



Calibration de la plateforme de simulation multi-agent MAELIA pour l'évaluation des normes de gestion d'étiage

R. Lardy, P. Mazzega, C. Sibertin-Blanc, Y. Auda,
J.-M. Sanchez-Perez, S. Sauvage, O. Therond
Rencontres du réseau Mexico 22-23 mai 2014



Plan

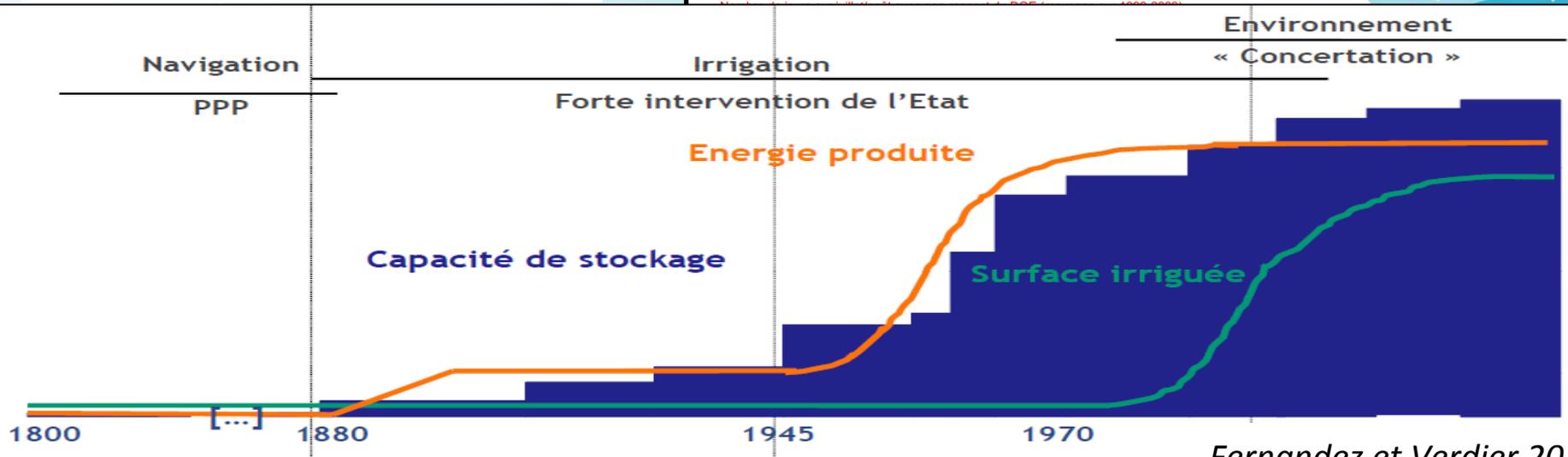
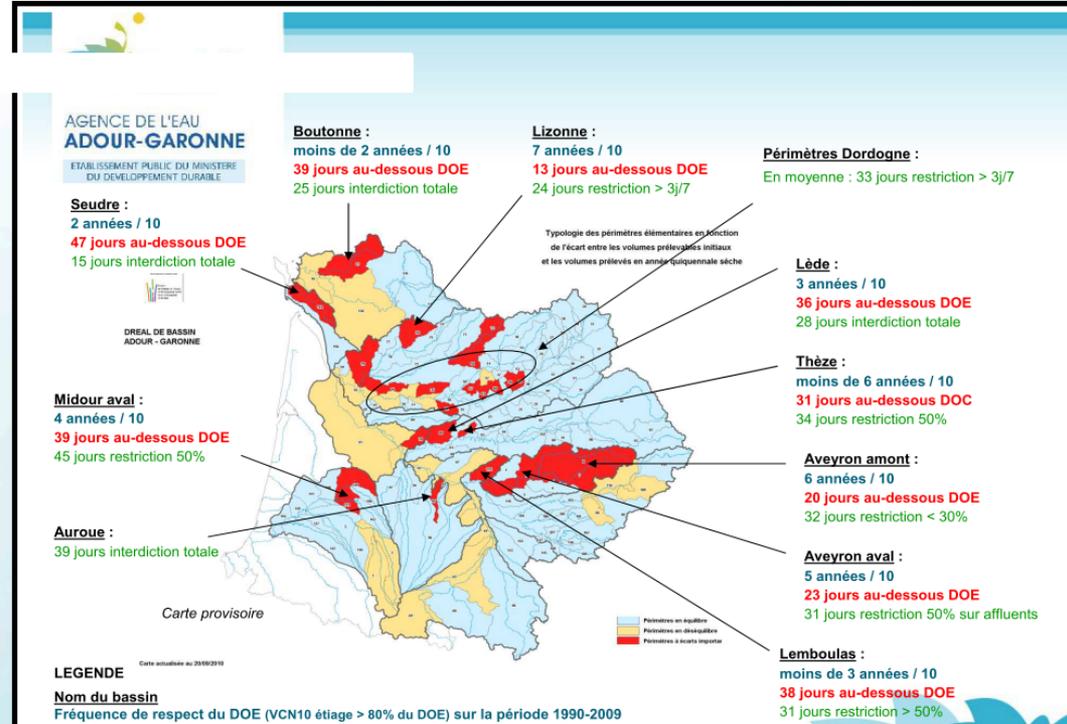
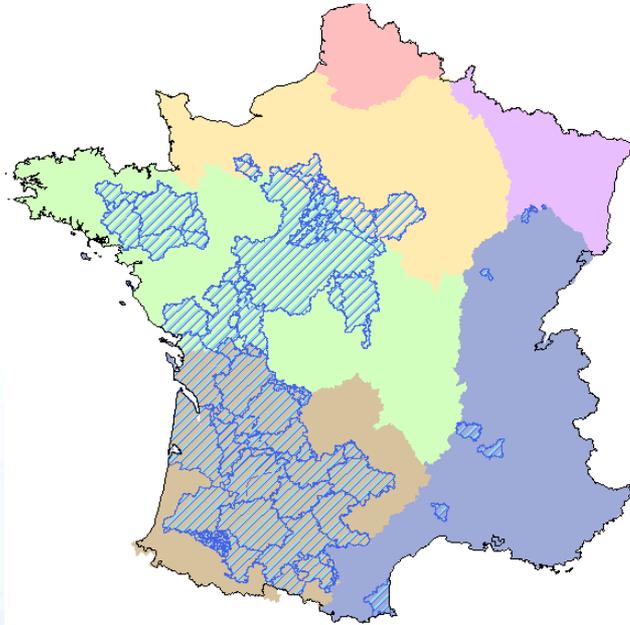
- ❖ Introduction
- ❖ La démarche
- ❖ La calibration
- ❖ Premiers résultats
- ❖ Conclusion

I. Introduction

- 1) Contexte
- 2) Le modèle MAELIA
- 3) Problématique

Contexte : la gestion quantitative de l'eau

Cartographie des ZRE zonage du 25/05/2004



Fernandez et Verdier 2011

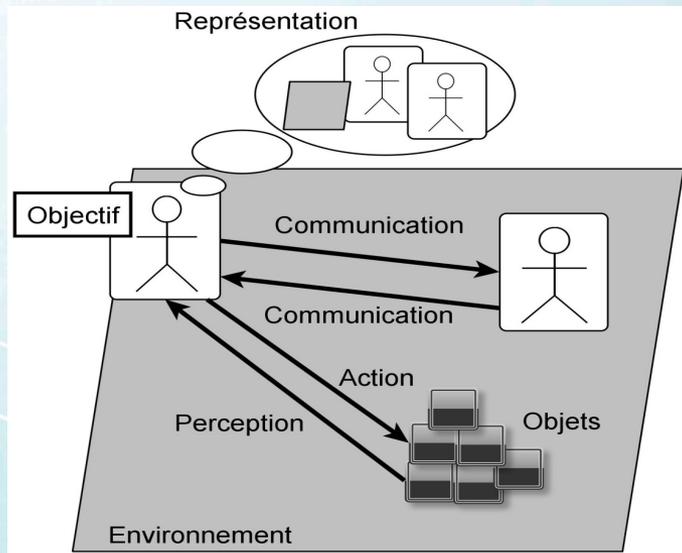
1. Contexte : la gestion quantitative de l'eau

