

# L'agronomie à l'échelle parcellaire - la modélisation au service de l'amélioration des systèmes de cultures

*Brisson et al. 2010.*

*Photo : Véry et al, 2006, Venet.*

**N. Beaudoin, F. Ruget, E. Justes**

# Amélioration des systèmes de culture?

- « L'agronomie est une science pour l'action, elle doit fournir des outils de **diagnostic, de prévision, d'aide à la décision**, utilisés par des acteurs dans des conditions sociales, économiques et réglementaires données » (Caneill, 1993)
  - Amélioration **vs** action ??? = plus stratégique, relative à des enjeux de société **vs** objectifs de l'agriculteur.
  - Voies d'amélioration des systèmes de culture (SdC) : expérimentation, prototypage, expertise...
- => Expliciter la place de la **modélisation** en s'appuyant sur **l'apport de Nadine Brisson** avec le modèle **STICS**.



# Les choix stratégiques de STICS

Né de l'AIP ECOSPACE : **Hétérogénéités des milieux cultivés et pollution nitrique agricole.**

« Un **modèle commun (STICS)**...à **différentes cultures**. Il doit intégrer les connaissances des spécialistes et des généralistes de manière à rester **généraliste, robuste, simple, opérationnel, et modulable** » (AG oct 1996).

**=> Modèle déterministe fonctionnel (analogique)** pour décrire les bilans thermiques, radiatifs, d'eau, de C et N, à l'échelle du **cycle cultural et du pédon (grain modélisé)**

# Plusieurs rôles / amélioration de SdC



Au niveau **grain** modélisé:

Synthèse de connaissances **vs** malentendus / spécialistes de modules?

**diagnostic** = comprendre le fonctionnement du système;

**pronostic** = prévoir l'impact de modifications

**d'aide** à la décision dans des systèmes complexes

Au niveau de **grain supérieur**.

**cognitif** par test d'hypothèse après intégration spatio-temporelle ou en plate forme

**structurant** le dialogue interdisciplinaire et entre acteurs

# diagnostic

Why are wheat yields stagnating in Europe? A comprehensive data analysis for France

*Brisson et al. 2010.*

Estimation climatic penalty of wheat yield by modeling.

locations	Estimation of the climatic penalty of wheat yield (t ha <sup>-1</sup> yr <sup>-1</sup> ) between the two periods statistically defined (year of change of slope)	
	PANORAMIX	STICS
Amiens	-0.008 (1983)	-0.074 (1998)
Bourges	-0.039 (1993)	0.000 (1997)
Dijon	-0.107 (1993)	-0.038 (1999)
Rennes	-0.002 (1993)	-0.001 (1992)
Toulouse	-0.022 (1980)	0.000 (1982)
Nîmes	-0.078 (1988)	-0.016 (1984)
Mean (std)	-0.043 (0.042)	-0.021 (0.030)

Application à des problématiques finalisées, confrontation de modèles

# pronostic

## variabilité spatiale intra-parcellaire du rendement (*Nicoullaud et al., 2005*)

A partir de la variabilité spatiale du système, caractérisée à un moment donné, on peut prévoir grâce au modèle, la variabilité finale du système.

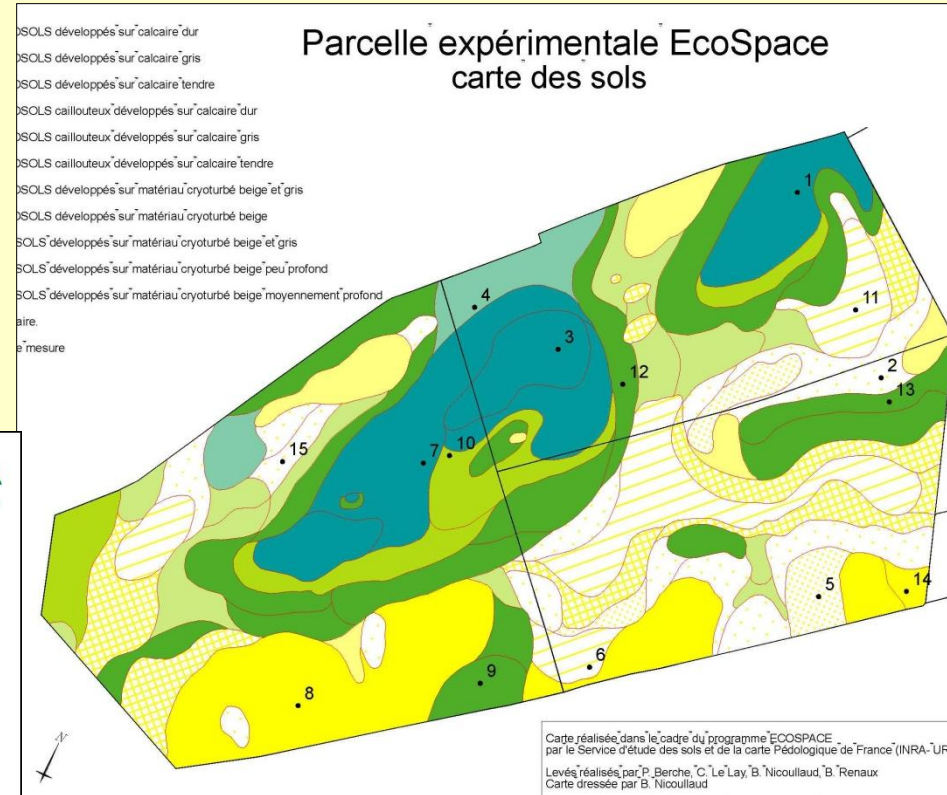
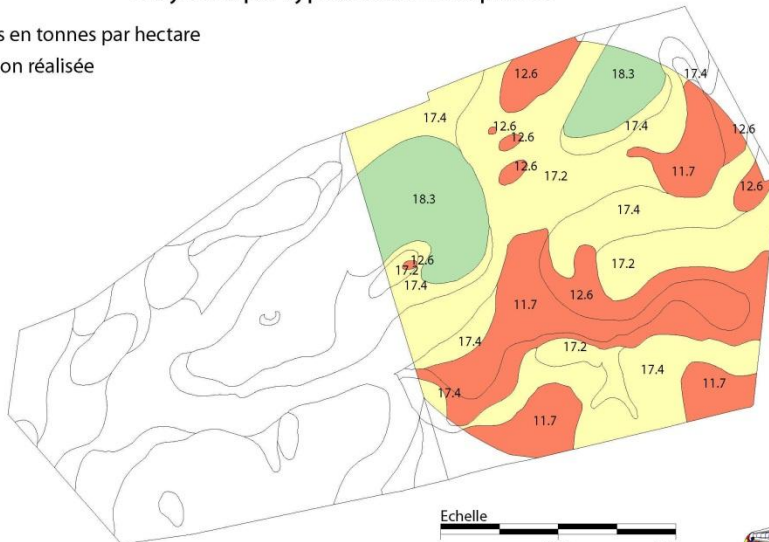


