



# Calibration du modèle multi-agent MAELIA pour l'évaluation des normes de gestion d'étiage

R. Lardy, V. Picheny, P. Mazzega, C. Sibertin-Blanc, Y. Auda,  
J.-M. Sanchez-Perez, S. Sauvage, O. Therond  
séminaire Optimisation - Modèle Complexe  
4-6 novembre 2014



# Plan

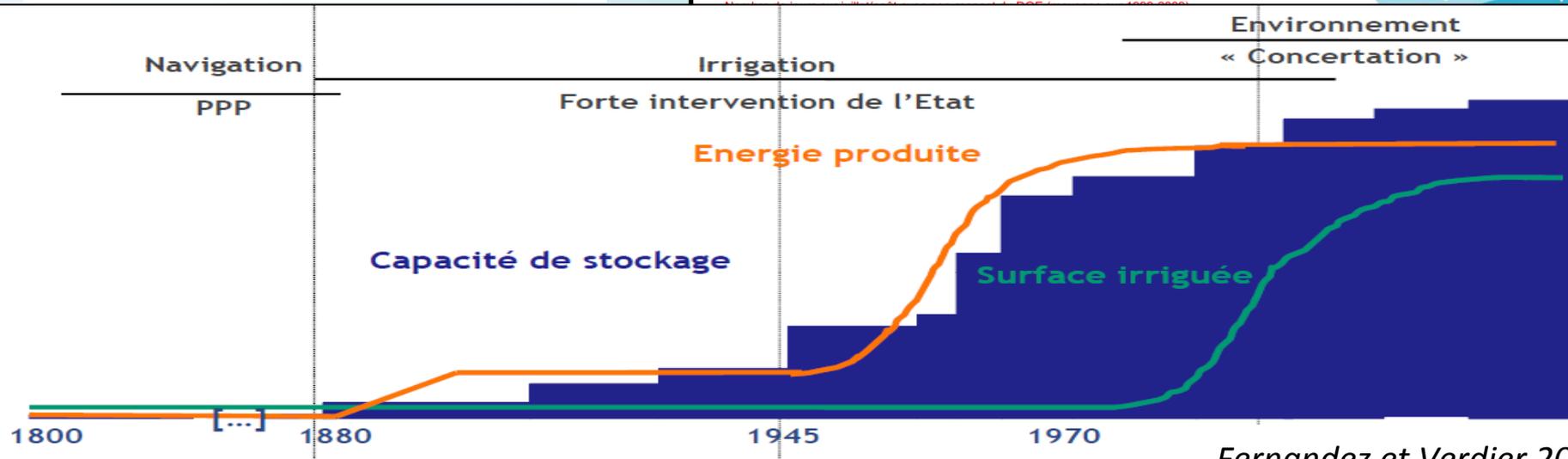
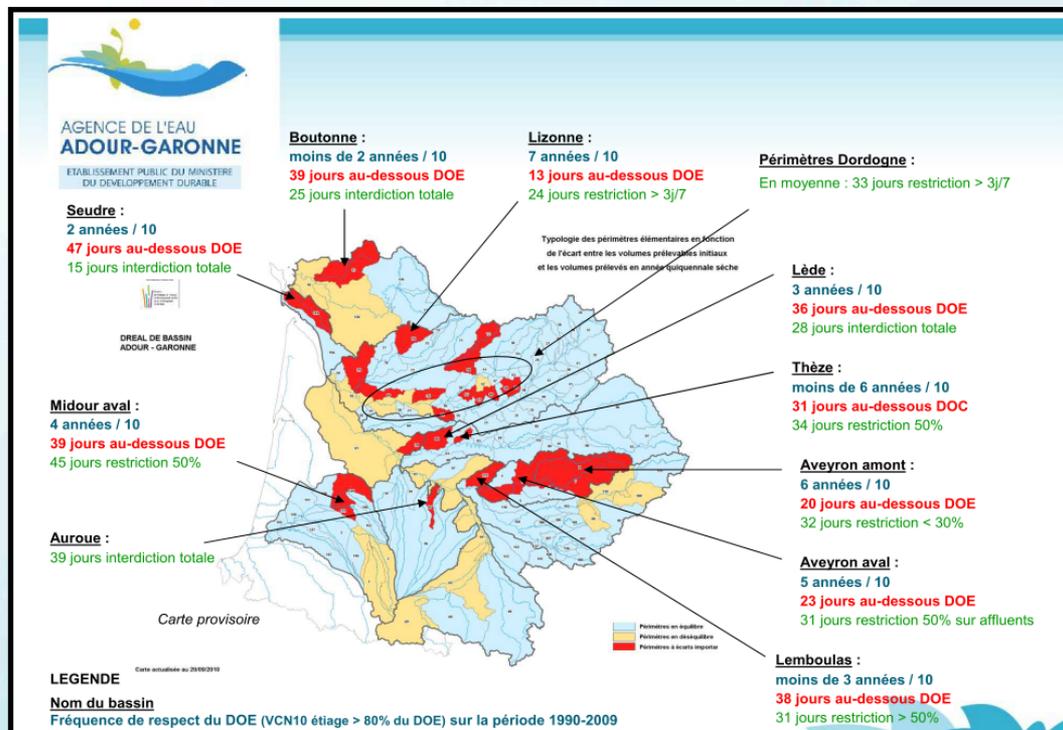
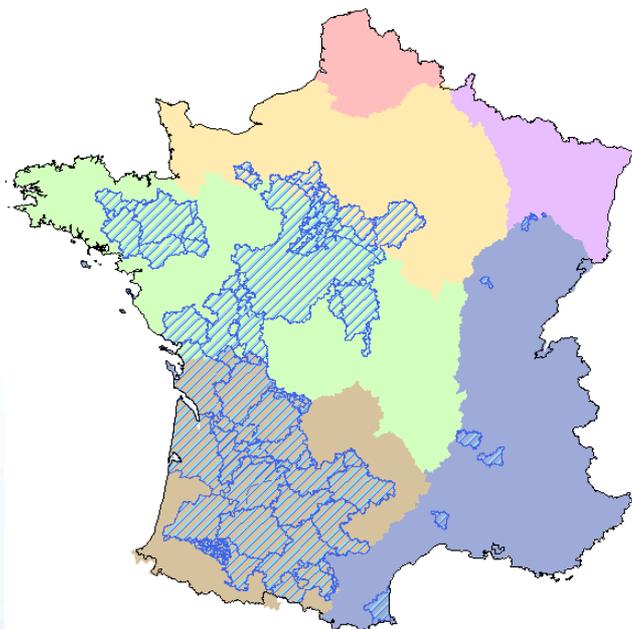
- ❖ Introduction
- ❖ La démarche
- ❖ La calibration
- ❖ Résultats
- ❖ Conclusion

