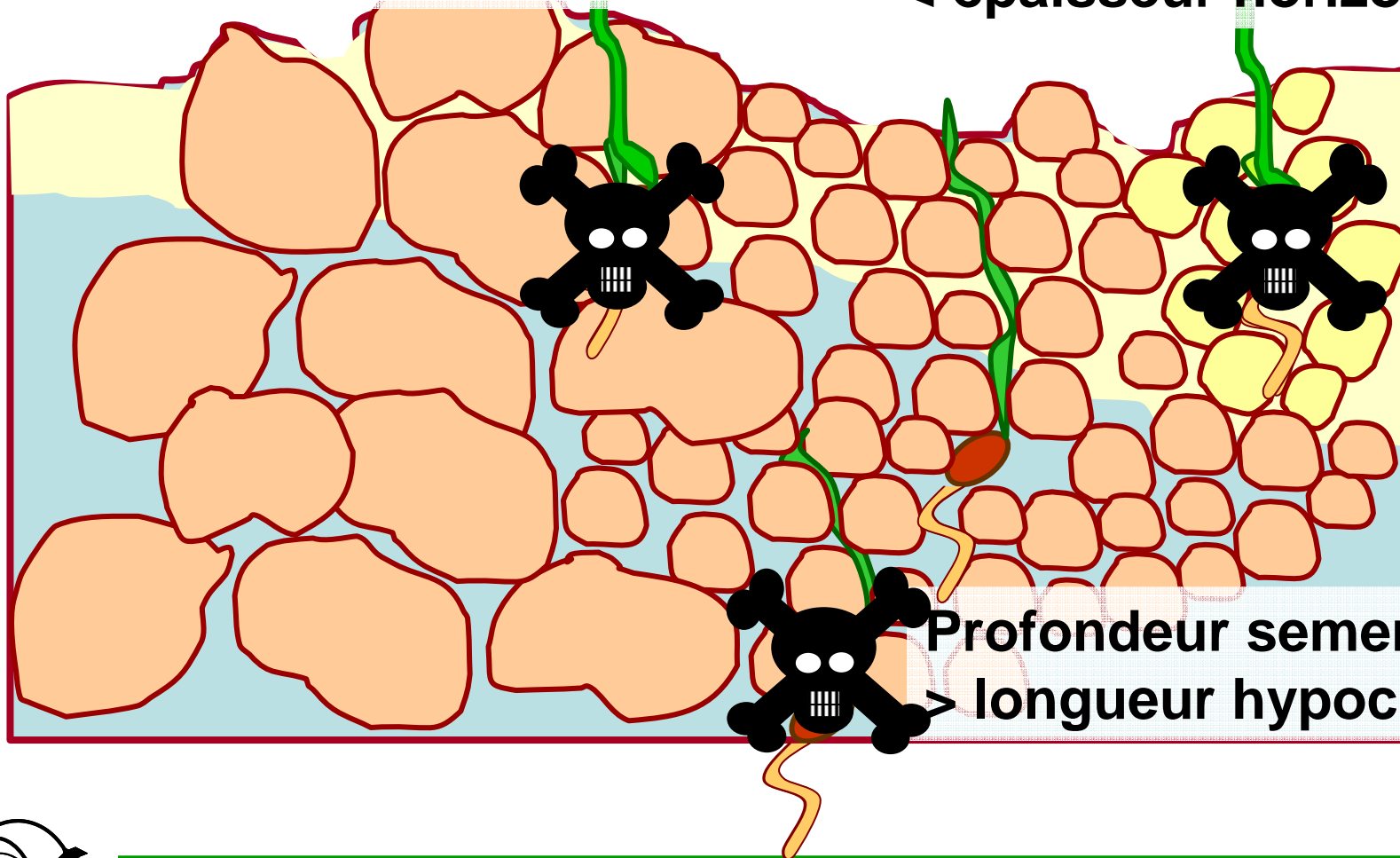


# Profondeur des semences $\Rightarrow$ levée

Basé sur Dürr et al. 2001

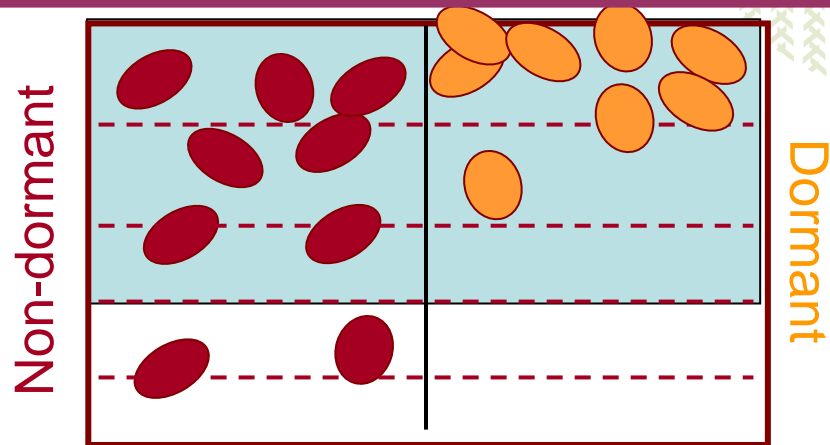
Croissance bloquée  
par motte de terre

Longueur racine  
< épaisseur horizons secs



Profondeur semence  
> longueur hypocotyle

# Travail du sol ⇒ germination des semences

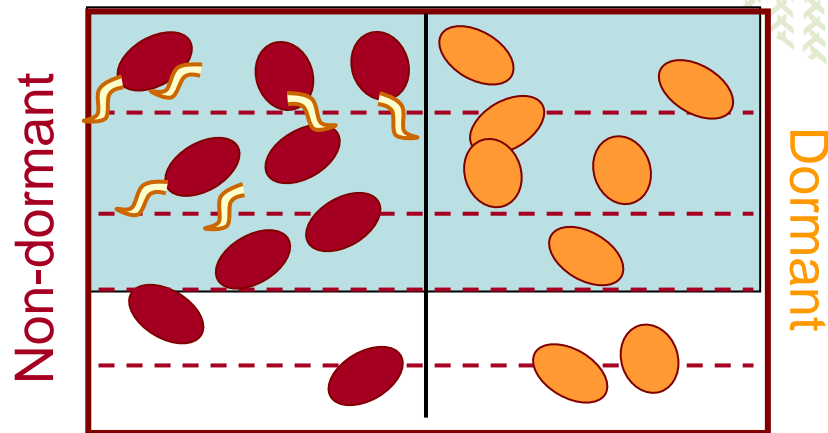


