

27 | 28
janvier
2016

RENNES
Parc des
Expositions
www.carrefour-eau.com
@CarrefourEau

17^e CARREFOUR
DES GESTIONS
LOCALES DE L'EAU



INCERTITUDES DANS LA MODÉLISATION DES AGROHYDROSYSTÈMES:

*SAVOIR CE QUE L'ON NE SAIT PAS POUR MIEUX
COMPRENDRE ET PRÉVOIR.*

Patrick Durand, INRA, UMR SAS, Rennes



Introduction



“Je préfère le désespoir à l’incertitude.”



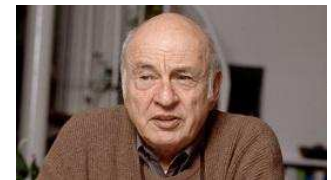
“Nous souhaitons la vérité, et ne trouvons en nous qu'incertitude. ”



“Quant aux deux passions de l'incertitude, ce sont la peur et l'espérance.”



“L'incertitude est l'essence même de l'aventure amoureuse.”



“La connaissance progresse en intégrant en elle l'incertitude, non en l'exorcisant.”



Introduction

“Je préfère le désespoir à l’incertitude.”



J.-P. Sartre

“Nous souhaitons la vérité, et ne trouvons en nous qu'incertitude. ”



B. Pascal

“Quant aux deux passions de l'incertitude, ce sont la peur et l'espérance.”



S. Vera

“L'incertitude est l'essence même de l'aventure amoureuse.”



O. Wilde

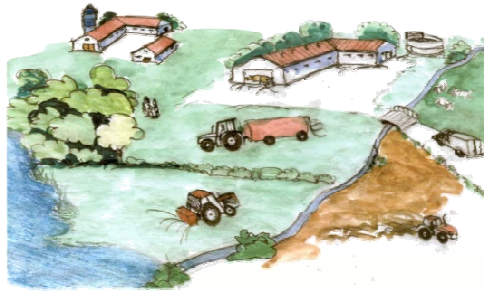
“La connaissance progresse en intégrant en elle l'incertitude, non en l'exorcisant.”



E. Morin

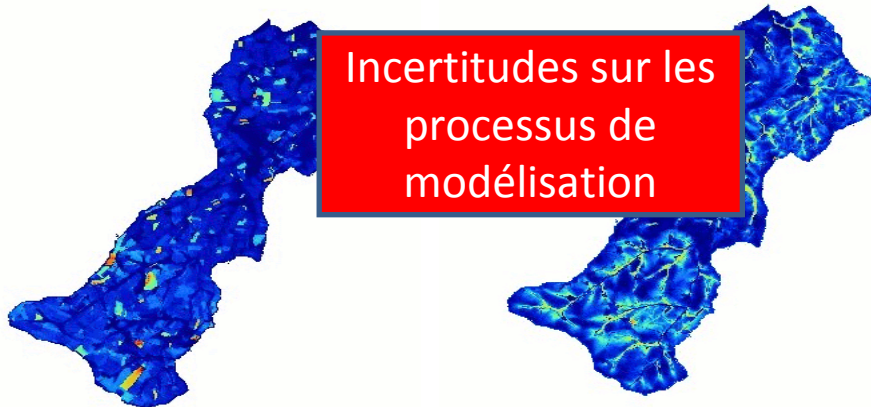


La Modélisation des Agrohydrosystèmes:



On décrit le paysage, les sols, le climat, les pratiques agricoles d'un bassin versant...

Incertitudes sur les données d'entrées



Incertitudes sur les processus de modélisation



Incertitudes sur l'exploitation des résultats

Des équations simulent les transformations de l'azote et les transferts d'eau et de solutés...

...pour calculer les flux et concentrations aux exutoires

Incertitudes sur les données d'entrées

Le bassin versant agricole: un système ***non mesurable***

- données climatiques: presque bien!
- données débits /concentrations : très dépendant du site
- topographie, structures paysagères : de mieux en mieux!
- données sols : la Bretagne, région privilégiée -> Sols de Bretagne
- données sous-sol: très bien aussi, malgré la complexité (BRGM)

Mais beaucoup de paramètres des modèles ne peuvent pas être connus précisément en tous points du bassin-versant

