

-
-
-

Ecole Chercheurs « Introduction à la modélisation »
La Rochelle 28 novembre 2005

Expérimentation et modélisation

(pour l'amélioration des techniques de culture et d'élevage)

Jean-Marc MEYNARD
INRA, Département SAD

-
-
-

Plan:

- **1. L'expérimentation virtuelle, un substitut à l'expérimentation de terrain**
- **2. L'expérimentation, en amont et en aval de la modélisation**
- **3. Expérimentation et modèles: plus complémentaires qu'opposés**

-
-
-

1- L'expérimentation virtuelle, un substitut à l'expérimentation de terrain

- **1.1. L'utilisation classique de l'expérimentation pour l'amélioration des techniques de culture et d'élevage**
- **1.2. Les atouts des modèles : l'émergence de l'expérimentation virtuelle**
- **1.3. Faut-il faire des modèles pour résoudre tous les problèmes techniques?**

-
-
-

1.1. L'utilisation classique de l'expérimentation pour l'amélioration des techniques de culture et d'élevage

- **L'approche classique: expérimentation comparative/ analyse de variance/ détermination de la meilleure solution . Exemples: essais variétés; essais dose d 'engrais; essais de comparaison de matières actives...**
- **Avantages de l'approche classique: peu exigeante en connaissances sur l 'effet de la technique étudiée; démarche simple et bien balisée; résultat aisément appropriable (« résultat obtenu dans mon champ ou celui du voisin »)**

-
-
-

Les limites de l'approche expérimentale classique

- **Coût d'acquisition et de maintenance des références élevé, surtout si on s'intéresse à l'amélioration conjointe de plusieurs techniques (interactions dans essais multifactoriels)**
- **Difficulté de définition du domaine de validité de la solution (représentativité des années? Représentativité des parcelles ou troupeaux?)**
- **Faible réactivité en cas de changement du contexte**
- **Mal adapté à l'étude des effets à long terme, et de la coordination spatiale des systèmes de production**
- **En définitive, peu d'utilisation des connaissances disponibles**

1.2. Les atouts des modèles: principes de l'expérimentation virtuelle

Modèle permettant de simuler les effets, sur la production et l'environnement, du choix technique que l'on veut améliorer, compte tenu du contexte de culture ou d'élevage (milieu, autres techniques, matériel génétique)

- **simulation interactive**: on simule les effets de différentes options, et on sélectionne celle que l'on considère comme la plus satisfaisante
- **optimisation** : on définit une fonction objectif et on sélectionne l'option technique qui maximise la fonction objectif
- **planification**: on définit une gamme des valeurs acceptables pour différents critères, et on sélectionne les options techniques qui satisfont à ce cahier des charges

-
-
-

Les atouts des modèles:

- **Exploration rapide de scénarios:**
 - sélection d'une option technique après test de ses conséquences sous différents climats (étude fréquentielle);
 - sélection d'une option technique parmi des milliers
- **Accès à des variables difficilement mesurables:**
 - impact environnemental (émissions gazeuses...)
 - effets à long terme
- **Possibilité de mettre au point des règles de coordination des systèmes de production au niveau de micro-régions**
 - espace pertinent pour apprécier un impact (bassin versant...)
 - espace géré par un ou plusieurs acteurs (bassin de production...)

-
-
-

1.3. Faut-il faire des modèles pour résoudre tous les problèmes?

- **L'expérimentation reste incontournable pour tous les choix techniques dont les conséquences sont mal modélisées: variétés, travail et non-travail du sol,... et toutes les techniques dans certains milieux!**
- **La question de la valorisation des connaissances expertes:**
 - **faut il les inclure dans des modèles? L'articulation entre connaissance scientifique et connaissance experte, un front de recherche en modélisation.**
 - **Ne pas oublier que l'on peut aussi concevoir des systèmes innovants sans modèles numériques, et les tester expérimentalement (expé système)**

-
-
-

2- L'expérimentation, en amont et en aval de la modélisation

- **2.1. L'expérimentation, à la source de la compréhension des processus qui seront inclus dans le modèle**
- **2.2. Le besoin de données expérimentales pour estimer les paramètres des modèles**
- **2.3. Le besoin de données expérimentales pour évaluer le modèle**

-
-
-

2.1. L'expérimentation, à la source de la compréhension des processus qui seront inclus dans le modèle

- rôle de l'expérimentation pour l'établissement de résultats analytiques, qui seront ensuite inclus dans le modèle
- rôle de l'expérimentation pour l'analyse des interactions (par exemple: interaction génotype X environnement, interaction entre nutrition et santé,...)
- rôle de l'expérimentation, en complément des études in situ, pour caractériser les spécificités des situations locales