(Colbach et al., 2006a, b)

**Travail du sol en conditions humides**  
- mouvements de semences

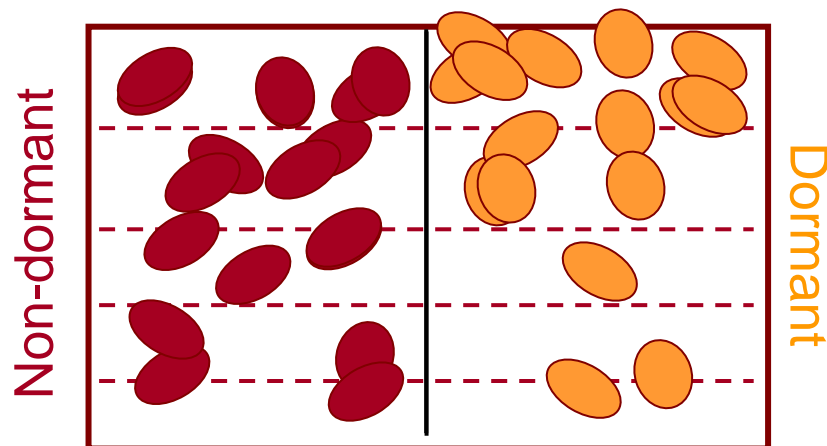
# Travail du sol ⇒ germination des semences

(Colbach et al., 2006a, b)



## Travail du sol en conditions humides

- mouvements de semences
- lève des dormances
- stimule des germinations
- germination ⇄ avec la profondeur