Parcelle expérimentale EcoSpace  
Sortie de Stics - matière sèche  
fin de simulation du blé le 29/07/96  
moyenne par type de sol / occupation

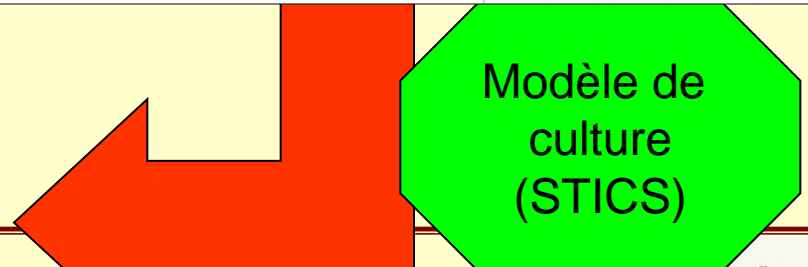


valeurs exprimées en tonnes par hectare

- Simulation non réalisée
- < 12.7
- 12.7 - 16.6
- 16.7 - 17.6
- 17.7 - 18.6
- >= 18.7



Carte réalisée dans le cadre du programme ECOSPACE  
par le Service d'étude des sols et de la carte Pédologique de France (INRA-UR)  
Levés réalisés par P. Berche, C. Le Lay, B. Nicoullaud, B. Renaux  
Carte dressée par B. Nicoullaud