-
-
-

2.2. Le besoin de données expérimentales pour estimer les paramètres des modèles

- Le besoin de ré-estimer les paramètres pour de nouveaux génotypes, pour de nouvelles techniques de production, pour de nouvelles conditions de production
- Ré-estimer les paramètres sur des situations dédiées: comparaison de génotypes pour les paramètres génotypiques; culture non désherbée pour connaître la flore; culture traitée et irriguée pour connaître les paramètres du remplissage des grains ...

-
-
-

2.3. Le besoin de données expérimentales pour évaluer le modèle

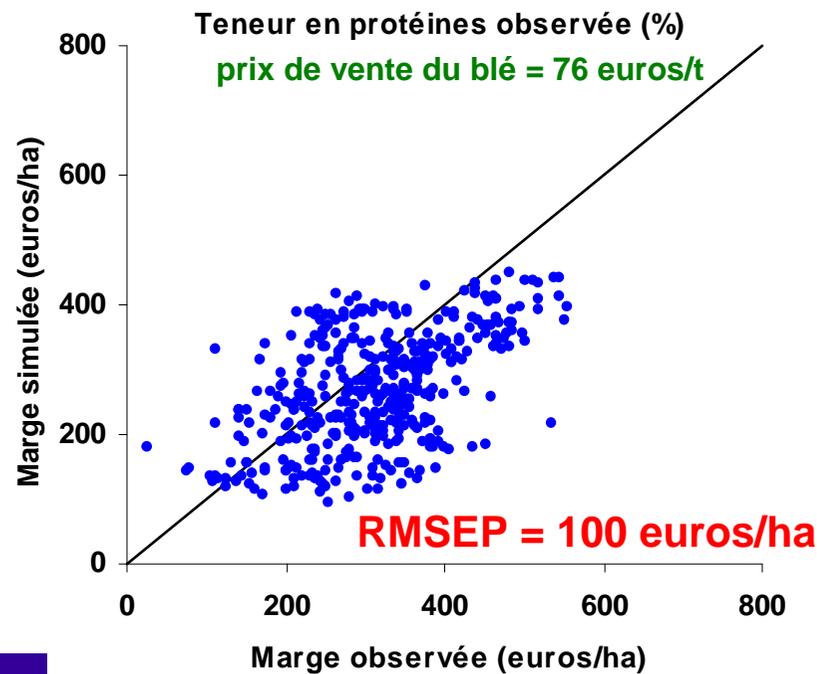
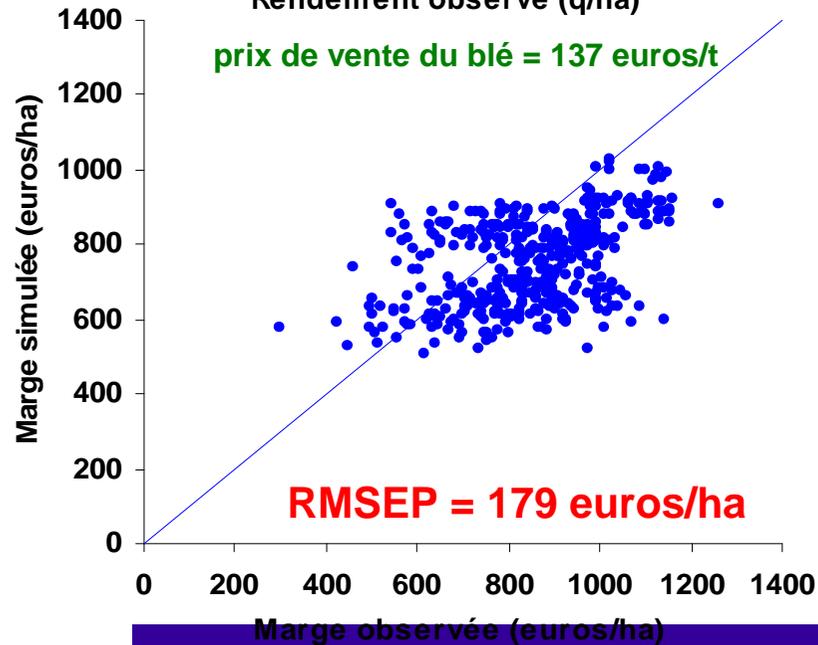