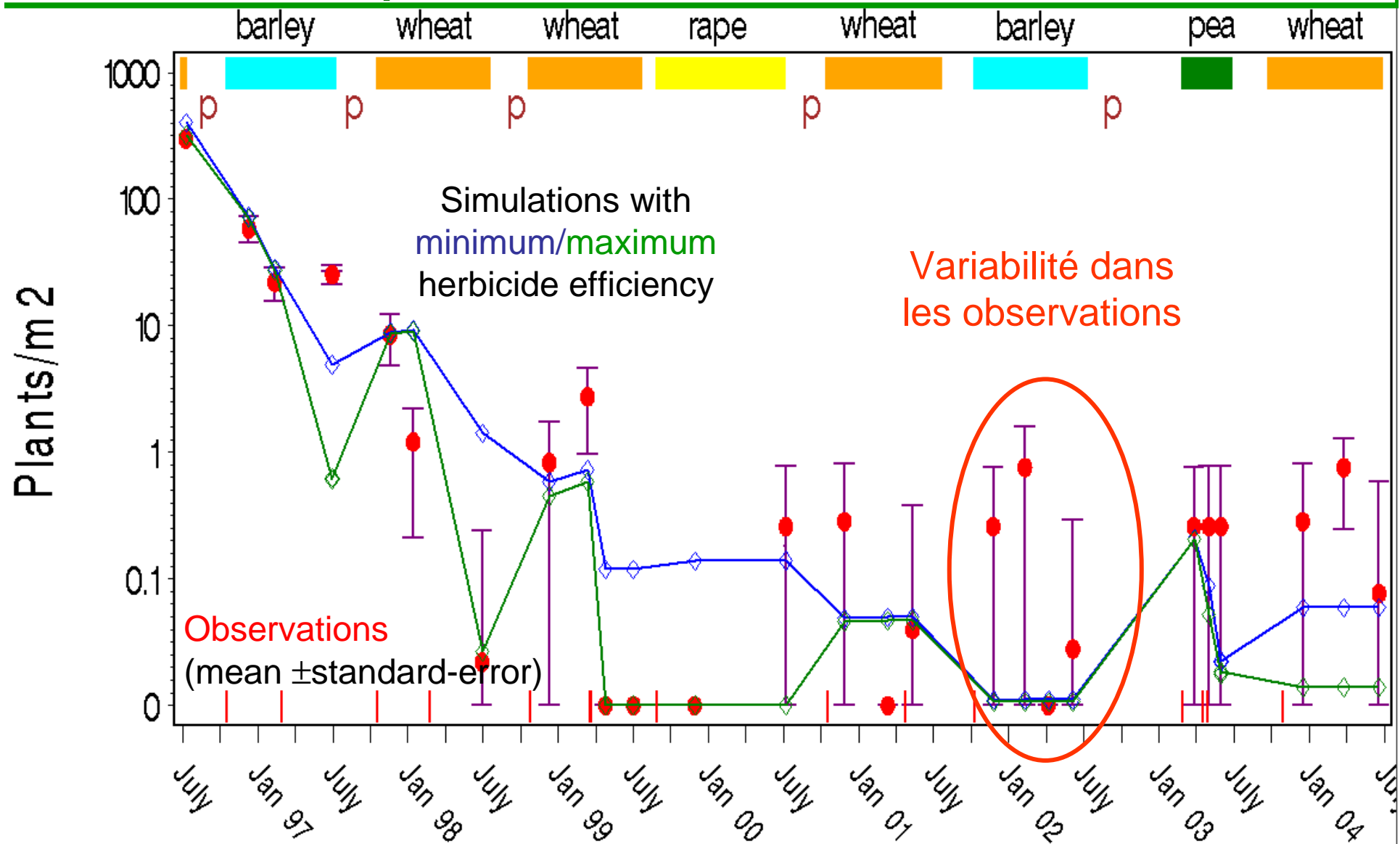


## Travail du sol en conditions sèches

- mouvements de semences seulement

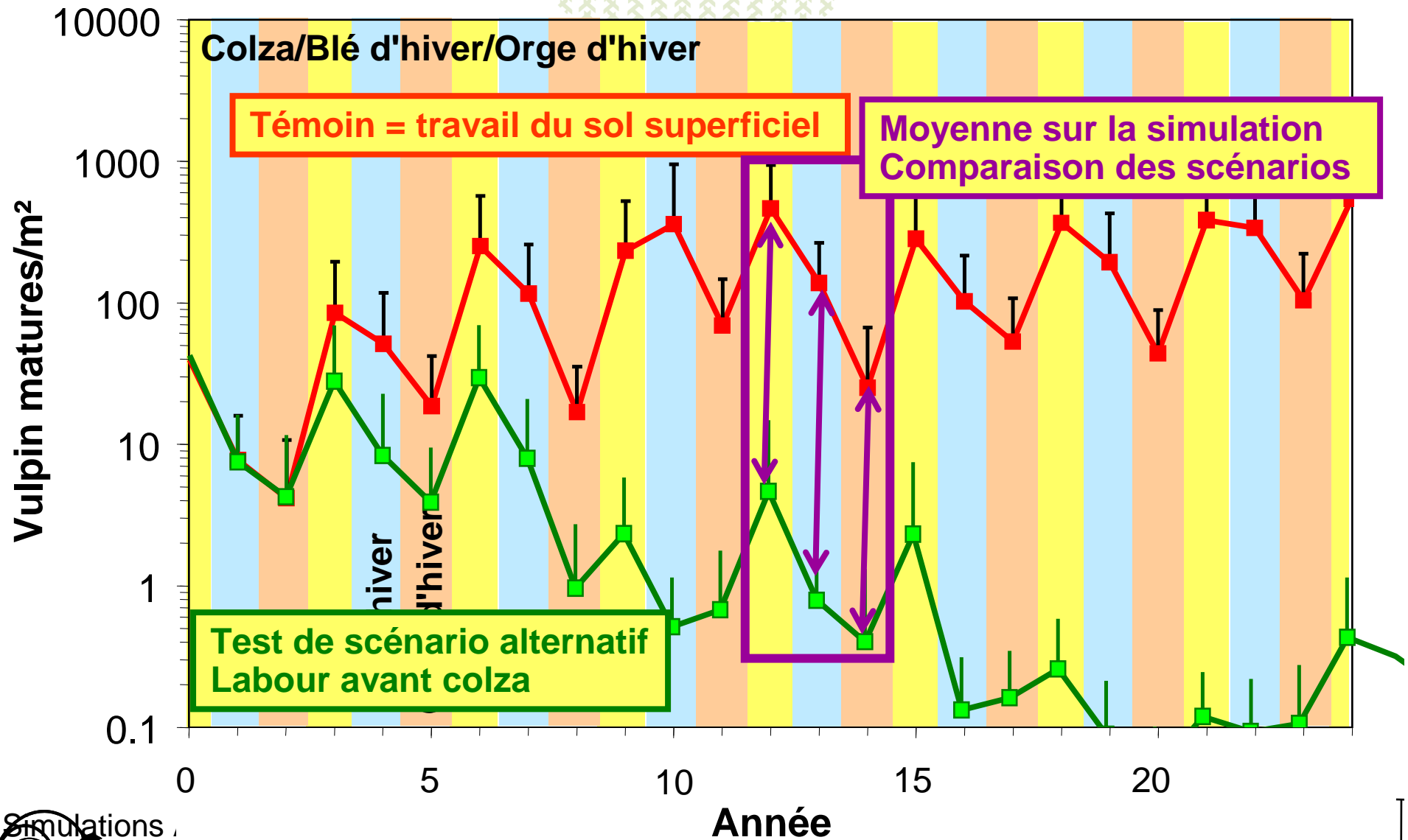


# Évaluation pluri-annuelle



**L'évaluation du modèle a donné des résultats plutôt satisfaisants**

# Test de scénarios prospectifs



## **SIMULATIONS FRÉQUENTIELLES PLURI-ANNUELLES AVEC ALOMYSYS**

- Chaque système de culture est simulé sur plusieurs années avec ALOMYSYS pour évaluer sa dynamique à long-terme du vulpin.
- Une simulation = 10 répétitions.
- Une répétition = un tirage avec remise dans une série climatique (1987 – 2004). Exemple d'une répétition pour une simulation sur 6 années = 2004, 1996, 2001, 2000, 1997, 2001, 1999
- On utilise les mêmes tirages pour les différents systèmes pour réduire le "bruit" lors de la comparaison des systèmes