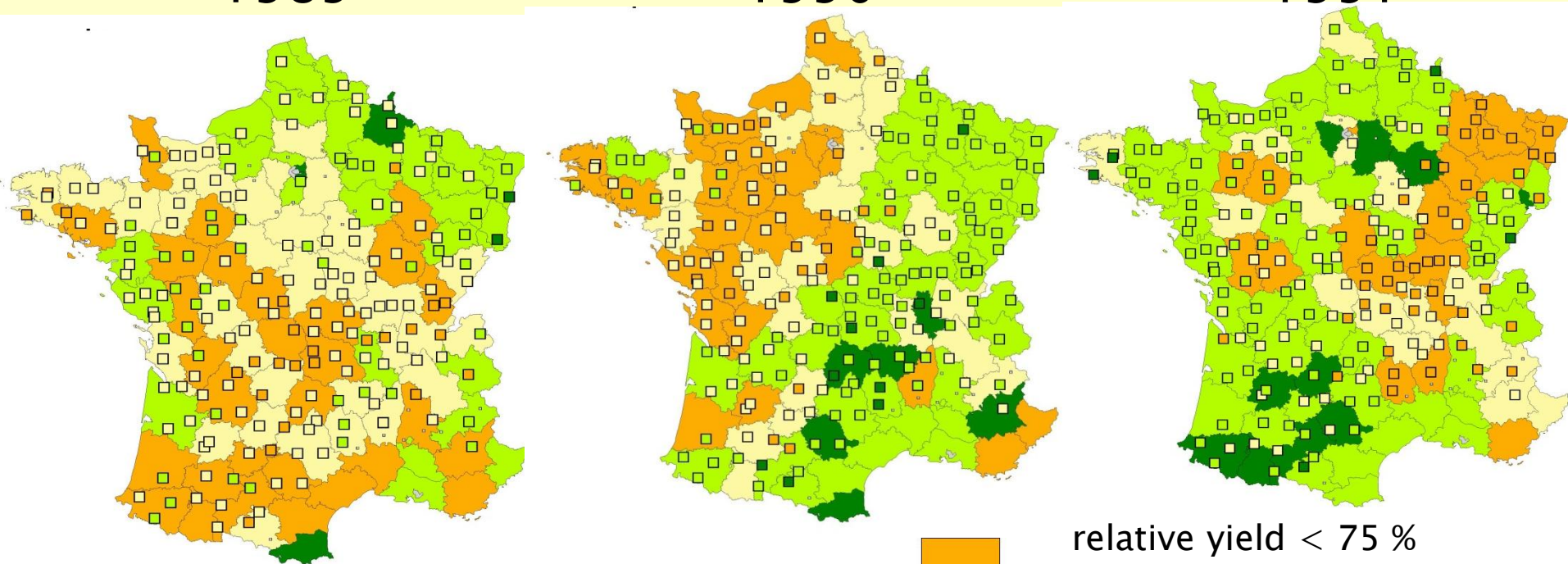
Brisson 16 octobre 2012

# Evaluation de la variabilité interannuelle de la production des prairies en France *(Ruguet 2003)*

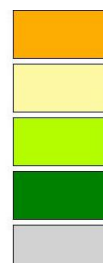
1989

1990

1991



carrés, région fourragère, ISOP  
surface, département, SCEES

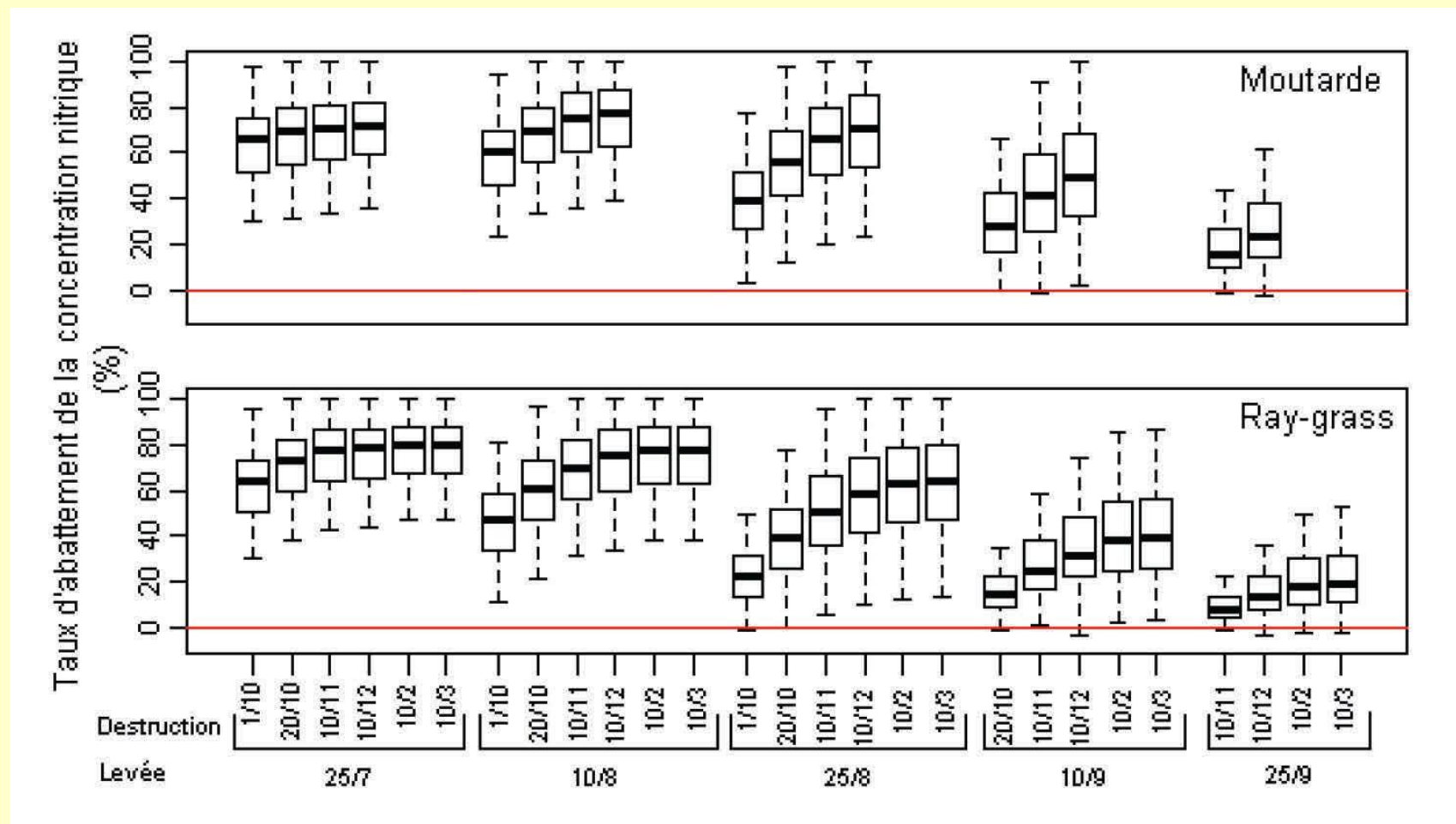


relative yield < 75 %  
75 < relative yield < 90 %  
90 < relative yield < 110 %  
relative yield > 110 %  
without data

Lien avec bases de données climatiques et de pratiques

# Taux de réduction de la teneur en nitrate moyenne de l'eau de percolation selon le scénario de CIPAN

*Justes et al. 2012.*



Intérêt du modèle pour prédire une variable non visible. Intérêt aussi de pouvoir simuler plusieurs scénarios en plus que du réel.

# outil cognitif de test d'hypothèses



Adaptation of the crop model STICS to intercropping.

Theoretical basis and parameterisation

*Brisson et al. 2004.*

Radiation interception \*

Phenology

Shoot growth and yield \*

Interactions techniques-crop-soil

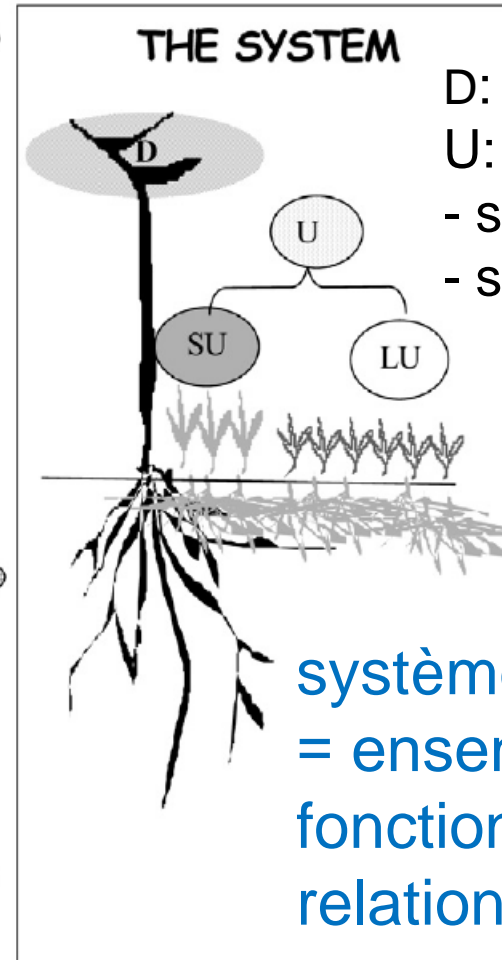
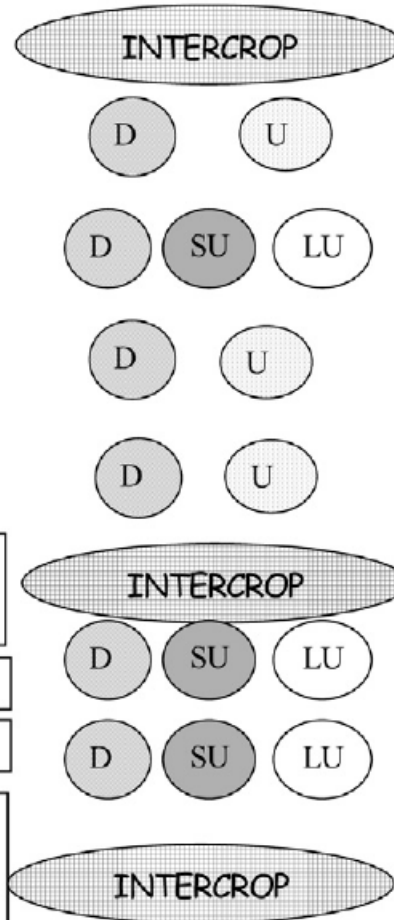
Root growth \*