# 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



# Le cas d'étude MAELIA : le bassin Adour-Garonne

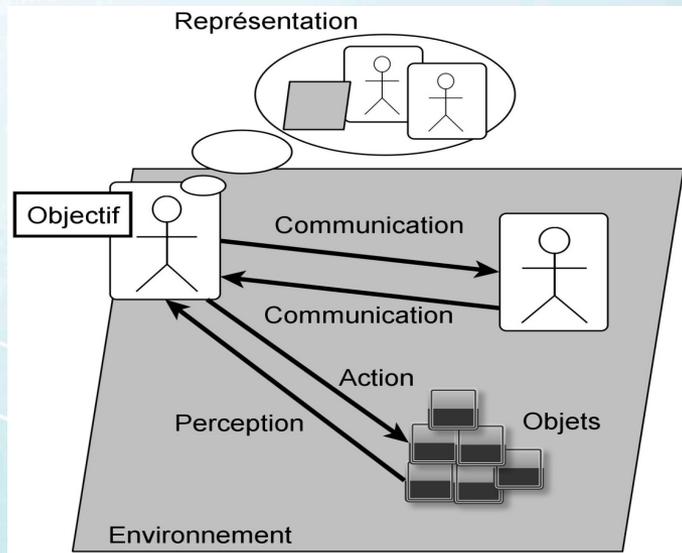


# 1. Contexte: la gestion des étiages

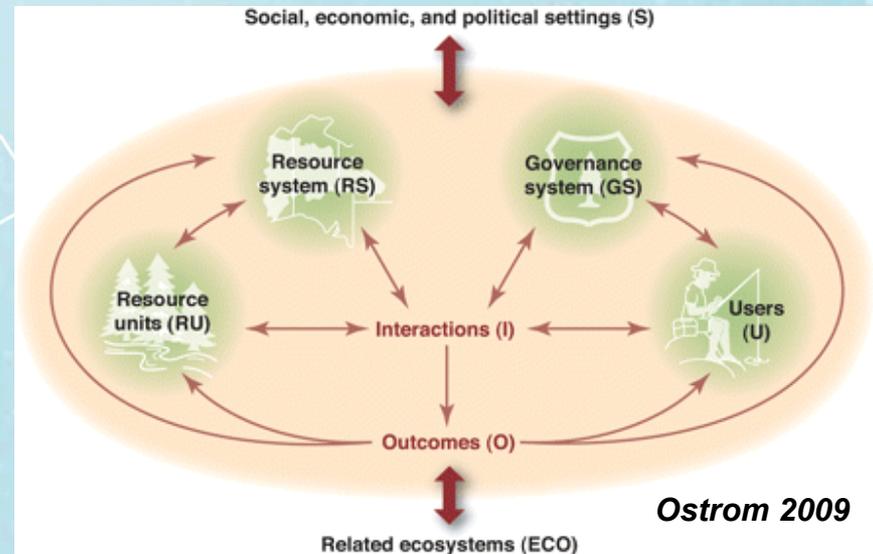
- ❖ **Augmentation de la fréquence des situations de crise**, ces dernières années dans le bassin Adour-Garonne
- ❖ De mai-octobre : irrigation = 75% des prélèvements
- ❖ Problématique du changement climatique
  - Comment maintenir l'écosystème aquatique et les activités agricoles ?

## 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

### Ecological processes

- Soil-crop model
- Hydrologic model

### Socio-economic processes (phenomena)

- **Demographic changes** (INSEE, municipality level)
- **Land Cover changes** (Corine Land Cover database)
- **Drinking Water Consumption**
- **Industrial Water Consumption**

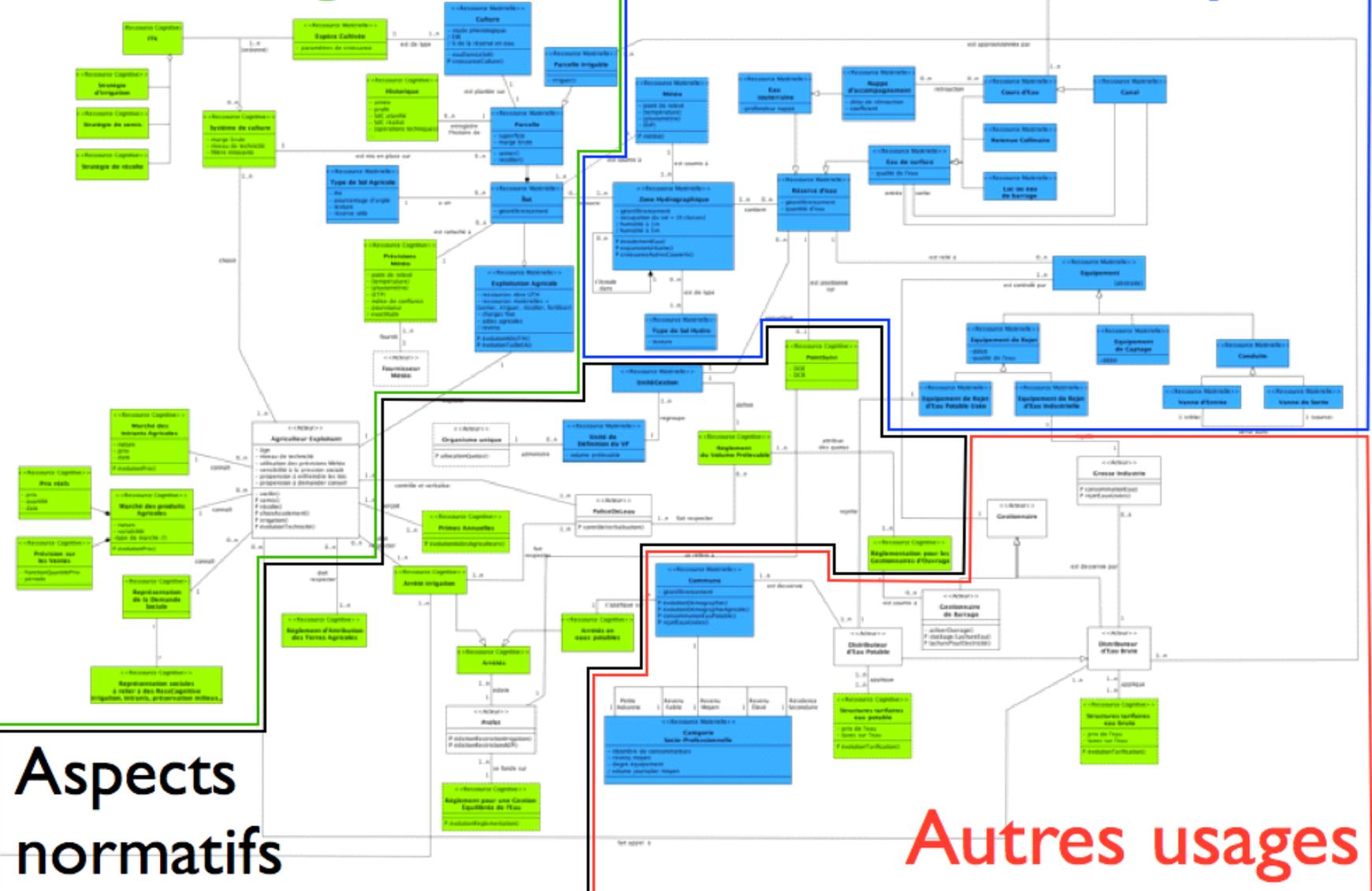
### Human activities (Decision process)