## Exemple de sortie

système de culture	répétition	année											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
maïs - blé - maïs - blé (labour)	1	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
maïs - blé - maïs - blé (labour)	2	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
maïs - blé - maïs - blé (labour)	3	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
maïs - blé - maïs - blé (labour)	4	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
maïs - blé - maïs - blé (labour)	5	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
maïs - blé - maïs - blé (labour)	6	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
maïs - blé - maïs - blé (labour)	7	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
maïs - blé - maïs - blé (labour)	8	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
maïs - blé - maïs - blé (labour)	9	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
maïs - blé - maïs - blé (labour)	10	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
maïs - blé - maïs - blé (sans labour)	1	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
maïs - blé - maïs - blé (sans labour)	2	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
maïs - blé - maïs - blé (sans labour)	3	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
maïs - blé - maïs - blé (sans labour)	4	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
maïs - blé - maïs - blé (sans labour)	5	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
maïs - blé - maïs - blé (sans labour)	6	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
maïs - blé - maïs - blé (sans labour)	7	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
maïs - blé - maïs - blé (sans labour)	8	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
maïs - blé - maïs - blé (sans labour)	9	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
maïs - blé - maïs - blé (sans labour)	10	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x

x = nombre de vulpin / m<sup>2</sup>



## L'analyse des résultats repose sur un modèle statistique

Scenario	Short-term infestation (mean over rotation, years 1-3)		Medium-term infestation (mean over rotation, years 13-15)		Long-term dynamics (Spearman correlation coefficient, years 13-26)			
	Mature weeds/m <sup>2</sup>		Mature weeds/m <sup>2</sup>		Correlation (mean) <sup>3</sup>	Repetitions where scenario		
	Mean <sup>1</sup>	SE	Mean <sup>1</sup>	SE		>> 0 <sup>4</sup>	<< 0	
Multi1	21 a	2	245 ef	35	-0.14 ns	10%	30%	
Multi2	29 a	3	324 f	41	-0.05 ns	10%	20%	
Multi3	152 b	31	1164 g	100	-0.10 ns	10%	20%	
Multi4	151 b	31	1132 g	100	-0.13 ns	10%	20%	
MultiF1	26 a	3	23 abc	10	0.006 ns	0%	0%	
MultiF1bis	24 a	2	34 abc	10	0.02 ns	0%	0%	
MultiF2	26 a	3	127 bcd	36	0.02 ns	0%	0%	
MultiF3	188 b	38	138 cde	31	0.13 ns	0%	0%	
MultiP1	24 a	2	12 ab	6	0.03 ns	0%	0%	
MultiP2	15 a	2	16 ab	9	0.007 ns	0%	0%	
MultiP3	20 a	2	11 ab	6	-0.03 ns	0%	0%	
MultiP4	13 a	1	6 a	3	-0.01 ns	0%	0%	
TvSupMoy	22 a	4	237 def	67	-0.15	0%	40%	
Tvsup2Max3	19 a	5	21 abc	13	-0.24	0%	40%	
itkTvsupMax	19 a	5	0.5 a	0.3	-0.35	0%	50%	

<sup>1</sup> Means over all repetitions were compared using the linear model  $weed\ density_{ijk} = constant + scenario_j + crop_i + repetition_k + error_{ijk}$  with  $i \in \{1, 2, 3\}$  (initial infestation) or  $\{13, 14, 15\}$  (medium-term infestation) and means followed by the same letter were not significantly different at  $\alpha = 0.05$ .

<sup>3</sup> Spearman correlation coefficient calculated with PROC CORR of SAS between weed density and year for years 13 to 27.

<sup>4</sup> % of repetitions where the Spearman correlation coefficient calculated between weed density and year for each repetition for years 13 to 26 exceeded zero at  $\alpha = 0.05$ .



# EN GUISE DE CONCLUSION

- Les simulations d'un modèle déterministe sur différentes séries climatiques apporte une information très intéressante
- Comment interpréter cette information ?
- Quel peut-on faire dire à une analyse des résultats des simulations basée sur un modèle statistique ? (quelle est sa validité ? Que représente le terme d'erreur ?)
- Comment prendre en compte l'information apportée lors de la phase d'évaluation du modèle ?