Energy budget and microclimate \*

Crop water balance \*

Crop nitrogen balance

Water, nitrogen and temperature transfers in the soil



D: dominant crop;  
U: understorey crop  
- shaded part: SU  
- sunlit part: LU

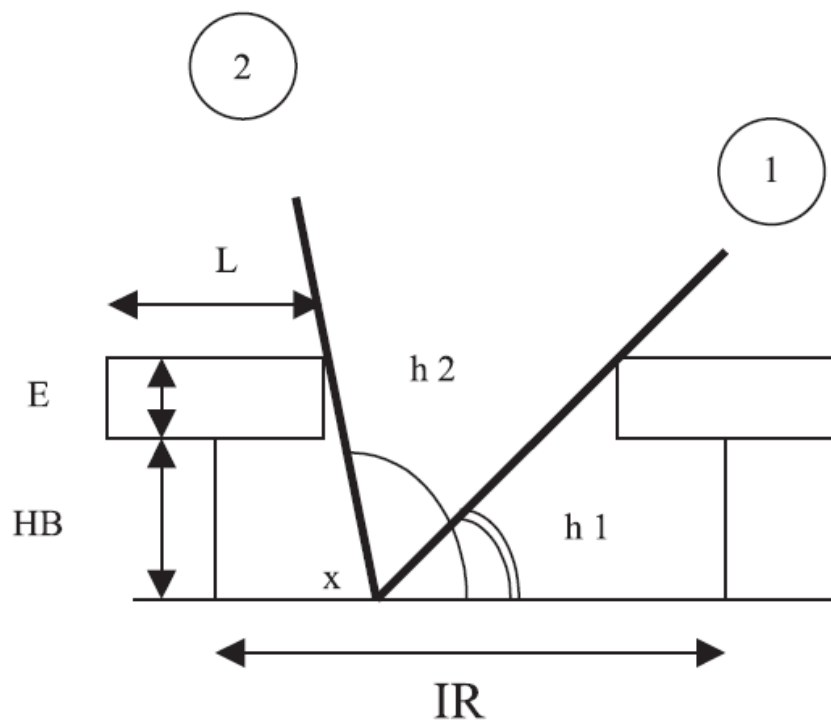
systeme complexe  
= ensemble d'unités  
fonctionnelles en  
relations



## Adaptation of the crop model STICS to intercropping.

Theoretical basis and parameterisation

*Brisson et al. 2004.*



“Simplified representation of the plant canopy and the principles used for calculating daily radiation received by the interrow (IR) »

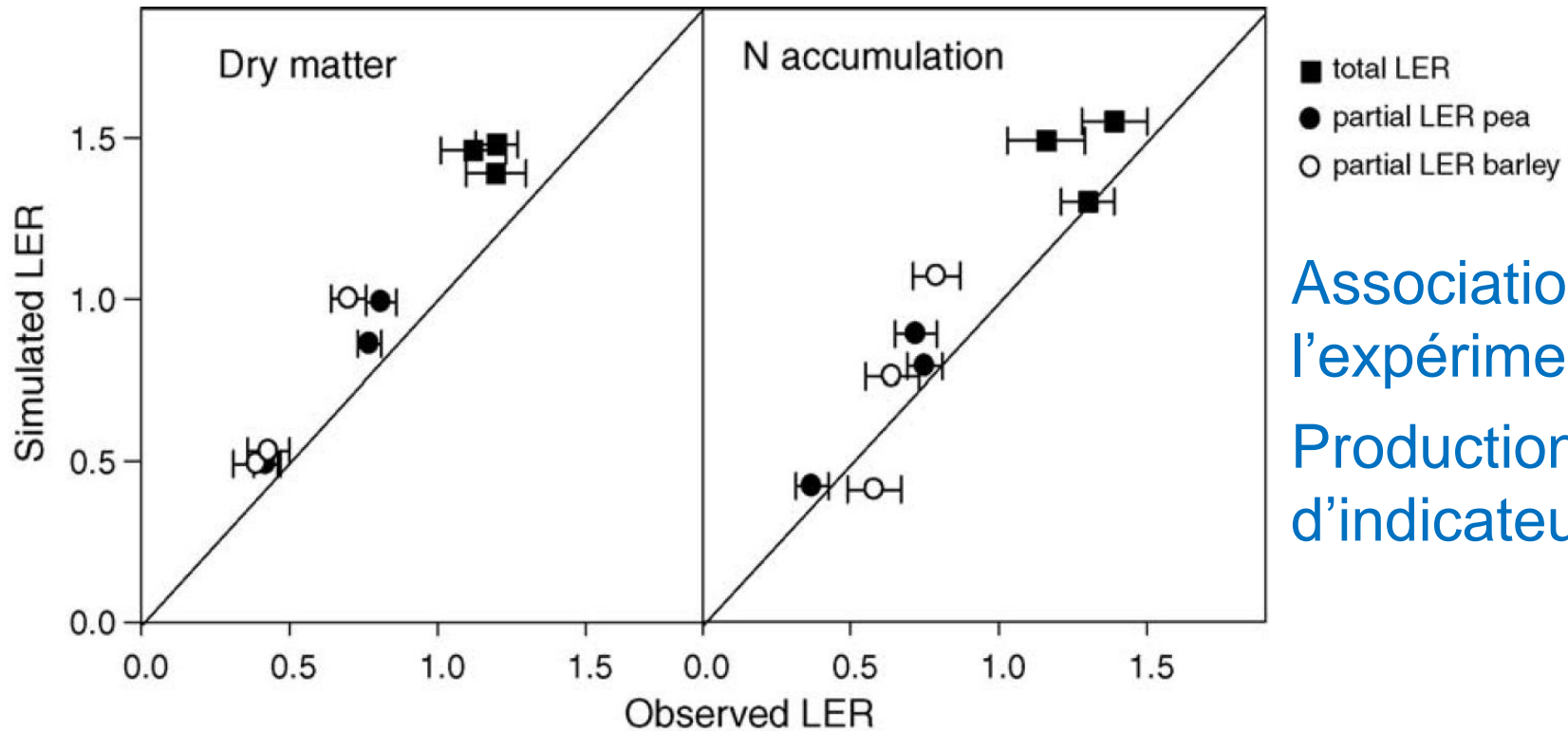
description physiquement basée **et** simplification



# crop growth and N accumulation in pea–barley intercrops

*Corre-Hellou et al. 2009.*

Simulated and observed total and partial LER values (LER pea and LER barley) for dry matter and N accumulation