- ❖ Une gestion locale et participative
 - À différents niveaux (e.g. agence de l'eau, échelle du bassin)

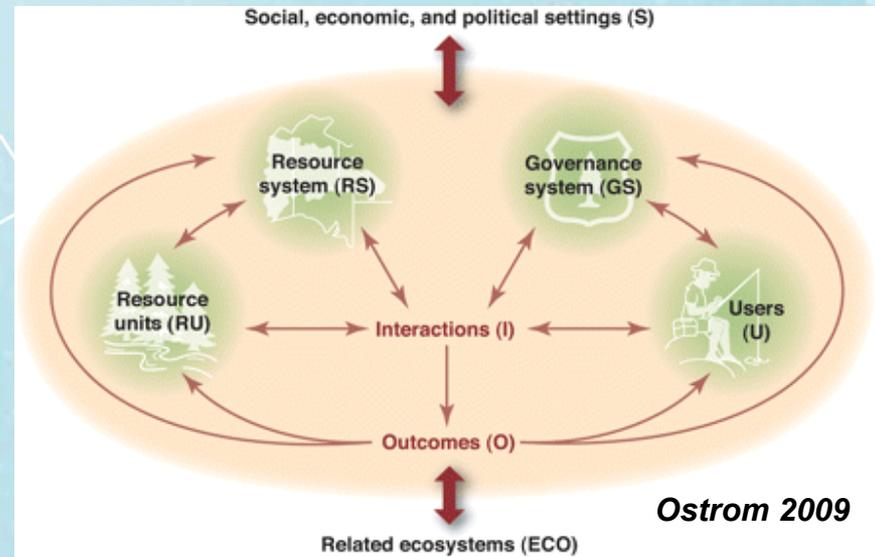
- ❖ Outils (Indicateurs) de gestion de l'eau
 - Débit Objectif d'Etiage : flux minimum pour garantir le fonctionnement normal d'un écosystème

2. Le modèle MAELIA

une architecture générique de modélisation et simulation des socio-agro-hydrosystèmes pour concevoir des modalités de gestion durable des étiages à l'échelle des « bassins versants »



Ferber, 1995



Ostrom 2009

2. Le modèle MAELIA

Processus écologique

- **Modèle sol-culture**
- **Modèle hydrologique**

Processus socio-économique

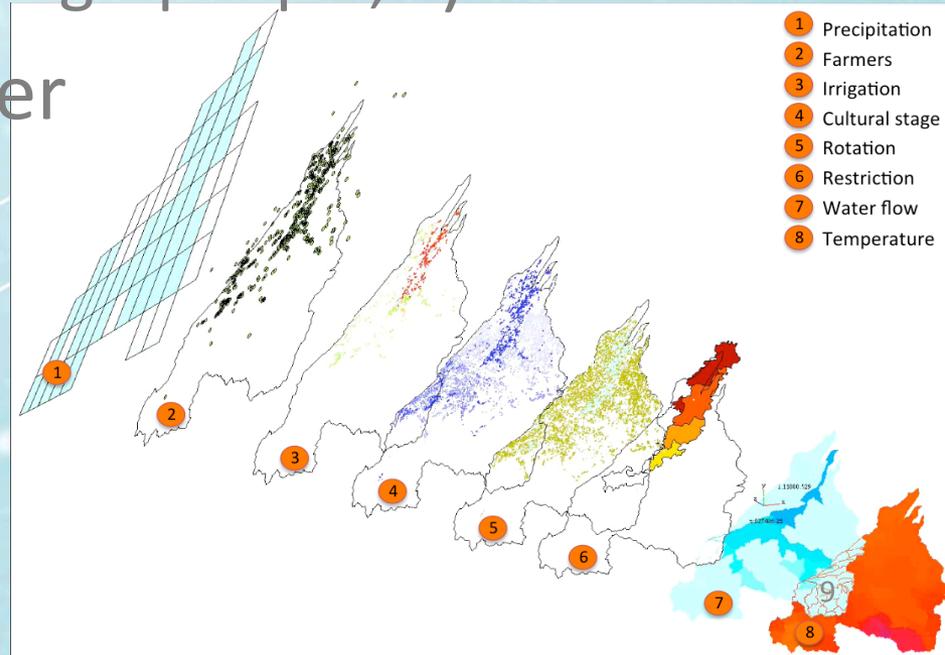
- **Changement démographique** (INSEE, municipalité)
- **Changement d'utilisation des terres** (Corine Land Cover)
- **Consommation d'eau potable**
- **Consommation d'eau industrielle**

Activité humaine (processus de décision)

- **Décision de l'agriculteur**
 - Choix des plans d'assolement
 - Gestion des culture
- **Décision des services d'état**
 - Degrés des états de restriction de l'utilisation de l'eau
- **Décision des gestionnaire de barrage**
 - Lâcher d'eau des barrage

2. Le modèle MAELIA

- ❖ Modulaire
- ❖ Majoritairement déterministe
- ❖ Multi-niveaux (e.g. parcelles, exploitation, zone administrative, zone hydrographique,...)
- ❖ Pas de temps journalier



3. Problématique

- ❖ Comment calibrer un tel modèle ?
 - Spatialisé
 - Modulaire
 - Très grands nombres d'entités (~100 000 agents)
 - Fortes interactions entre processus (ex. irrigation)
 - Forte non linéarité (effet de seuil)
 - Contrainte de temps de temps de calcul (~5H pour 10 ans)