- **Farmer decision**
  - crop allocation plan
  - crop management
- **State services decision:**
  - decree of water-use restrictions (severity & spatial extension)
- **Dam Manager decision:**
  - water releases

# Structure des situations de gestion

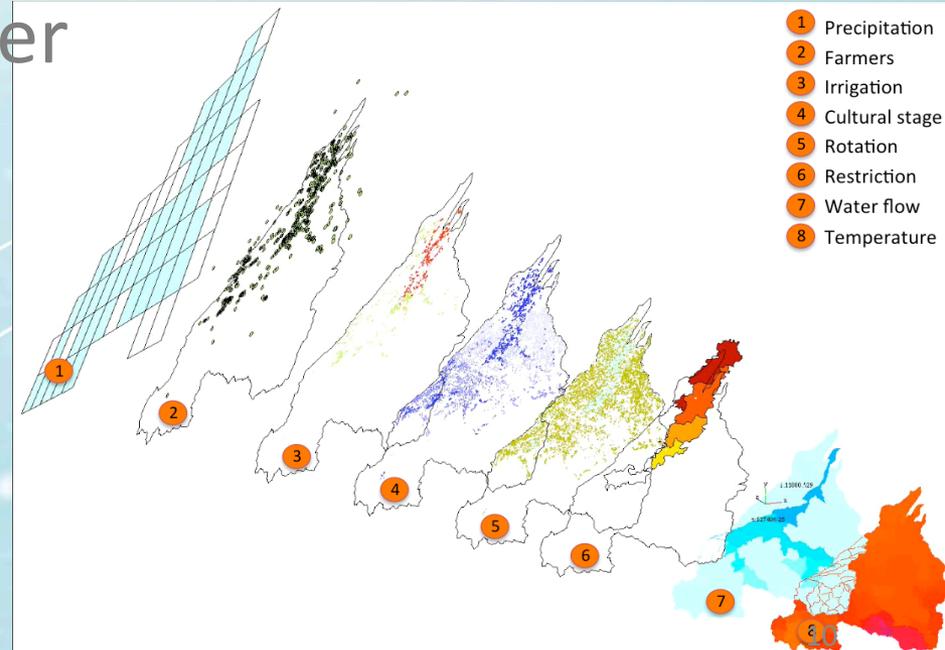
## Modèle agricole

## Modèle hydro



## 2. Le modèle MAELIA

- ❖ Modulaire
- ❖ Majoritairement déterministe
- ❖ Multi-niveaux
- ❖ Pas de temps journalier



# 3. Problématique

- ❖ Comment calibrer un tel modèle ?
  - Modulaire
  - Spatialisé
  - 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 entre les seuils d'alerte)
- Les quantités (débits) en **période d'étiage**
- Les **effets anthropiques** (Irrigation, Lâcher de barrage, ITKs)

## 2. Les différentes étapes

- ❖ Définition des objectifs (=> variables, paramètres et données)
  - Les débits re-naturalisés 1970-2008
- ❖ Les analyses de sensibilité (=> les paramètres influents)
  - Méthode de Morris (LHS-OAT)
- ❖ La calibration des paramètres hydrologiques
  - modèle sans prélèvements (irrigation, canaux, ...)
  - Les débits re-naturalisés 1980-2000
- ❖ Evaluation et analyse d'incertitudes
  - Les débits re-naturalisés 2001-2008

# 3. Le choix de la méthode d'optimisation

- ❖ Optimisation multi-critères
  - 4 critères numériques
  - 8 paramètres hydrologiques influents sur 22
  
- ❖ Contraintes de temps de calcul
  - Simulation modèle complet pour 10 ans:
    - ~6 H et 5 Go de RAM
  - Simulation modèle hydrologique seul sur 30 ans ~30min
    - => Calcul intensif + DoE et métamodèles
  