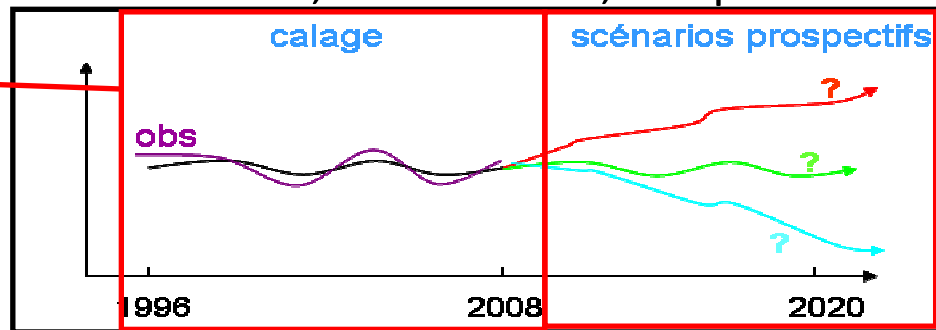
-données agricoles, aïe aïe aïe!

Sources multiples, hétérogènes, à fiabilité variable. Certaines données inaccessibles car protégées par secret statistique. D'autres trop coûteuses ou trop compliquées à acquérir. D'autres enfin sont mal connues de l'agriculteur lui-même...

-> il est impossible de quantifier directement ces incertitudes!

Incertitudes sur les processus de modélisation

1. Construction du modèle
2. Phase de Calibration/validation sur les données observées :
débits, concentrations, rendements, reliquats...



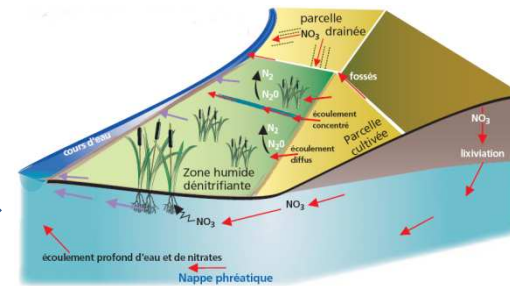
3. Construction de scénarios et analyse des effets de ces scénarios

Incertitudes sur les processus de modélisation

1. Construction du modèle



Schématisation



Formalisation

-> il est impossible de quantifier directement ces incertitudes!

```
if(n) {  
  maille_amont = n->fils;  
  calcul_bord ( maille_amont, j );  
  calcul_bord ( n->frere, j );  
  indice = n->lig * NBCOL + n->col;  
  
  vers_meteo =  
  meteo_acc(indice,j);  
  vers_sol = t_sol_acc(indice);  
  
  if (t_soil_depth[indice] == 0)  
    vers_meteo->etp = 0;  
  
  nbRU = nb_couches_RU(indice);  
  remontee = 0;  
}
```

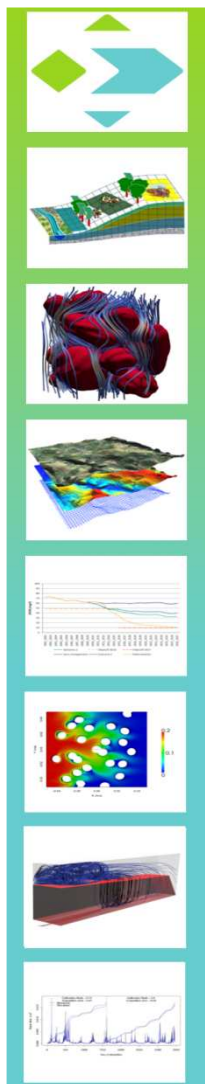
Incertitudes sur les processus de modélisation

2. Phase de Calibration/validation sur les données observées :

débits, concentrations, rendements, reliquats...

- de préférence précédée d'une analyse de **sensibilité** -> paramètres les plus pertinents à calibrer
- nécessité de **borner** les valeurs de paramètres possibles -> signification physique des paramètres
- plus il y a de paramètres à ajuster, moins on est sûr d'avoir trouver les « meilleurs paramètres »

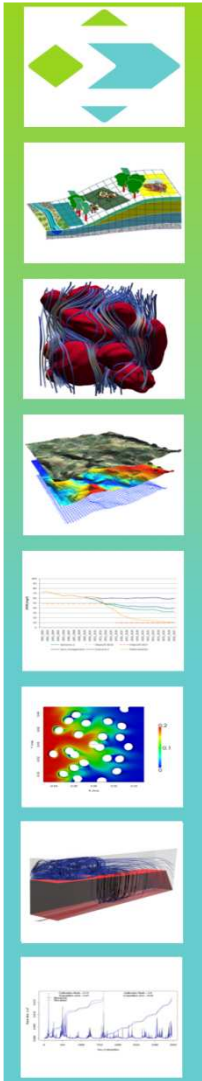
-> il est possible de quantifier la somme des erreurs dues à la construction du modèle et celles dues au processus de calibration