II. La démarche

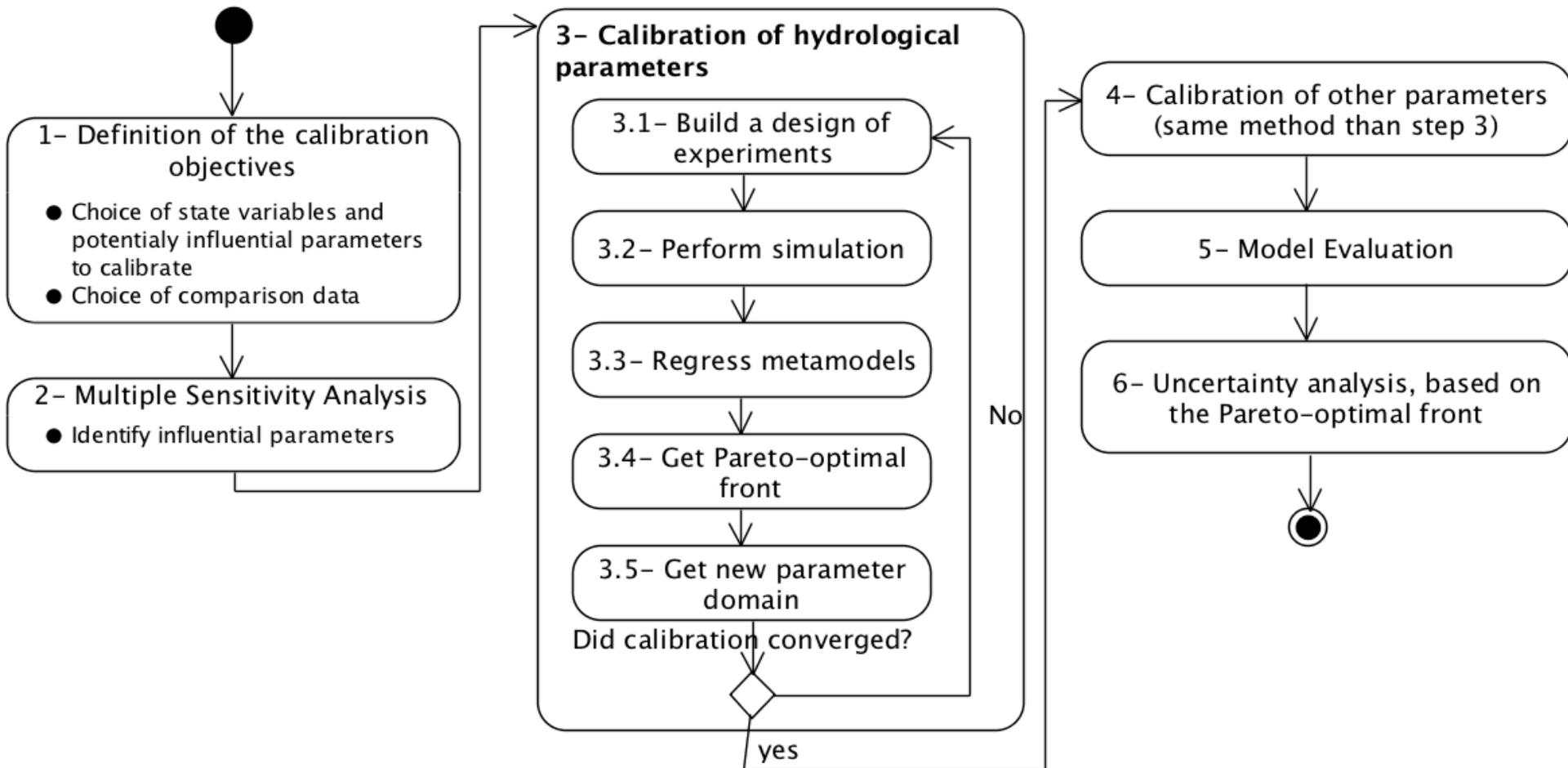
- 1) Les objectifs
- 2) Les différents étapes
- 3) La méthode d'optimisation

1. Les objectifs

❖ Reproduire

- Les dynamiques en **période d'étiage** (durée sous les seuils d'alerte)
- Les quantités (débits) en **période d'étiage**
- Les **effets anthropiques** (Irrigation, Lâcher de barrage, ITKs)

2. Les différentes étapes



2. Les différentes étapes

- ❖ Définition des objectifs (=> variables, paramètres et données)
 - Les débits re-naturalisés 1970-2008
 - Les débits réels 2000-2012

- ❖ Les analyses de sensibilité (=> les paramètres influents)
 - Méthode de Morris (LHS-OAT)
 - Modèle avec ou sans certains modules

2. Les différentes étapes

- ❖ La calibration des paramètres hydrologiques
 - modèle sans prélèvements (irrigation, canaux, ...)
 - Les débits re-naturalisés 1980-2000
- ❖ La calibration des paramètres des agents agriculteurs et barrage
 - modèle complet
 - Les débits réels 2000-2005
- ❖ Evaluation et analyse d'incertitudes
 - Les débits re-naturalisés 2001-2008
 - Les débits réels 2006-20012

3. Le choix de la méthode d'optimisation

- ❖ Optimisation multi-critères
 - 4 critères numériques
 - 16 paramètres hydrologiques influents sur 33

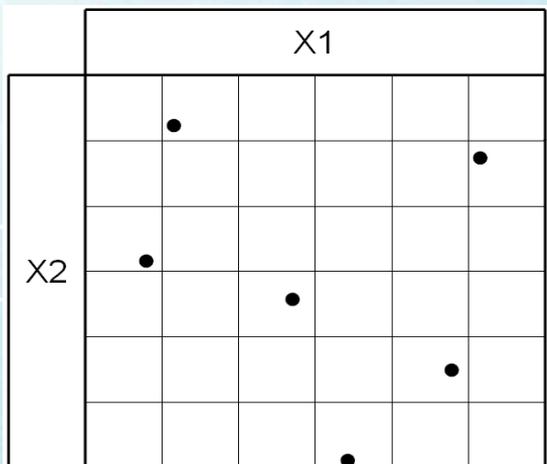
- ❖ Contraintes de temps de calcul
 - Simulation modèle complet pour 10 ans:
 - ~6 H et 5 Go de RAM
 - => Calcul intensif + DoE et métamodèles

- ❖ Obtenir une distribution de paramètres

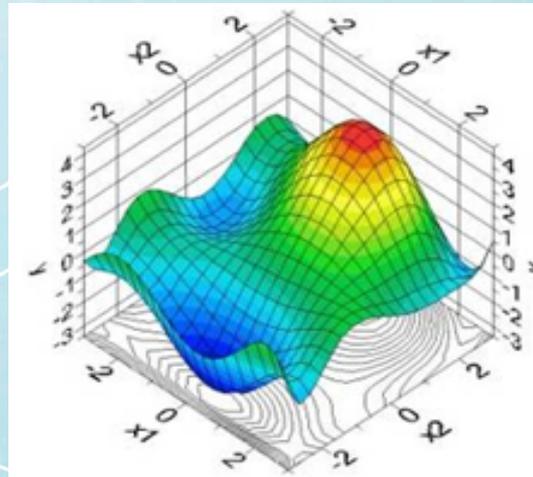
3. La méthode d'optimisation

- ❖ MAM : Multi-Point Approximation Method
 1. On fait un premier DoE
 2. On régresse des métamodèles
 3. On cherche des optimum (front de Pareto)