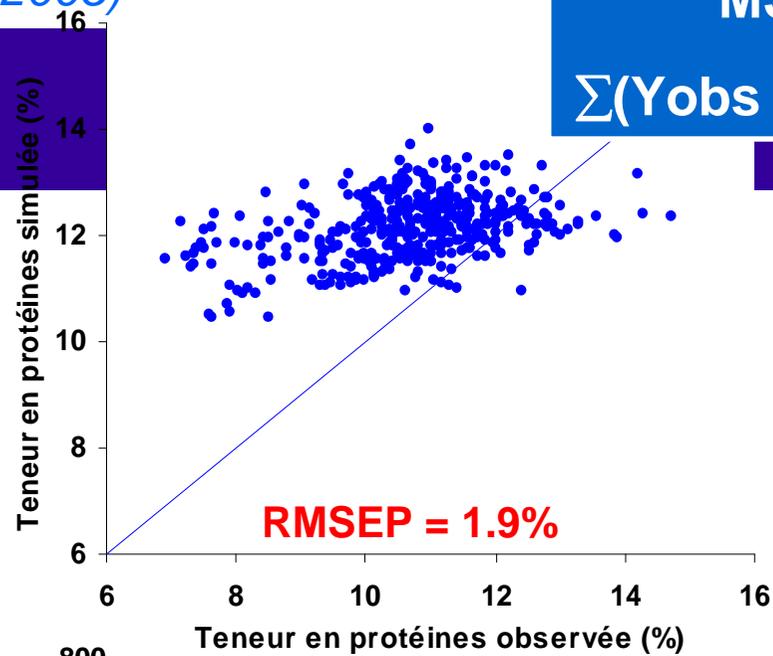
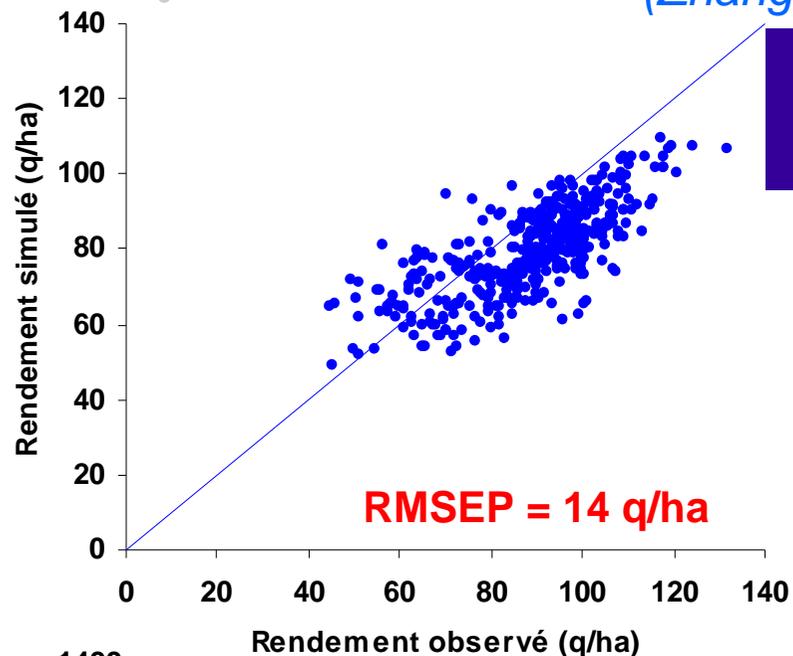
- **Différents usages, différentes modalités d'évaluation**
 - évaluation de la capacité à prévoir la production (ou toute autre variable de sortie)
 - Évaluation de la capacité à prévoir la réponse individuelle à chaque acte technique
 - évaluation de la capacité à identifier les options techniques les mieux adaptées à un cahier des charges ou une fonction objectif
(**expérimentations système**)
- **Les données doivent couvrir la gamme des situations dans lesquelles le modèle ou les règles qui en sont issues seront utilisées**

Evaluation de la qualité prédictive du modèle Betha

(Zhang, 2005)