Calcul des intervalles de confiance pour l'évaluation des scénarios

François Oehler

Réunion de travail sur les IC, 05/11/2014



Méthode

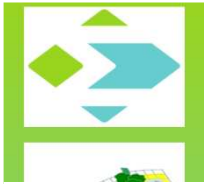
Equifinalité (Beven) : plusieurs jeux de paramètres peuvent simuler aussi bien les observations

->GLUE (Generalized Likelihood Uncertainty Estimation) : générer un ensemble de modèles « équifinaux » pour encadrer les résultats, en générant des milliers de simulations

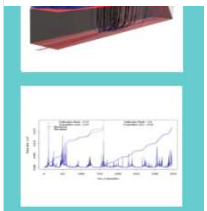
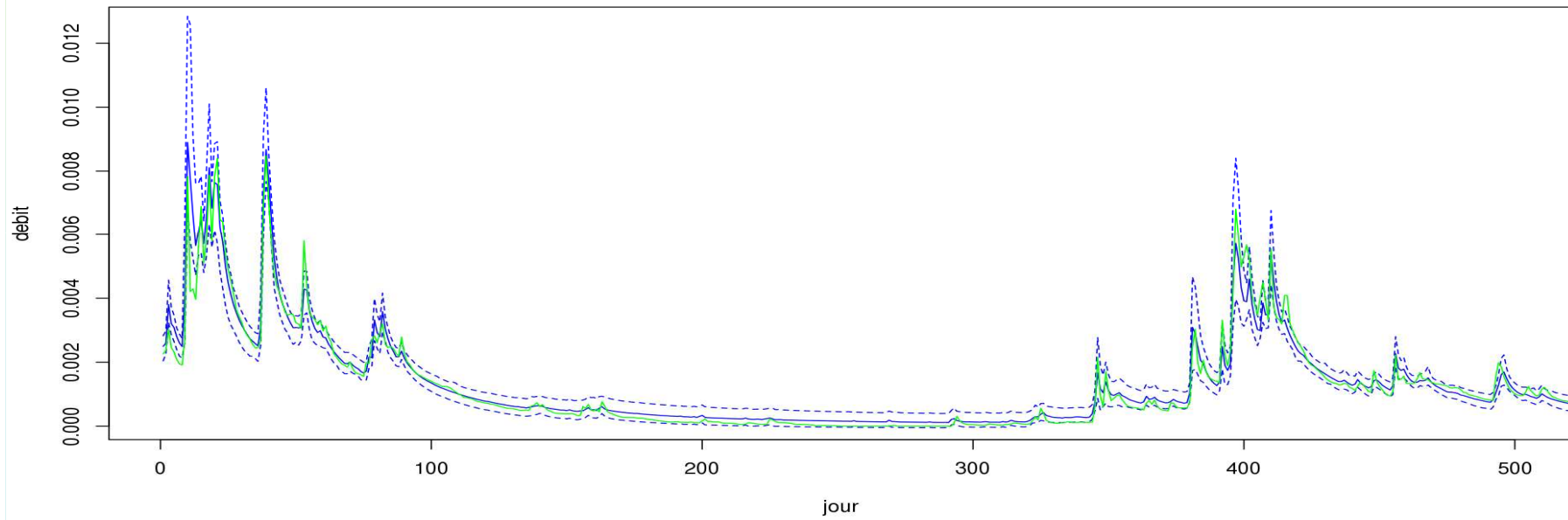
->Optimisation du processus pour réduire le nombre de simulation

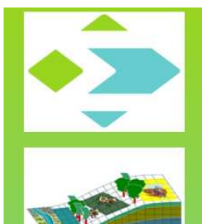
->Analyse de sensibilité -> 7 paramètres retenus