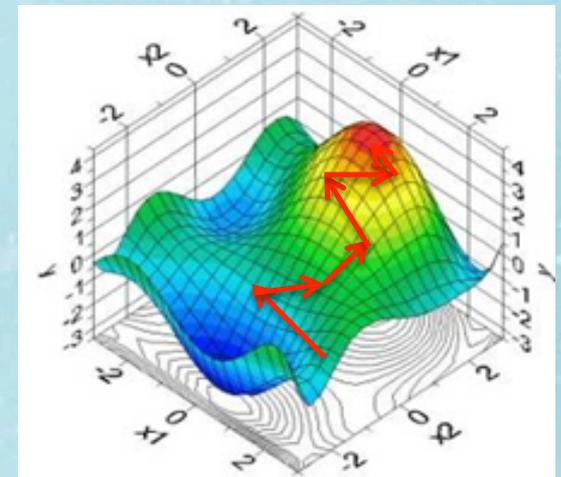
1



2



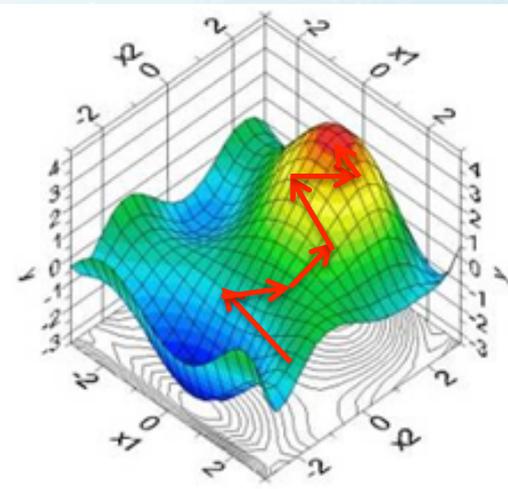
3



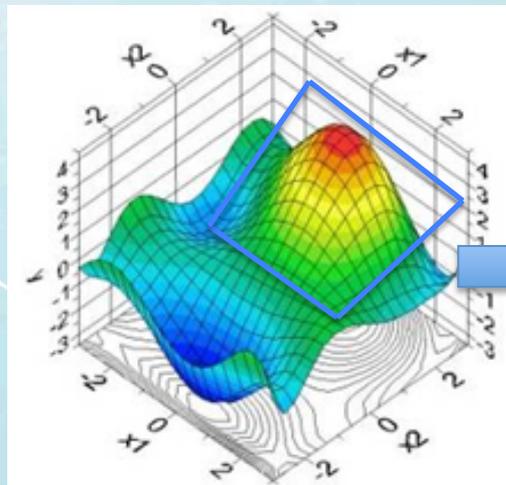
3. La méthode d'optimisation

- ❖ MAM : Multi-Point Approximation Method
 3. On cherche des optimum (front de Pareto)
 4. On en déduit une nouvelle zone de recherche
 - On itère => mise à jour des surfaces

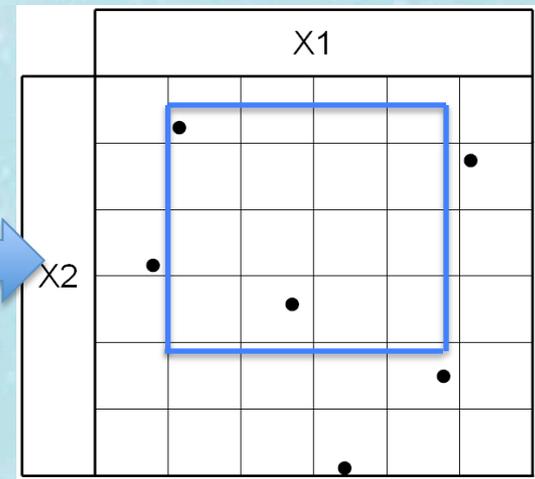
3



4



1'



III. Calibration

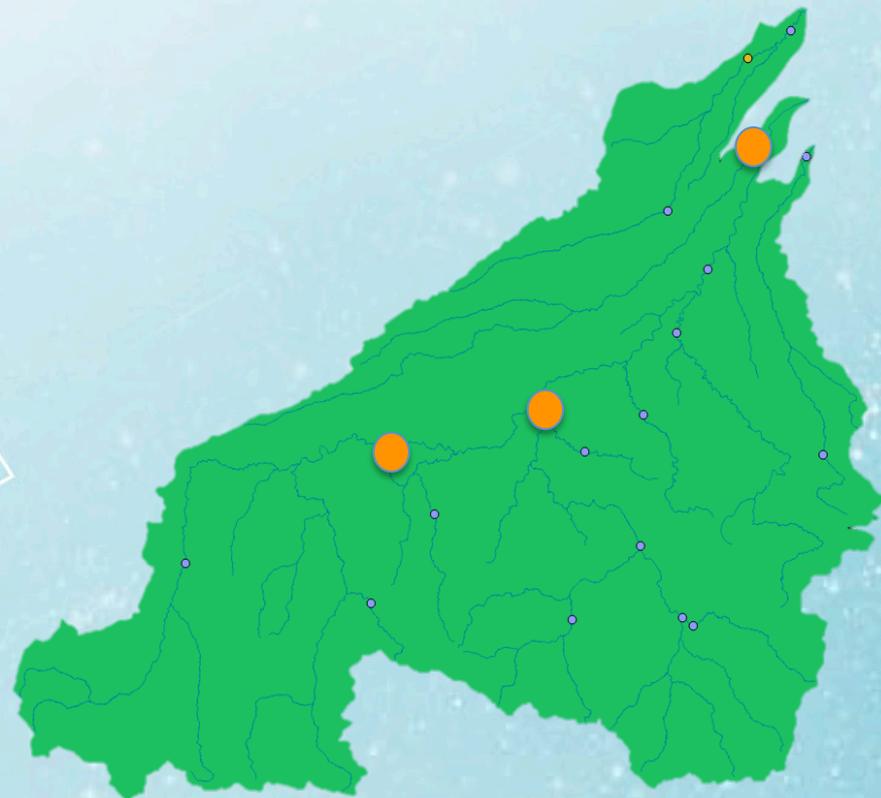
- 1) Les données
- 2) Les critères numériques
- 3) Implémentation