MSEP =

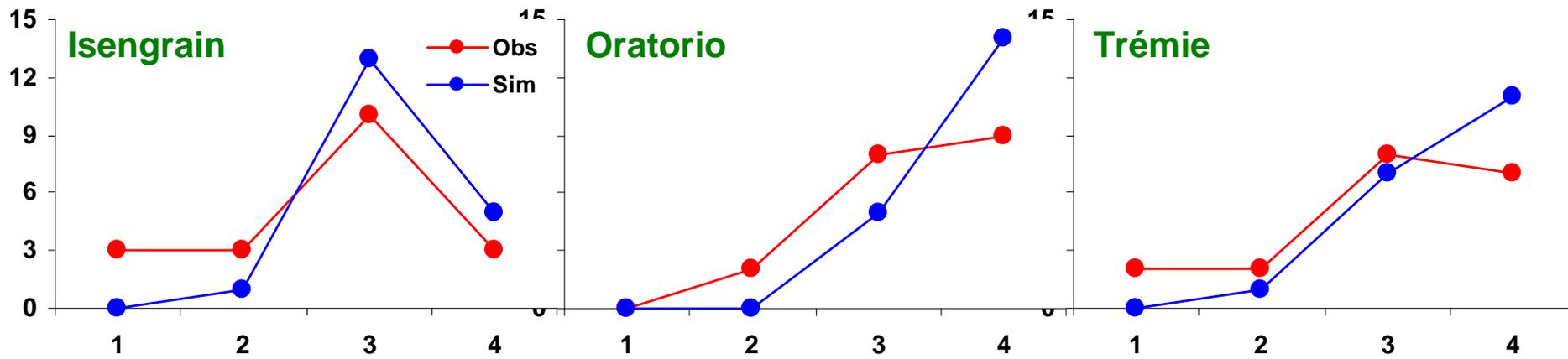
$$\frac{\sum(Y_{obs} - Y_{sim})^2}{n}$$



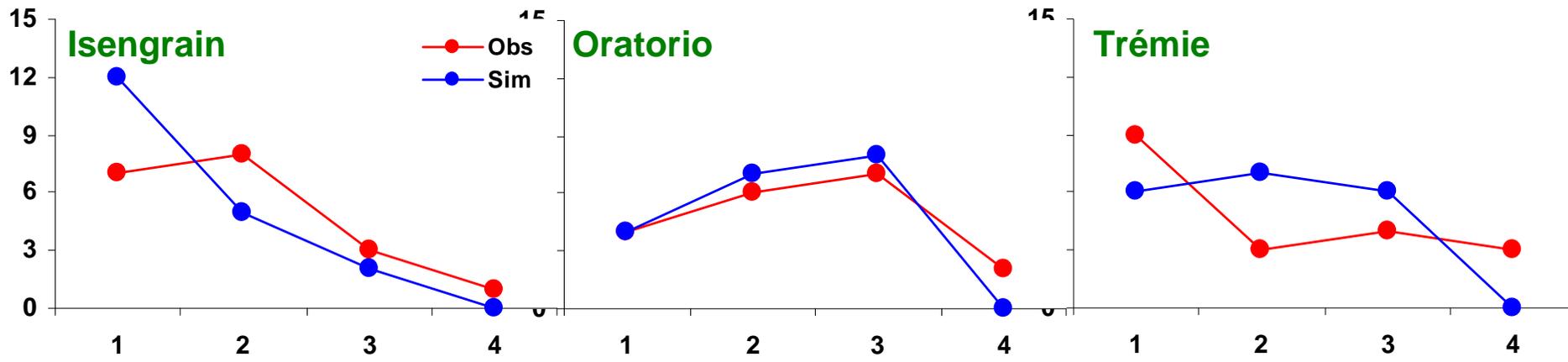
• **Evaluer la qualité décisionnelle du modèle Betha :**
 • Identification du meilleur ITK pour une variété donnée (Zhang, 2005)

Comparaison de la fréquence de chaque ITK observé et simulé obtenant la meilleure marge sur l'ensemble des essais

prix du blé : 76 €/t



prix du blé : 137 €/t



-
-
-

3- Expérimentation et modèles, plus complémentaires qu'opposés

- **3.1. L'expérimentation tend à changer de fonction, remplacée par le modèle dans son rôle de recherche d'optima et des meilleures combinaisons de techniques.**
- **3.2. Les modèles deviennent omniprésents dans la démarche expérimentale, de la construction du plan d'expérience à l'analyse des résultats**

-
-
-

3- Expérimentation et modèles, plus complémentaires qu'opposés

- **3.3. Le suivi de parcelles ou de troupeaux, indispensable pour appréhender les gammes des variables du modèle, autant que pour identifier les interactions opérantes dans la réalité.**
- **3.4. La boîte à outils de l'ingénieur zootechnicien ou agronome s'agrandit : Expé factorielle, expé système, modèles, suivis de parcelles agricoles ou d'élevages...**