->Calcul d'un intervalle de confiance sur les résultats equifinaux

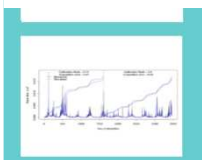
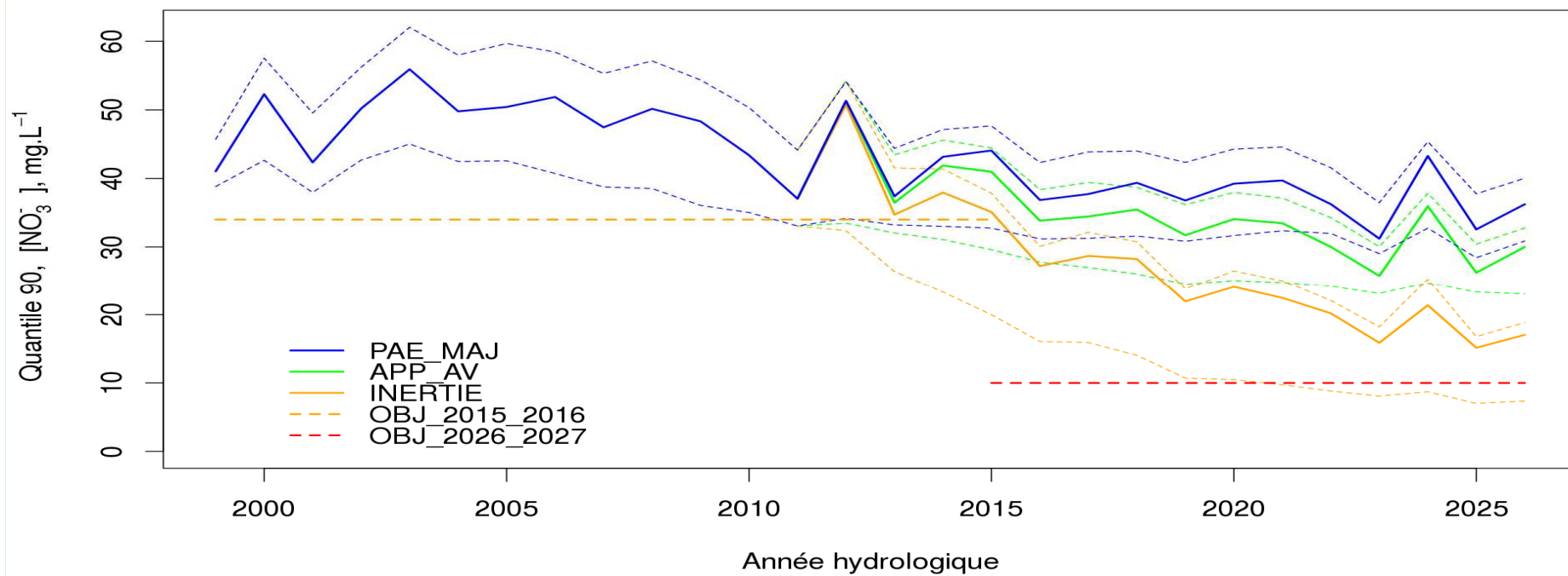


Méthode





Méthode

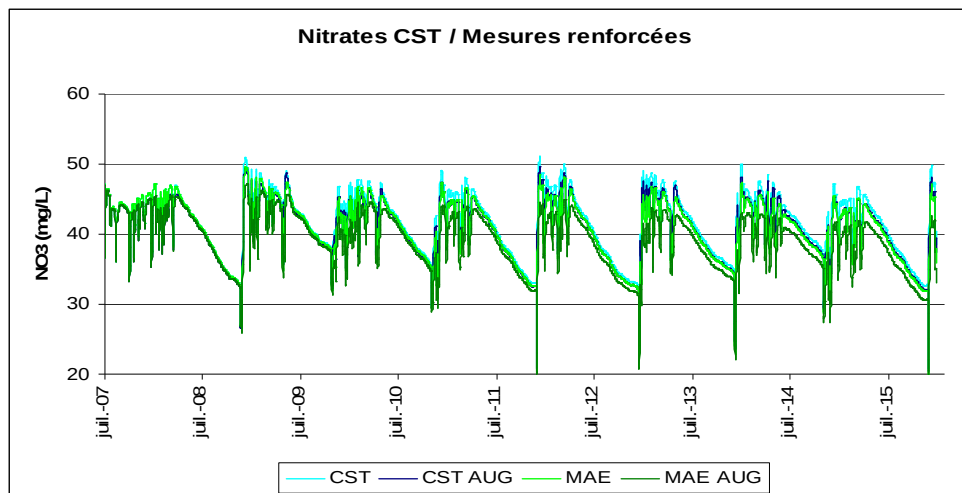


Incertitudes sur les données d'entrées

Estimation de l'impact d'une mésestimation des intrants d'azote agricoles sur les résultats de scénarios :