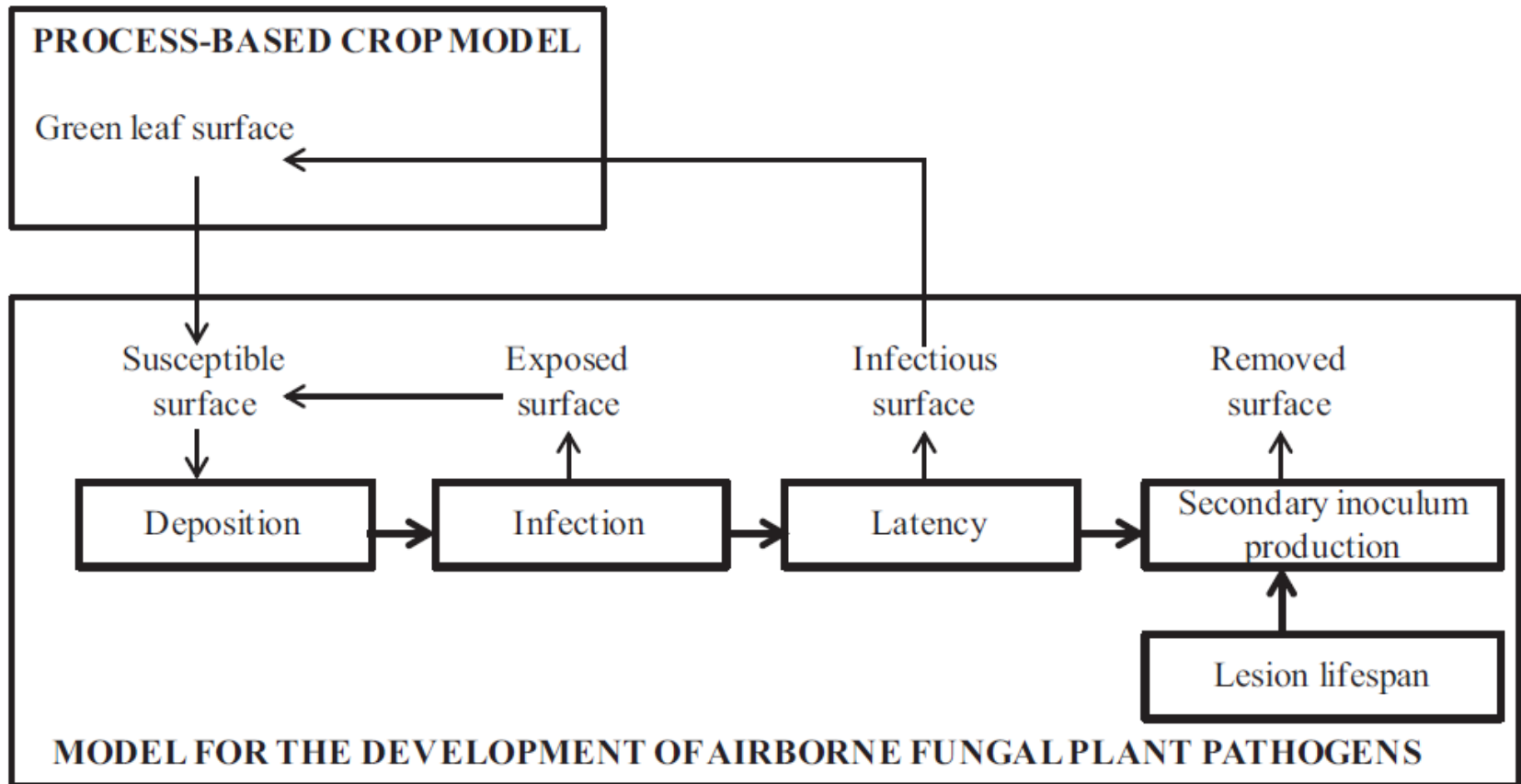


Association à l'expérimentation  
Production d'indicateurs



# models for the development of airborne fungal crop pathogens

*Caubel et al. 2012.*

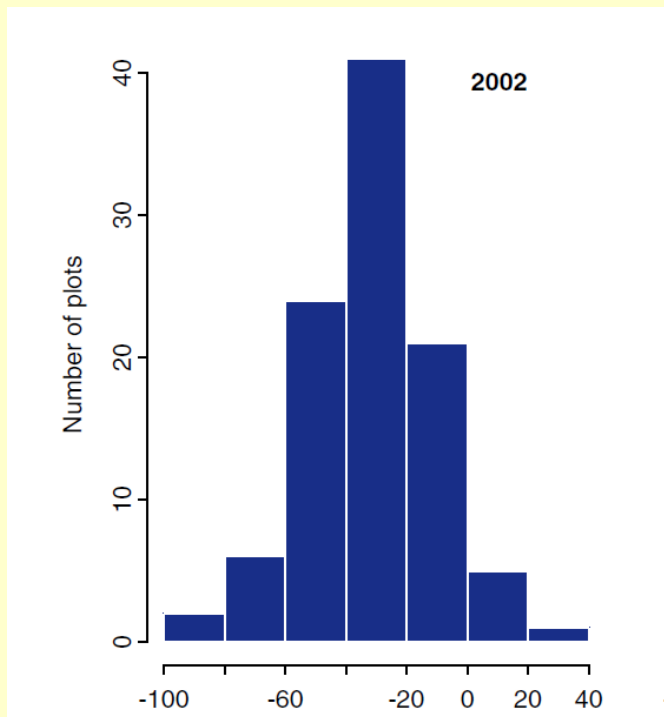


Approche fonctionnelle appliquée au processus biotique

# Aide à la décision

Episticks: A dynamic model to generate nitrogen fertilisation and irrigation schedules in apple orchards, with special attention to qualitative evaluation of the model

*Nesme et al. 2006.*



Estimated minus observed days of year of beginning of irrigation for years 2002 (with Iref w  $\frac{1}{4}$  0:7).

Description du système de décision  
Confrontation à la prise de décision  
=> Signification de l'écart?