- ❖ Obtenir une distribution de paramètres

## 3. La méthode d'optimisation

### ❖ Algorithme EGO

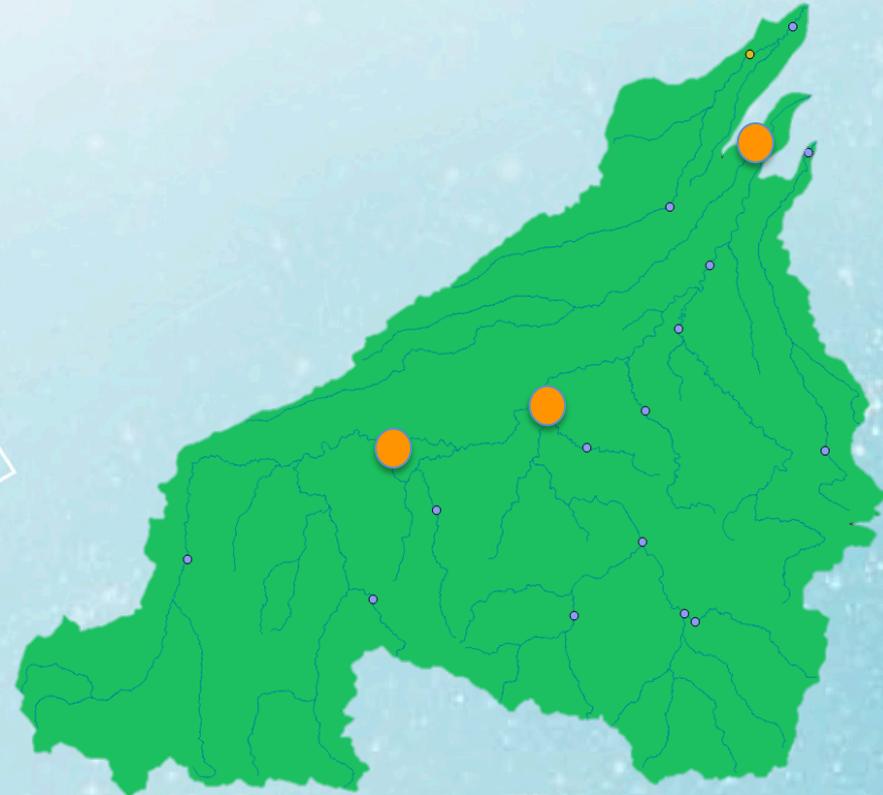
1. On fait un premier DoE
2. On régresse des krigeages (**mélanges**)
3. On cherche où placer **les points suivants**
  - Minimisation du critère IMSE
4. On itère => réalisation du nouveau plan d'expériences puis mise à jour des surfaces

# III. Calibration

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

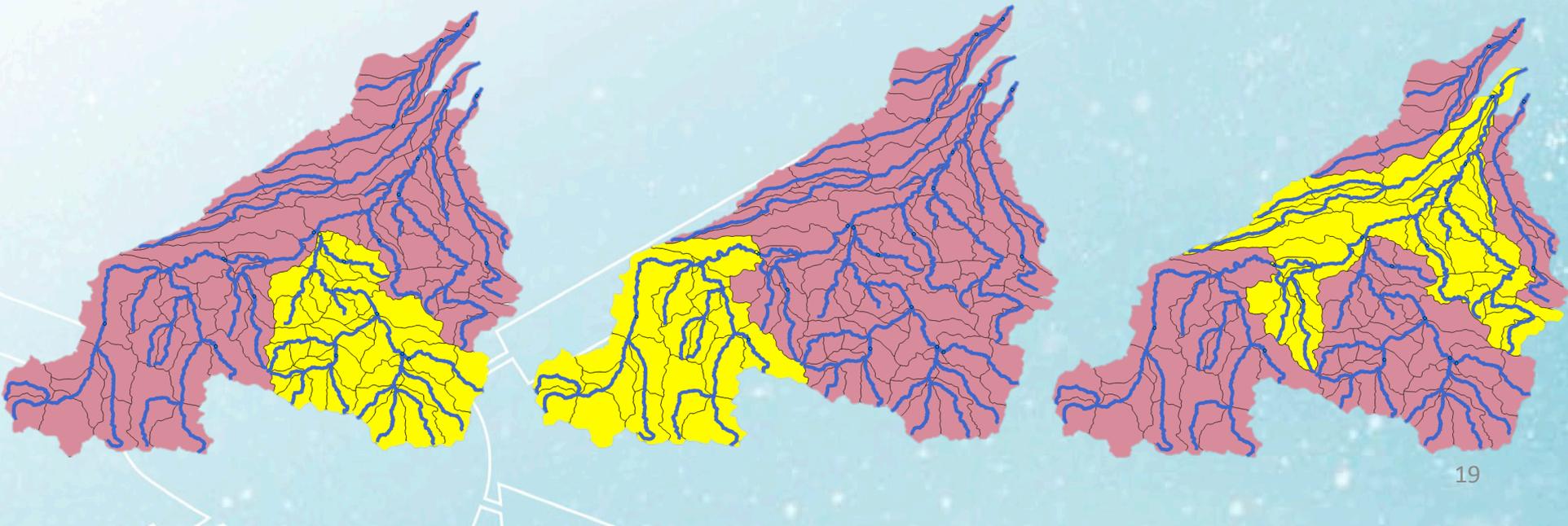
# 1. Les données

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



## 2. Amélioration de la méthode d'optimisation

- ❖ Division de la zone en trois sous-bassins
  - 3 jeux de paramètres (cohérence spatiale)
  - Avant Roquefort (30 ZH), avant Valentine (20 ZH)
  - Jusqu'à Portet (38 ZH)