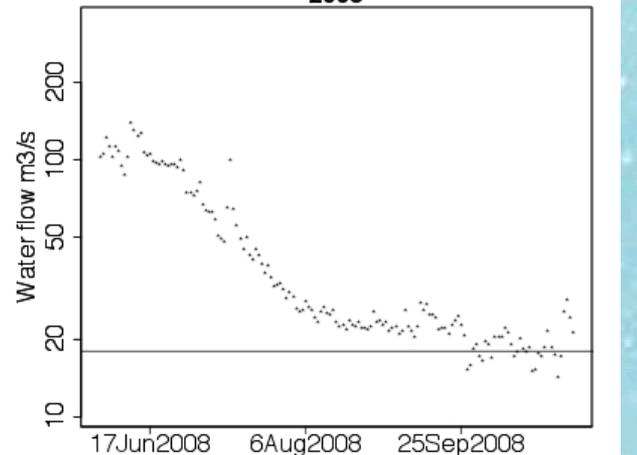
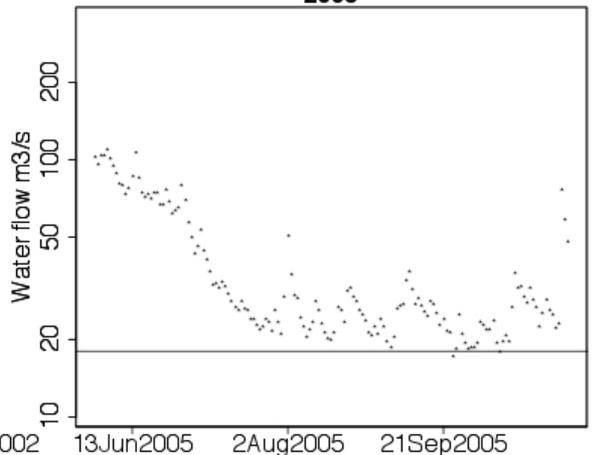
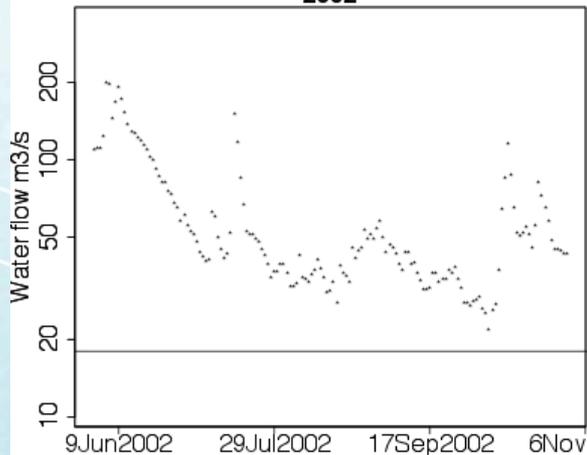
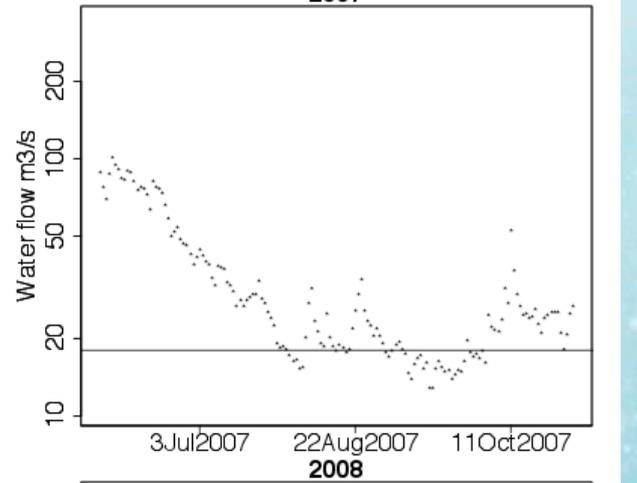
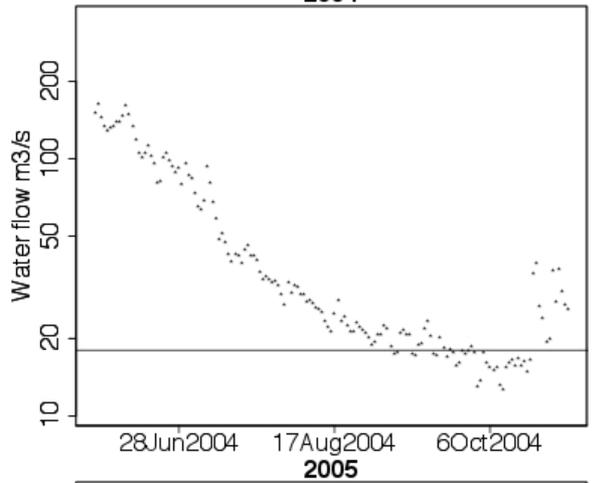
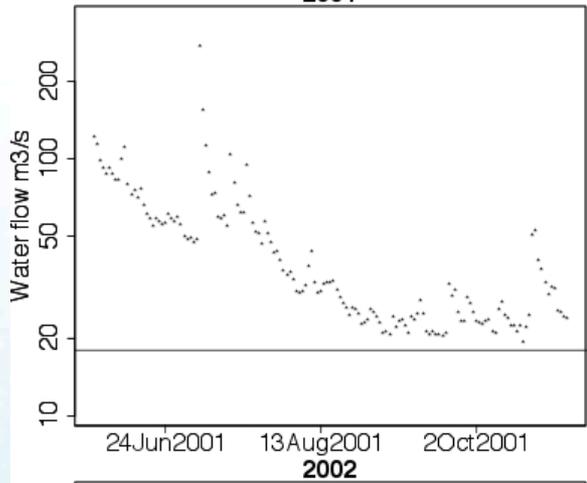
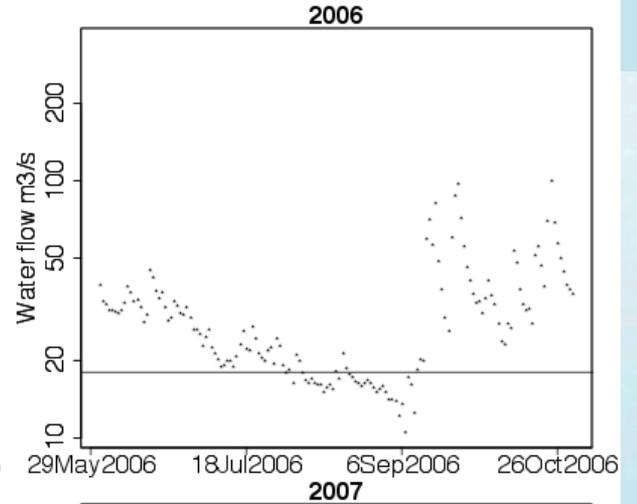
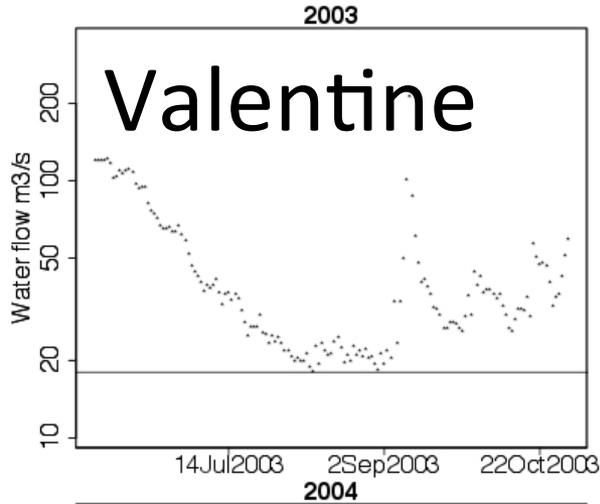
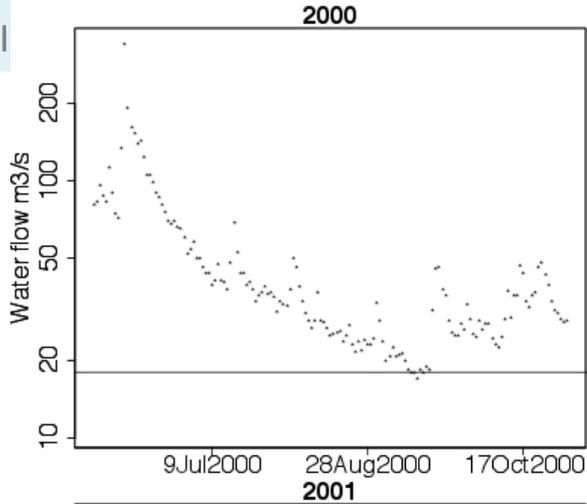
Calibration

- ❖ Calibration en deux étapes
 - Partie hydro ; comparaison au débits "renaturalisés"
 - Puis l'ensemble du modèle

1. Les données

- ❖ Données de comparaison :
 - Hydrologie reconstituée sur 1975-2008
 - Roquefort
 - Valentine
 - Portet (- Auterive)
- ❖ Calibration 1980-2000
 - 1977-1979 initialisation
- ❖ Evaluation 2001-2008