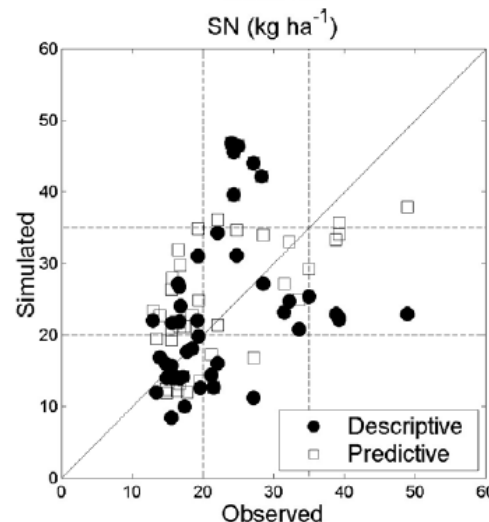
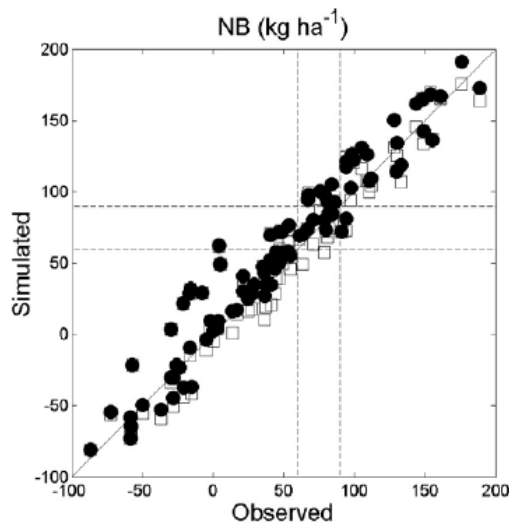
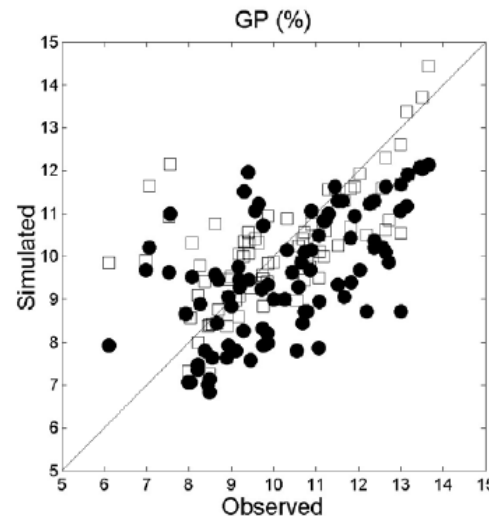
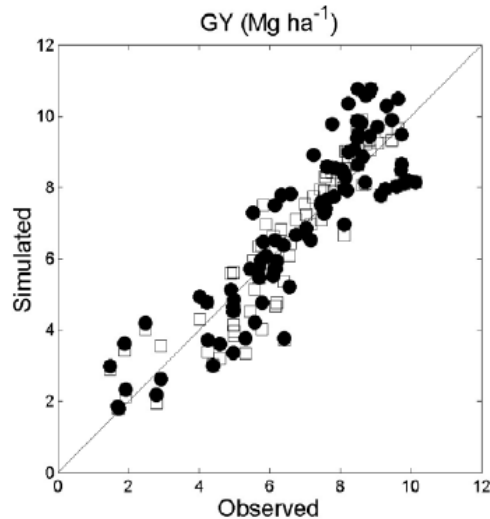
# Evaluation of the ability of the crop model STICS to recommend nitrogen fertilisation rates according to agro-environmental criteria

*Houles et al. 2004.*

Comparison of simulated and observed values of grain yield (*GY*), grain protein content (*GP*), nitrogen balance (*NB*) and soil mineral nitrogen at harvest (*SN*).

Robustesse mais  
efficience fonction de  
la variable

⇒ Partager les points  
de vue





# Rôle dans le dialogue entre acteurs

Modèle fonctionnel et analogique :

- ⇒ entre concepteurs, /ouverture à l'innovation et robustesse
- ⇒ 1 Version standard et n versions de recherche (AG2007)
- ⇒ avec spécialistes, processus & signification des paramètres
- ⇒ Gestion des bases de données => anticiper les expérimentations, mutualiser.

Le système de culture en interactions avec les autres systèmes (exploitation agricole, hydrologique, écosystème..)

- ⇒ faire dialoguer différentes disciplines
- ⇒ Place de l'informatique et des plates formes.

# De nouveaux challenges pour la modélisation agri-environnementale

Gérer les priorités entre différentes formes de complexité

= Quel lien avec la génétique ? valoriser les acquisitions de phénotypage haut débit au servir d'une filière

= Quel lien avec l'écologie pour servir l'intensification écologique (description de pour faire dialoguer le modèle avec d'autres?)

= Quel lien avec les sciences de la décision et l'économie ?

Plate forme d'intégration, production d'indicateur, méta-modèles

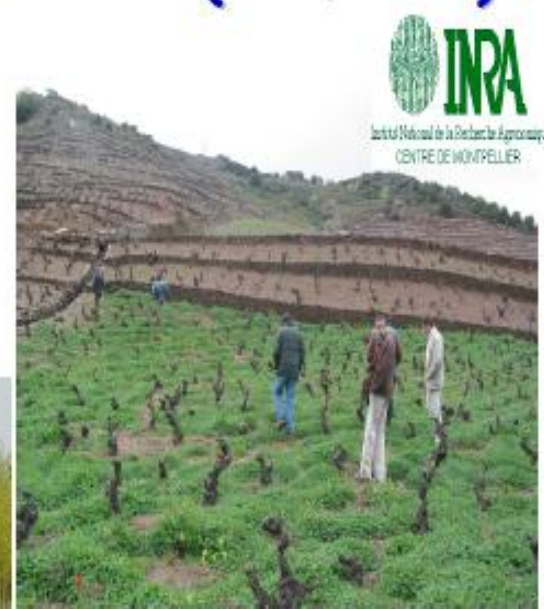
=> questionnement réflexif sur les relations entre objet modélisé, sa représentation et les manques de connaissances