Données collectées -> calibration -> scénarios

Données collectées + 20kg/ha/an -> calibration -> scénarios



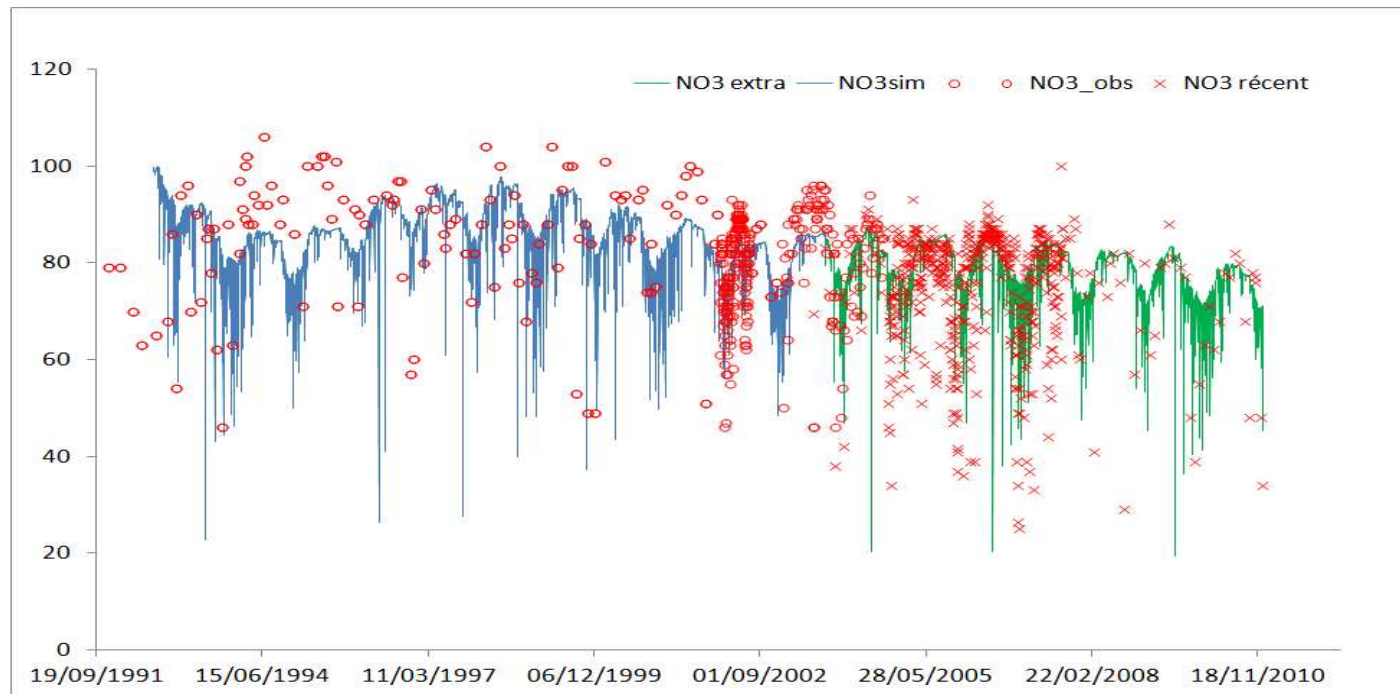
-> on sous estime un peu l'effet des scénarios de réduction d'intrants
-> mais la recalibration « absorbe » la majeure partie de la variation

Incertitudes sur les processus de modélisation

3. Construction de scénarios et analyse des effets de scénarios
 - > On ne peut tester que des scénarios respectant le domaine de validité du modèle
 - > Scénarios prospectifs : pas pour deviner le futur, mais pour calculer « ce qu'il pourrait être si »

-> nous avons pourtant eu la chance de pouvoir tester *a posteriori* la capacité prédictive

Validation *ex post*



1ères simulations TNT2 Expertise BEP 2006 à l'épreuve des faits

Incertitudes sur l'exploitation des résultats

- **Ce que l'on sait et ce que l'on ne sait pas:**
 - Les données d'entrées sont incertaines, mais de combien?
 - Mais cette imprécision n'empêche pas forcément d'identifier les déterminants majeurs.
 - Les modèles déforment de la réalité, mais jusqu'où?
 - Mais en tant qu'image parmi d'autres de cette réalité, elle nous permet de mieux l'appréhender
 - Les résultats de scénarios ne sont pas précis, mais sont-ils utiles?
 - Efforts et rigueur sont nécessaires pour bien en saisir la portée
 - Le travail de modélisation doit être participatif, depuis la construction du jeu de données jusqu'à l'interprétation des résultats en passant par la construction des scénarios

Ces incertitudes doivent inciter à la prudence, pas servir de prétexte au rejet en bloc ou à l'inaction

27 | 28
janvier
2016

RENNES
Parc des
Expositions
www.carrefour-eau.com
@CarrefourEau

17^e CARREFOUR
DES GESTIONS
LOCALES DE L'EAU



Conclusion

“L'incertitude est l'essence même de l'aventure scientifique!”



“La connaissance **et la décision responsable** progresse en intégrant en elle l'incertitude, non en l'exorcisant.”