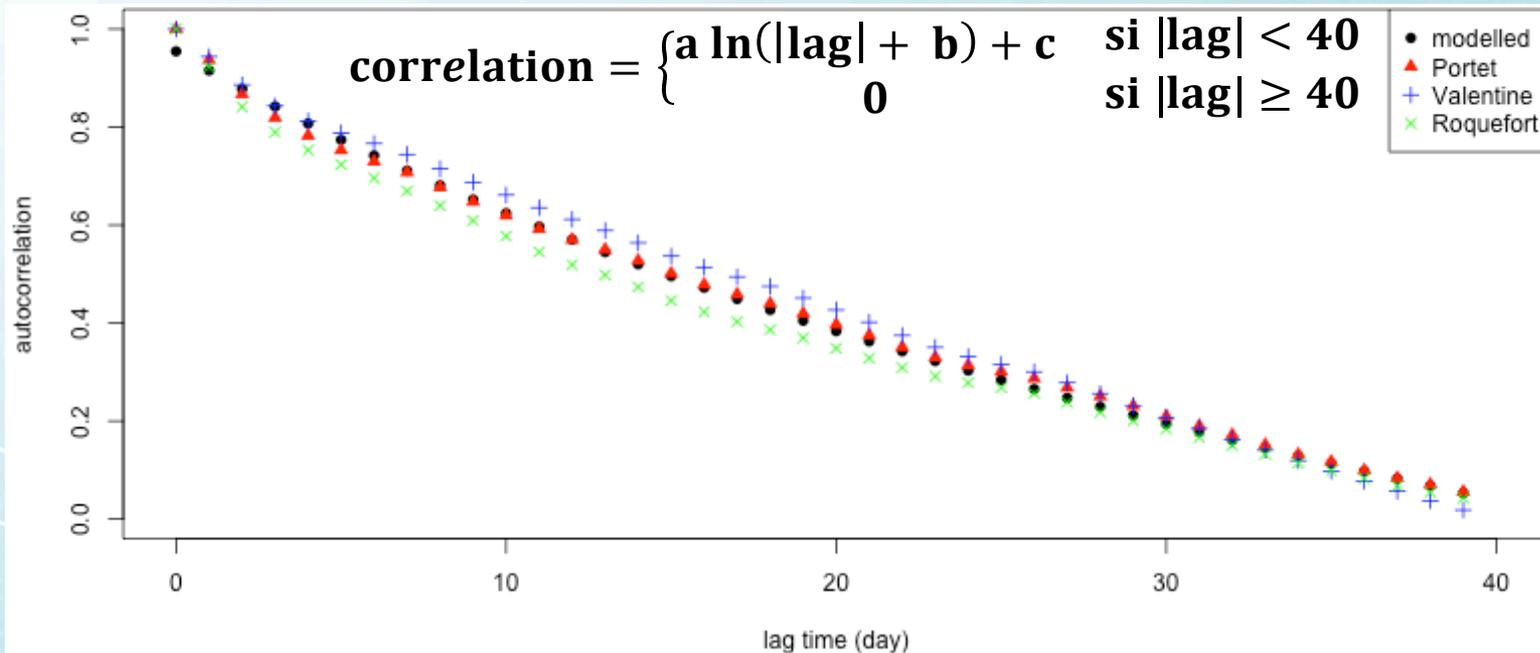
2. Les critères numériques

- 1 critère pour reproduire valeur et dynamique du débit

- 3 critères sur les dates d'étiage
 - Durée d'étiage
 - La date de début d'étiage
 - La date de fin d'étiage

2. Les critères numériques

- Norme L_2 sur le carré des erreurs (*transformation log des débits*)
 - Matrice variance-covariance C_{P-O}^{-1}
- $$C_1 = \|P - O\|_{C_{P-O}} = [(P - O)^T C_{P-O}^{-1} (P - O)]^2$$
- Pondération 1/10 pic et $\frac{1}{2}$ débit $> 1.2 VCN_{10}$



2. Les critères numériques

○ Critère date et durée étiage

- durée

$$C_2 = \sum_{i=1}^n \left(\mathit{Length}_{\mathit{Low water period}_{\mathit{Maé\acute{e}lia}}} - \mathit{Length}_{\mathit{Low water period}_{\mathit{Ununfluenced data}}} \right)^2$$

- Début

$$C_3 = \sum_{i=1}^n \left(\mathit{Start}_{\mathit{Low water period}_{\mathit{Maé\acute{e}lia}}} - \mathit{Start}_{\mathit{Low water period}_{\mathit{Ununfluenced data}}} \right)^2$$

- Fin

$$C_4 = \sum_{i=1}^n \left(\mathit{End}_{\mathit{Low water period}_{\mathit{Maé\acute{e}lia}}} - \mathit{End}_{\mathit{Low water period}_{\mathit{Ununfluenced data}}} \right)^2$$

3. Implémentation

- ❖ DoE : LHS de taille 160

- ❖ 3 surfaces de réponse / critère
 - Krigeage
 - 3 types de covariances
 - Pondération des surfaces par comparaison entre prédictions (métamodèle N-1) et réalisation du modèle (DoE N)

3. Implémentation

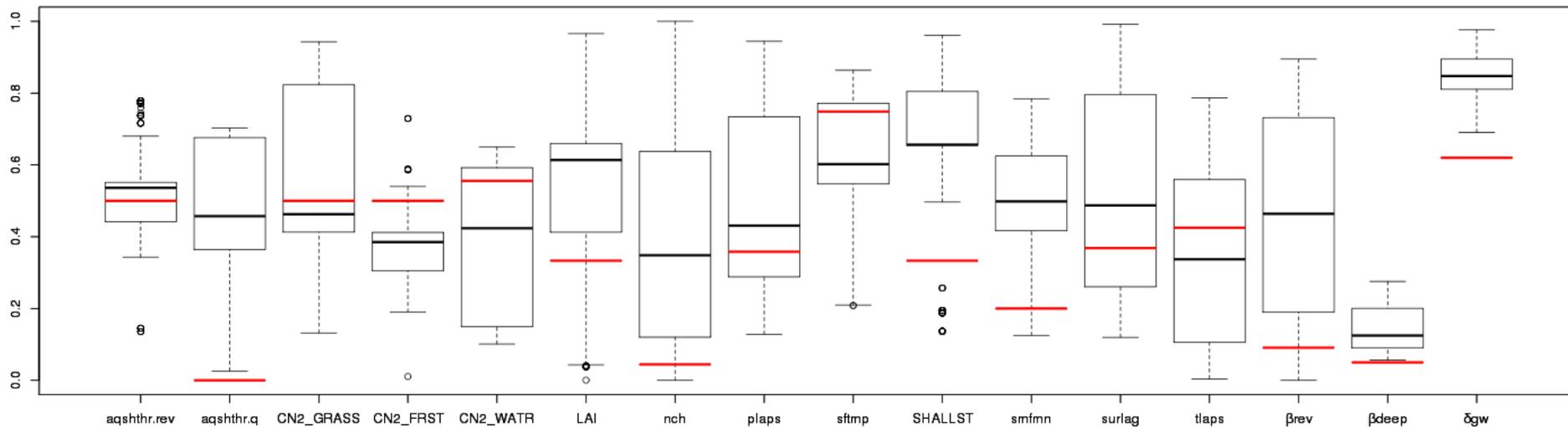
- ❖ Recherche du front de Pareto
 - Algorithme du gradient (disponibilité du gradient du krigeage)
 - Exploration locale du front
 - Sélection aléatoire du gradient d'un critère
 - Pas de longueur aléatoire
 - => Obtention de 200 points
- ❖ Calcul sur grille (~48H par étape)