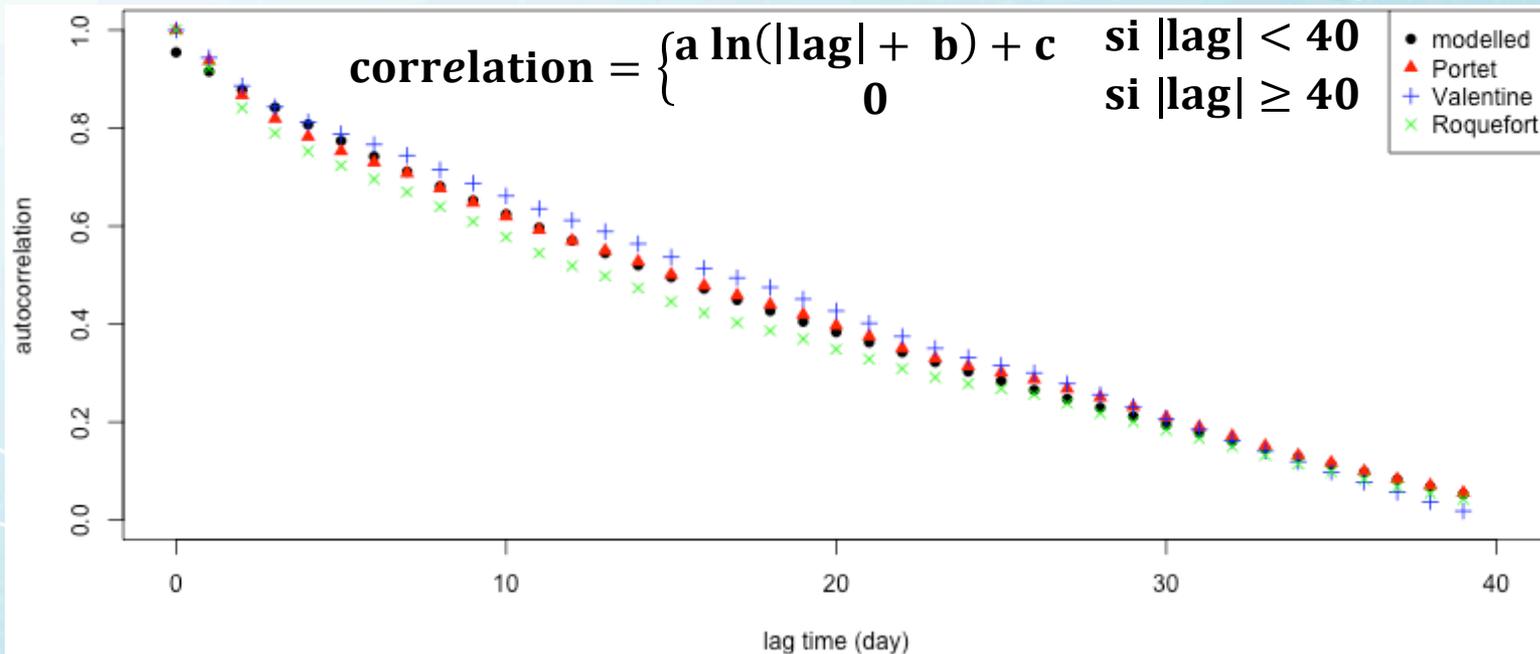


## 2. Les critères numériques

- ❖ 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

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

- Début

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

- Fin

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

# 3. Implémentation

- ❖ DoE initial: LHS de taille 160
  
- ❖ Mélange de 3 krigeages / critère
  - 3 types de covariances
    - Gauss avec tendance constante
    - Matern5\_2, tendance linéaire
    - PowExp, tendance linéaire + interactions
  - Simplification à 3 critères
    - Très forte corrélation de l'erreur de prédiction entre durée et date de début
    - Ecart ; durée ; date de fin
  - Pondération des surfaces par l'erreur de prédictions

## 3. Implémentation

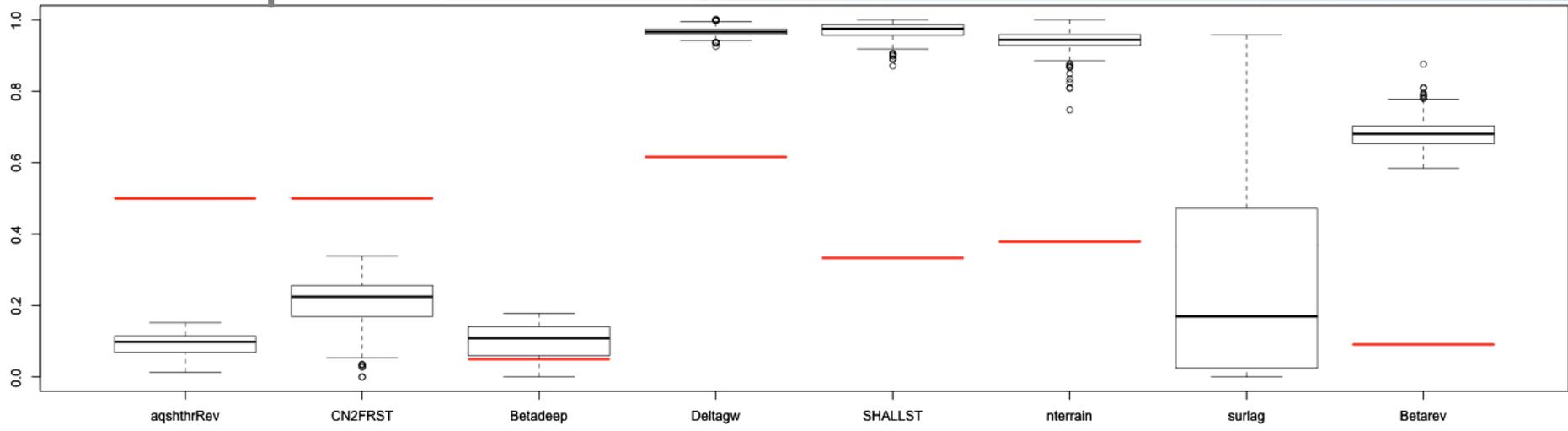
- ❖ Recherche du nouveau DoE
  - 36 points
- ❖ Calculs sur machine local
  - 12 processeurs
  - 2-3H/étape
  - Enchaînement des simulations avec OpenMOLE
- ❖ Arrêt à l'étape 29 ~1200 simulations
  - Utilisation d'un algorithme génétique pour trouver le front de Pareto des 4 critères