**MERCI Nadine,  
Merci pour votre attention**



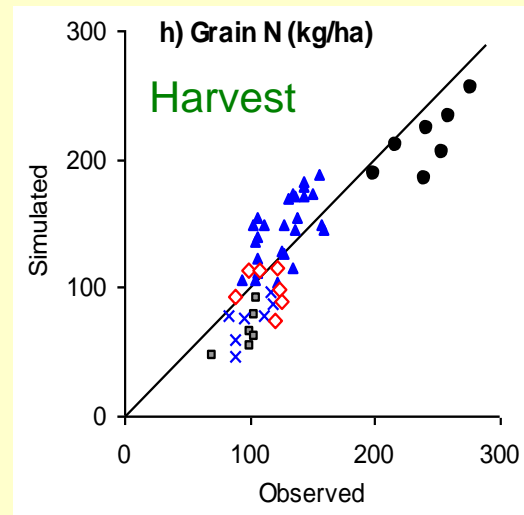
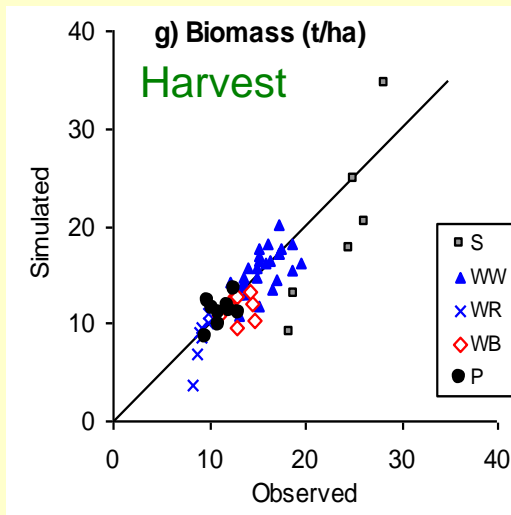
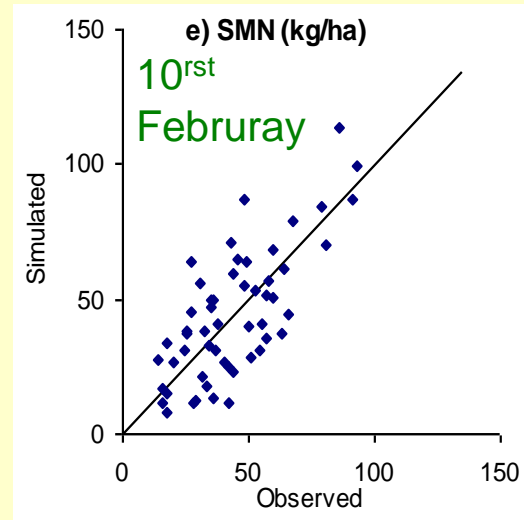
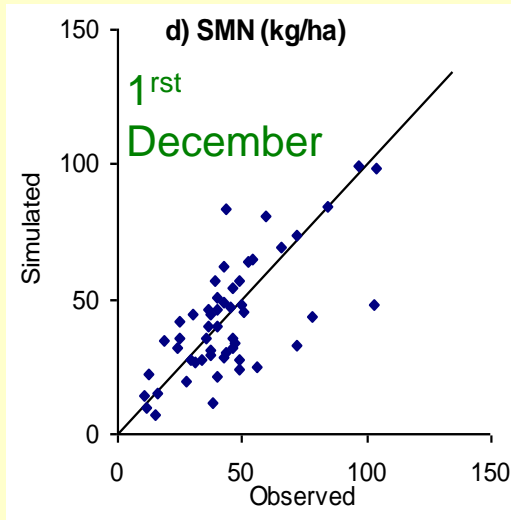
# Différentes échelles et formes d'action de l'homme

*Véry et al, 2006.*





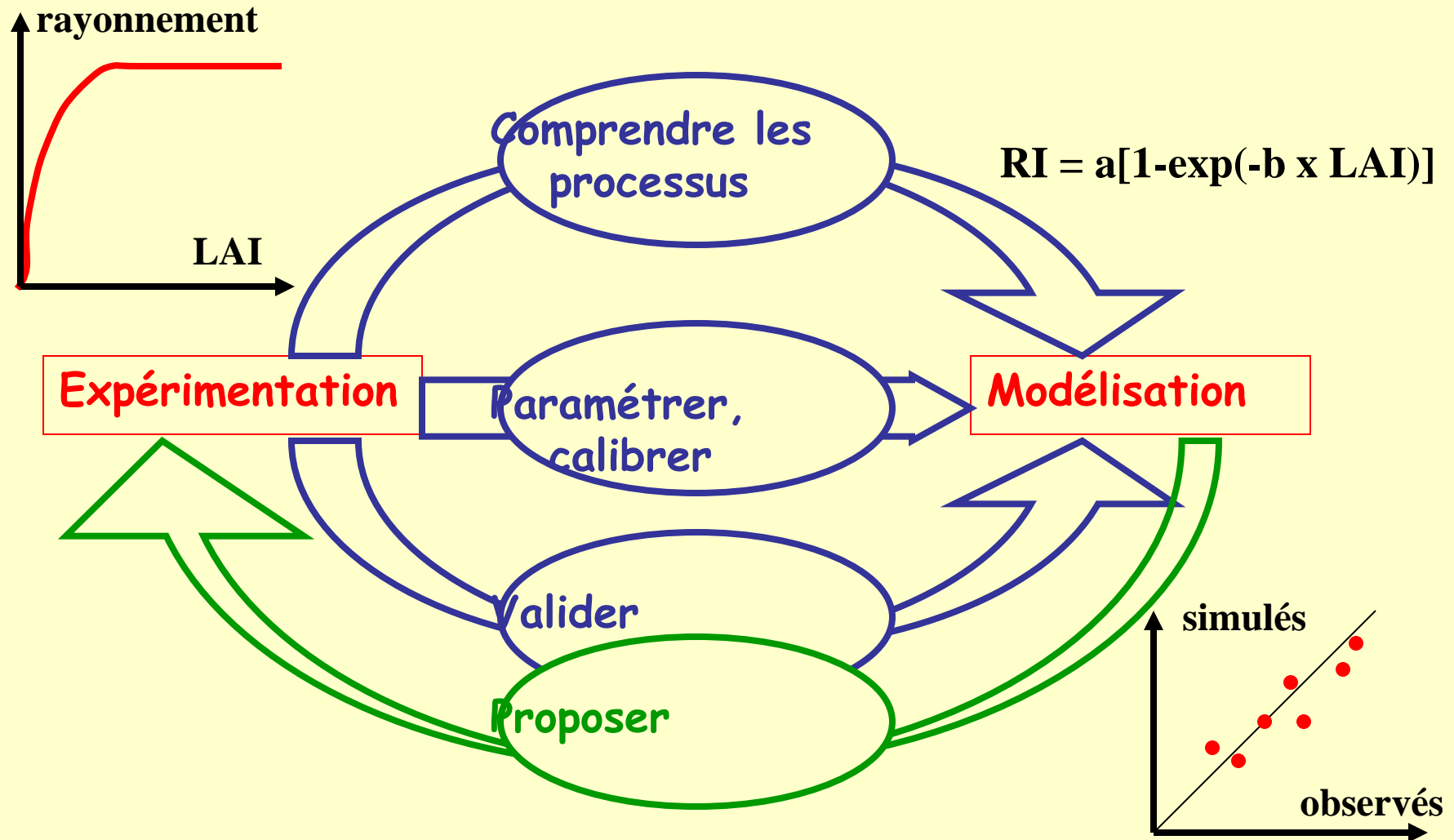
# Test of continuous simulations during 8 years at 36 sampling sites of Bruyères catchment