IV. Les résultats

- 1) Les paramètres
- 2) Evaluation

1. Les paramètres

❖ Etape 7



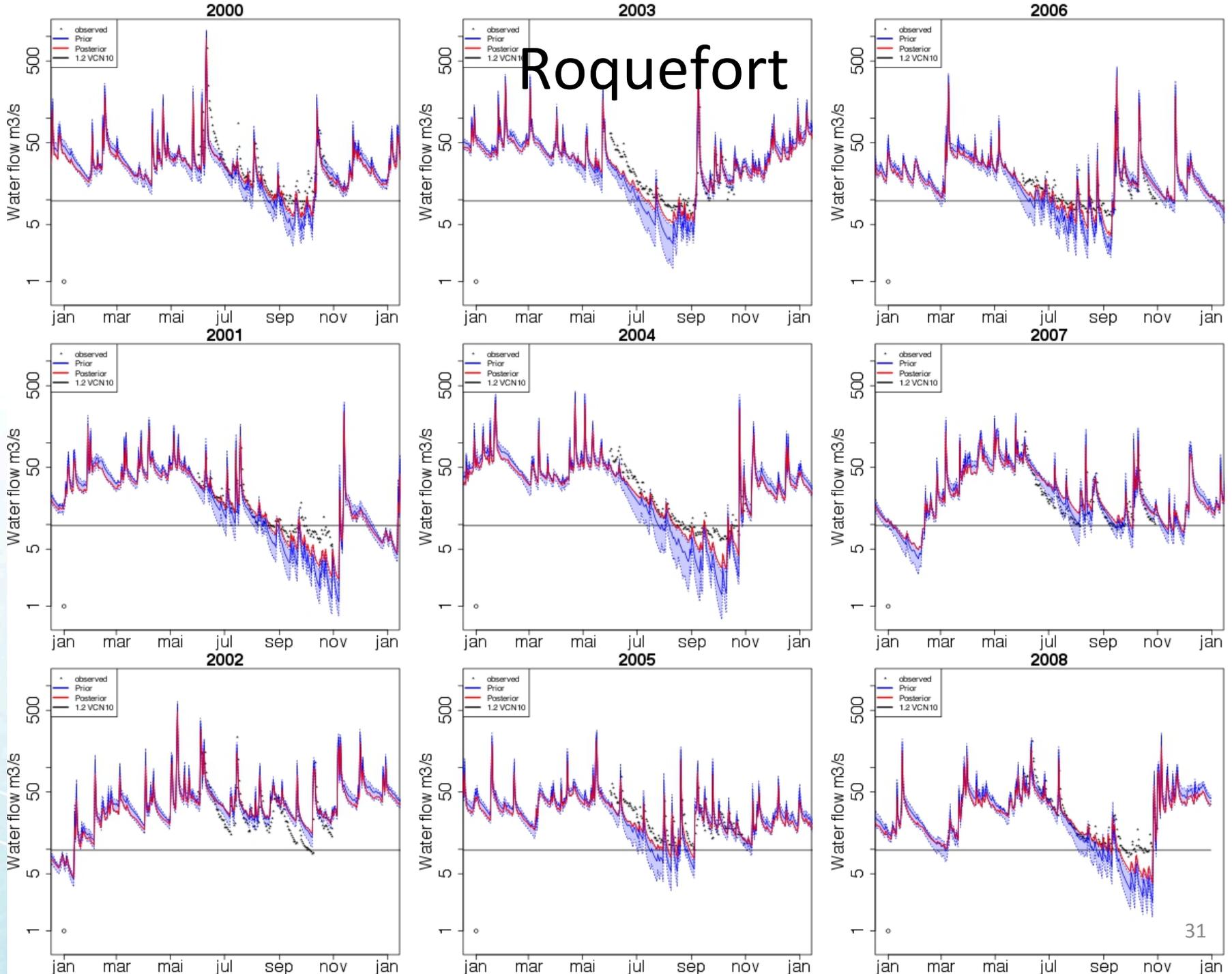
❖ Etape N jusqu'à convergence

Convergence non uniforme des paramètres

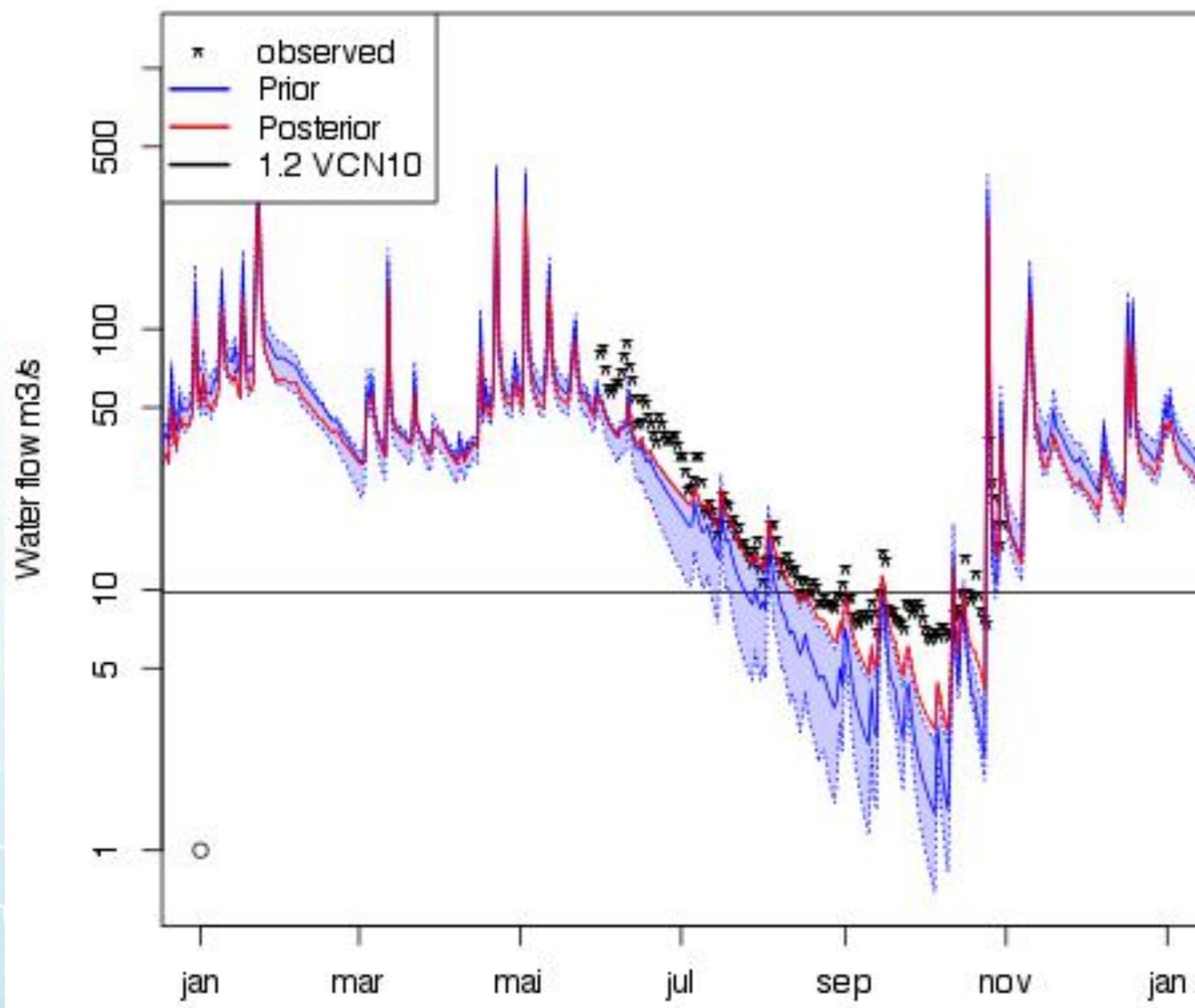
2. Evaluation

- ❖ Comparaison sur 2001-2008
 - Débit "re-naturalisé"
 - Prior : valeur de référence $\pm 20\%$ intervalle littérature
 - Posterior : distribution du front de Pareto
 - Estimation simple de l'incertitude par un LHS (pas prise en compte des covariances)