# IV. Les résultats

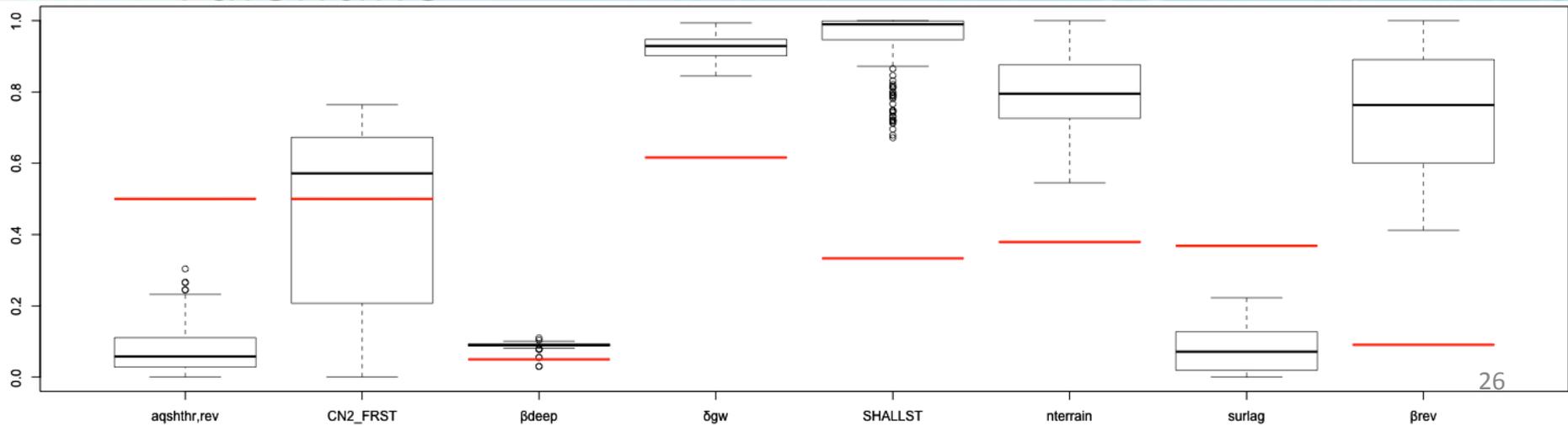
- 1) Les paramètres
- 2) Evaluation

# 1. Les paramètres

## ❖ Roquefort



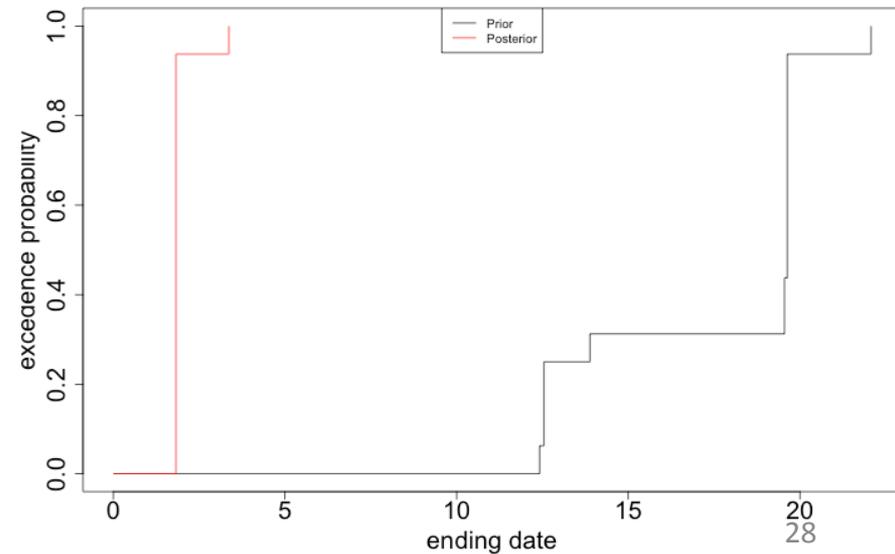
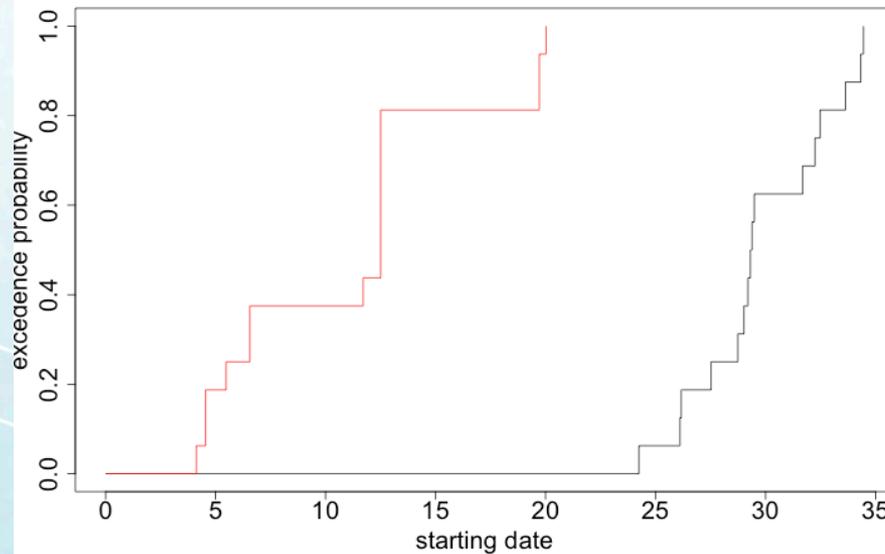
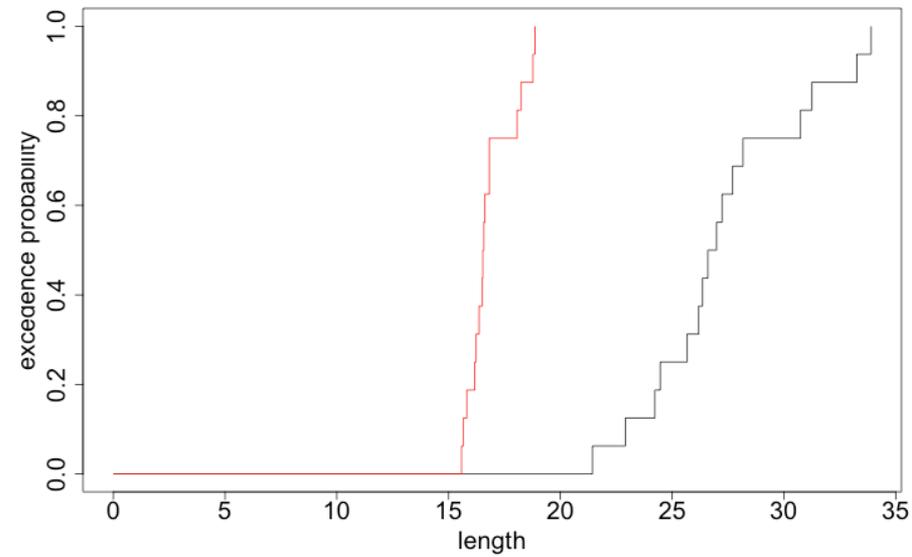
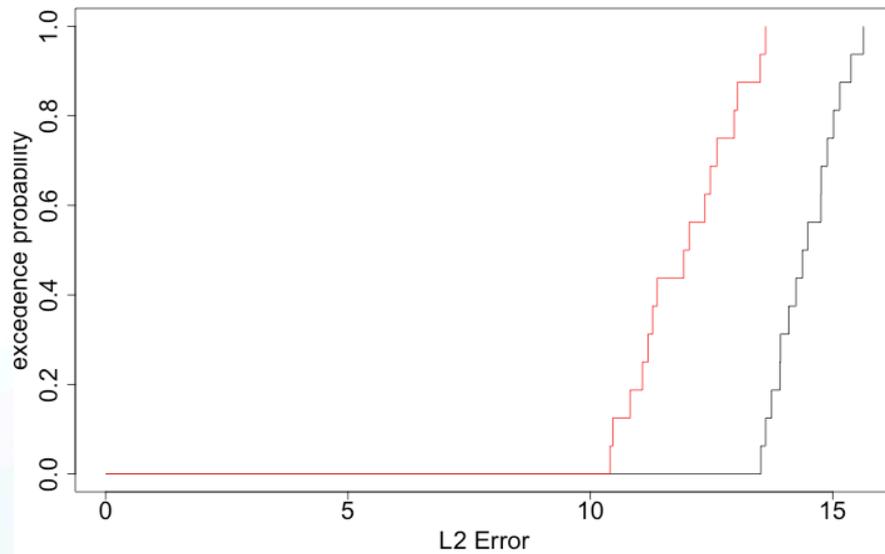
## ❖ Valentine