*Beaudoin et al., accepted, EJA*

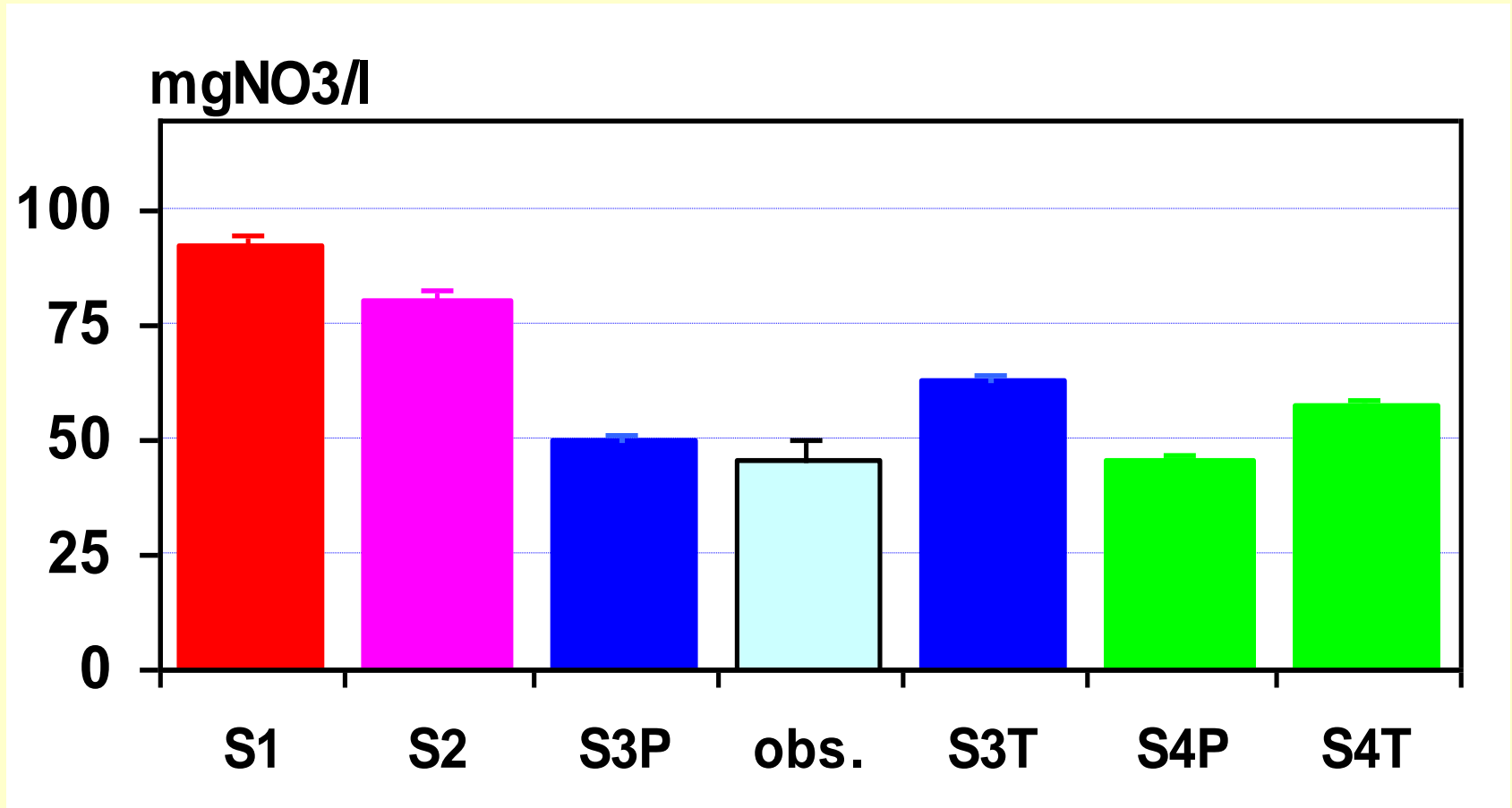
- Interest of grouping several data (*Kersbaum et al, 2001*)
- Model effectiveness despite 'on farm' conditions,
- Model reliability depends on relevance of the databases
- Impossibility to guarantee reliability for both any time and any place.

# Complémentarité expérimentation/modélisation



# Teneur en nitrate moyenne sous l'eau de percolation par scénario sous les racines

*Beaudoin et al. 2004.*



Intérêt du modèle pour prédire une variable non visible. Intérêt aussi de pouvoir simuler plusieurs scénarios en plus que du réel.

# La dynamique collective de STICS

Réunion 1: Laon  
24 participants



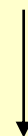
1996

Réunion 2  
Paris  
60 participants



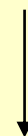
Séminaires STICS tous les 2 ans:  
Exposés scientifiques et tables  
rondes, Echanges d'expériences,  
Discussions et décisions sur  
l'évolution du modèle

Réunion 7  
Reims  
100 participants



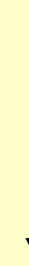
2007

Réunion 8  
Toulouse



2010

Réunion 9  
Orléans



2012

Prototype

**8 co-auteurs**

**20 licences**

**Plantes:** blé, maïs

**Processus:**

croissance,  
développement,  
bilans H<sub>2</sub>O et N  
interface windows

Mise en commun des connaissances  
et des compétence: outil de travail  
pour les chercheurs de domaines  
scientifiques connexes

Version 7.0

**42 co-auteurs**

**350 licences**

**24 Plantes**

**Processus:** tassement, décision  
semis/récolte, effet azote  
répartition des racines, calcul date  
débourrement BRIN

palissage

**Modularisation complète:**

fortran 90/95

**Nouvelle interface Javastics:**

multiplateformes

**Base données SMS**