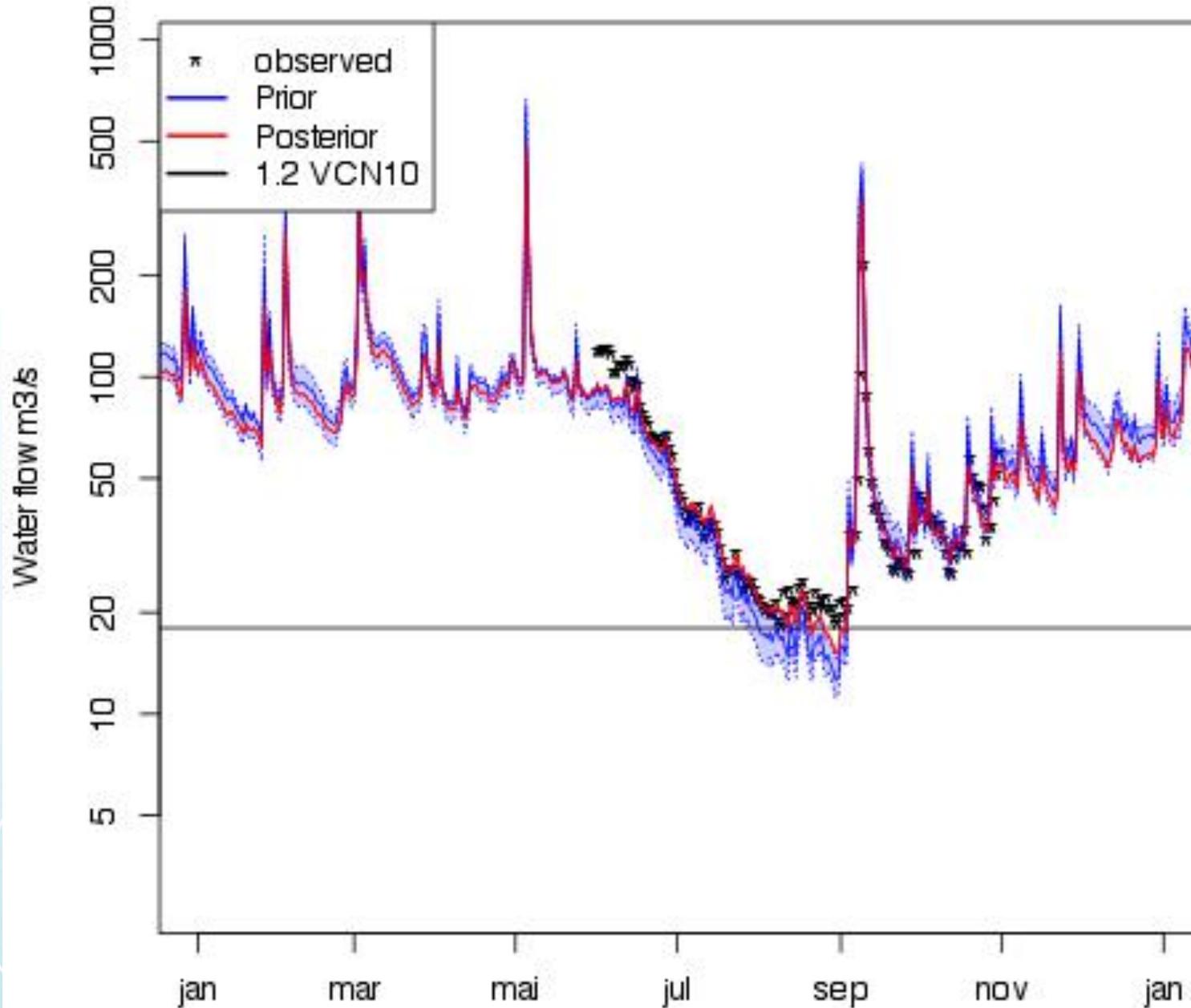
Roquefort



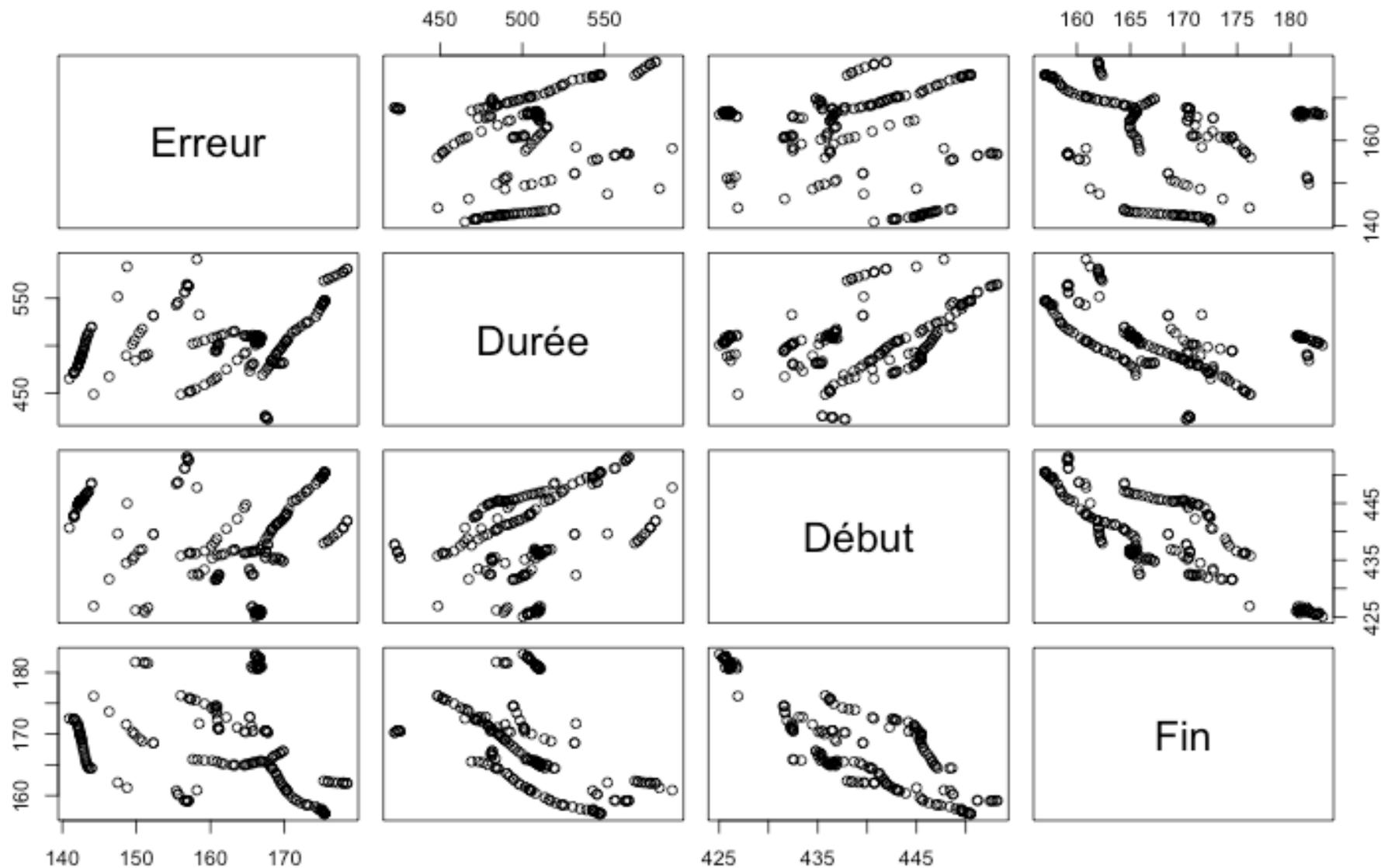
Roquefort 2004



Valentine 2003



Des critères corrélés négativement



V. Conclusion

Conclusion

- ❖ Des incertitudes difficiles à quantifier dans les données de comparaison
- ❖ Des manques dans le modèle
 - Modélisation des canaux
- ❖ Des corrélations négatives entre critères
- ❖ Une convergence non uniforme des paramètres
 - Paramètres non influents ? ou forte corrélation
- ❖ Un seul jeu de paramètres pour toute la zone: une erreur ?

Conclusion

- ❖ Travail en cours
 - Résultats encourageants

- ❖ Une méthode robuste
 - Possibilité de « réutiliser la base de simulation avec d'autres critères »

- ❖ Des questions méthodologiques:
 - Affiner la construction des DoE
 - Choix des métamodèles (et pondération)

Merci de votre attention