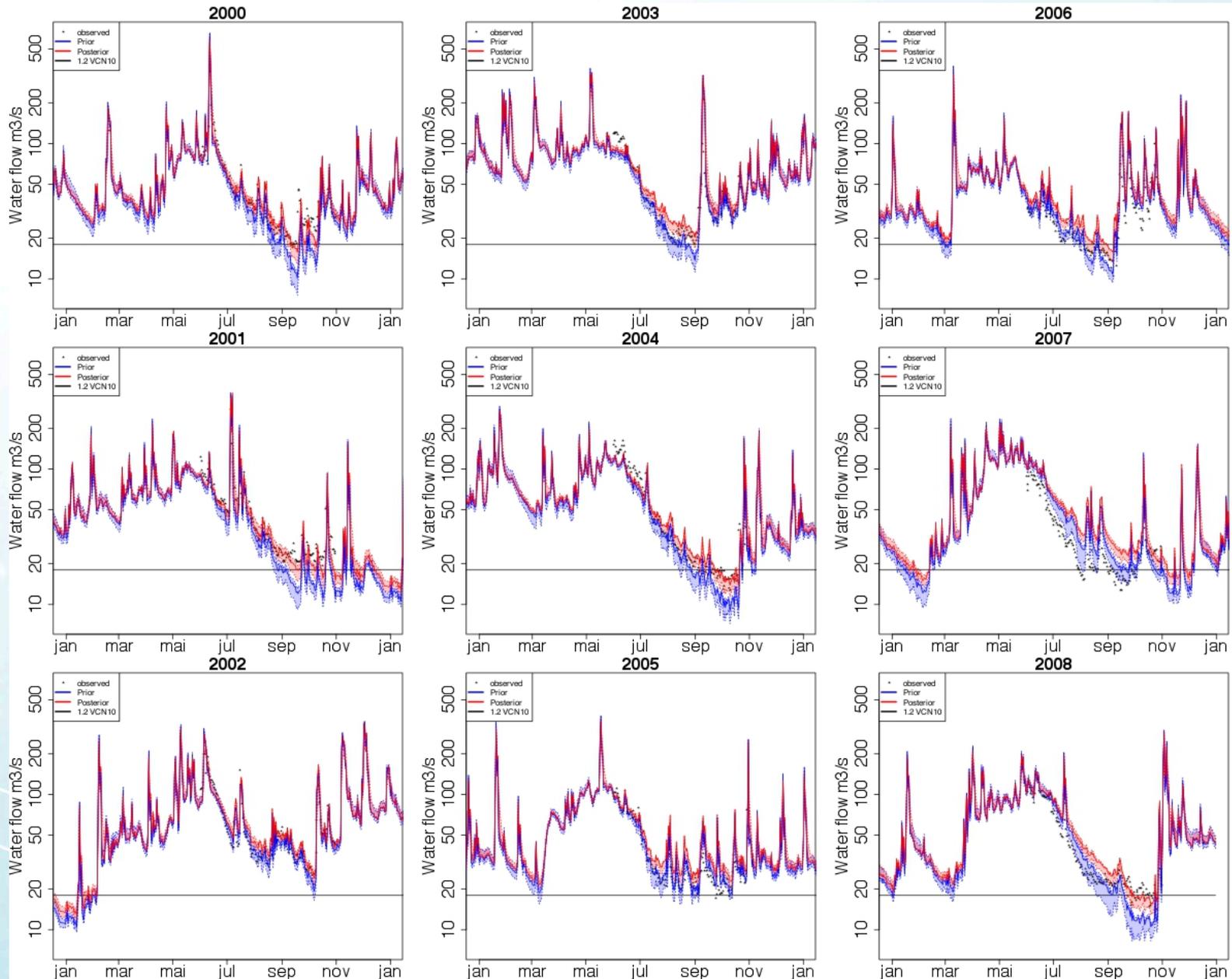
## 2. Evaluation

- ❖ 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 (de taille 16 avec non prise en compte des covariances)

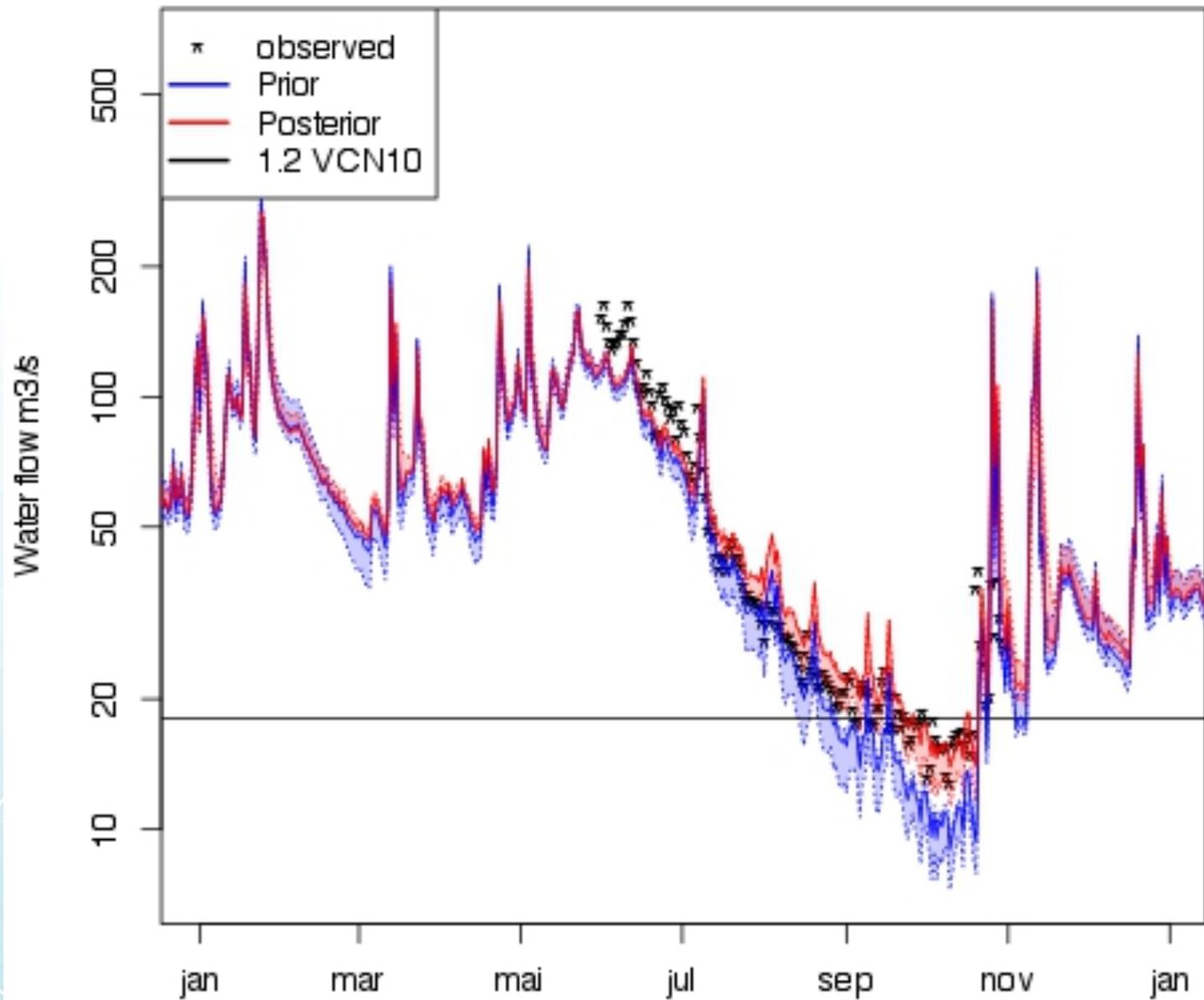
# Valentine – Evaluation des critères d'erreurs



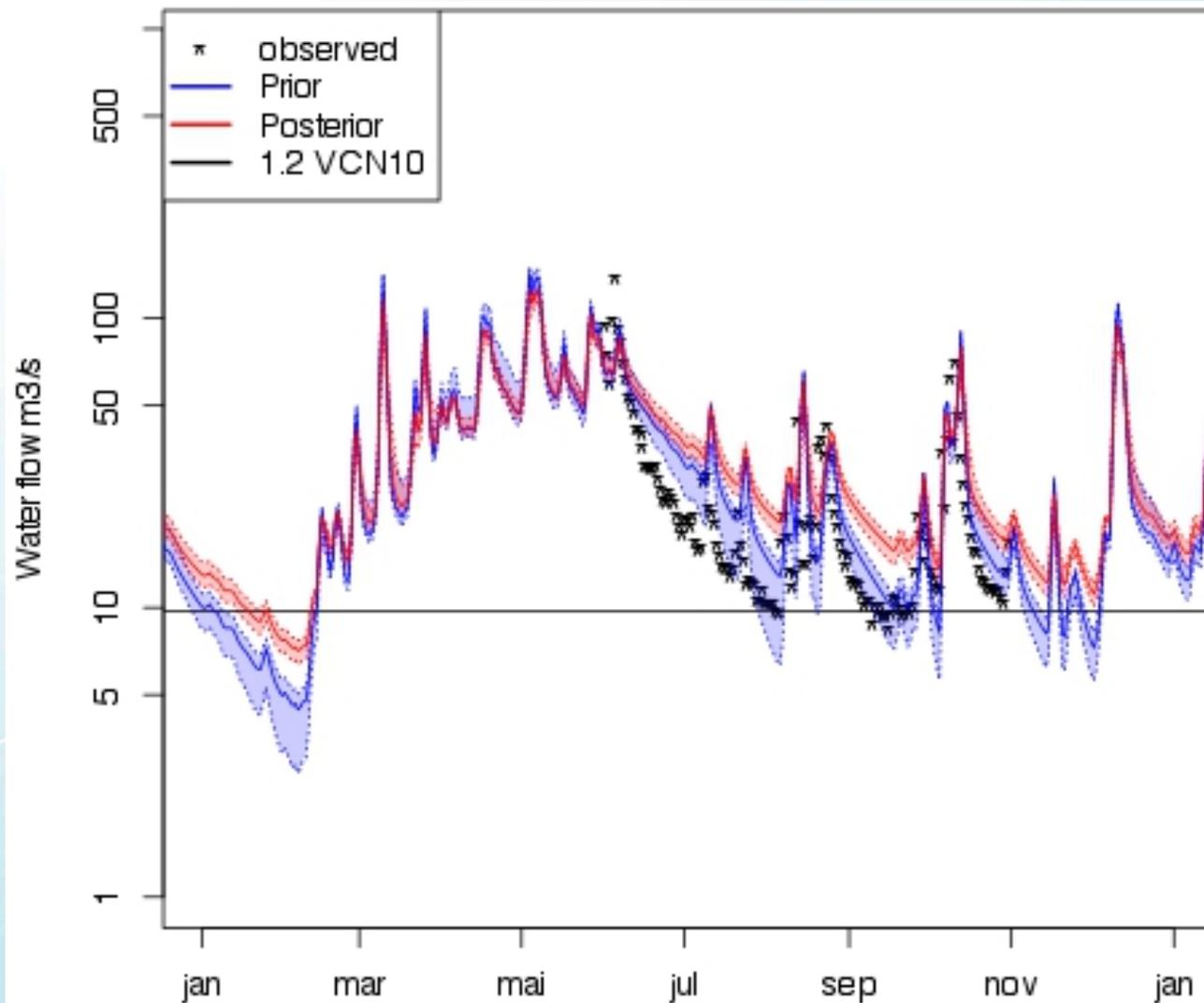
# Valentine



## Valentine 2004



# Des cas problématiques, par exemple Roquefort 2007



# Discussion

- ❖ Des incertitudes difficiles à quantifier dans les données de comparaison
- ❖ Des manques dans le modèle ?
- ❖ Choix des krigeages
- ❖ Paramétrage obtenus à comparer entre les deux zones
  - Distribution de chaque paramètre inclut dans celle de l'autre ou inversement
  - Simulations avec la distribution de l'autre zone ?

# V. Conclusion

# Conclusion

- ❖ Travail en cours
  - Résultats encourageants
  
- ❖ Une méthode robuste
  - Convergence pratique
  - Possibilité de « réutiliser la base de simulation avec d'autres critères »
  - Utilisable pour le modèle complet
  - Temps de calcul des krigeages limitant
  
- ❖ Des questions méthodologiques:
  - Test d'autres métamodèles
  - Autres méthodes de pondération
  - Simulation asynchrone

Merci de votre attention

