

Quelques éléments sur l'analyse des incertitudes dans la modélisation hydrologique



Flavie Cernesson UMR TETIS ENGREF-Cemagref-Cirad

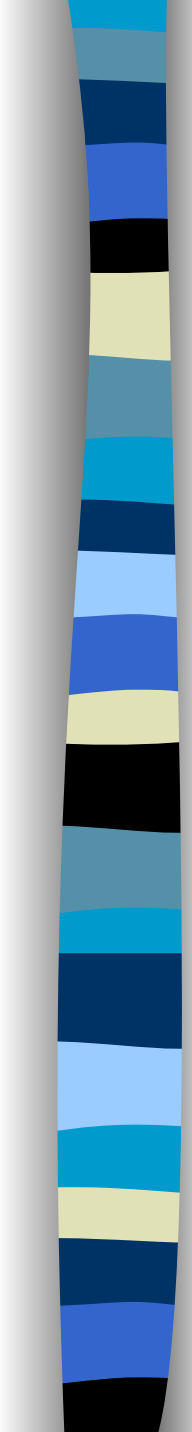
Commission modélisation IFR ILEE

28.02.2005



plan

- Définitions –enjeux
- Méthodes d'analyse
 - Glue
- Données/paramètres
 - Données d'occupation/utilisation du sol



Incertitude : définition liée à la métrologie (sciences physiques)

les mesures faites pendant une expérience sont **nécessairement** incertaines → (im)précision des instruments de mesure

calcul d'incertitude → évaluer le poids des erreurs qui se produisent lors de mesures liées à la vérification d'une relation entre différentes grandeurs physiques.

**la relation n'est pas vérifiée parce qu'elle est fausse...
...ou parce que les mesures sont incertaines ?**

→ Définir les bornes de validité de la relation



Sensibilité / Incertitude

Sensibilité :

Le modèle/la relation est-il/elle sensible aux variations des données d'entrée ?

Incertitude :

Comment les incertitudes liées aux données d'entrée se propagent dans le modèle/la relation ?

Processus hydrologiques

- un même flux peut être généré...
 - ...par plusieurs processus
- un même processus peut concerner...
 - ... des eaux d 'origine différente
- un même type d 'eau peut suivre...
 - ... plusieurs cheminements
- la qualité de l'eau peut évoluer...
 - ... durant le transit sur le bassin

De l'observation des processus à la modélisation :

Equifinalité : = combinaisons des paramètres peuvent donner des résultats identiques



Enjeux pour la modélisation hydrologique (I)

Les incertitudes sont liées :

- Structure du modèle
- Paramètres
- Mesures des Entrées/Sorties
- Conditions aux limites
- Conditions initiales



Enjeux pour la modélisation hydrologique (II)

■ Choix des concepts

- Découpage spatial..... | **Propagation**
- Dynamique temporelle..... |
- Relations physiques | **Sensibilité**



Enjeux pour la modélisation hydrologique (III)

- Paramètres
- Conditions initiales
- Conditions aux limites

Observation



Calibration



Enjeux pour la modélisation hydrologique (IV)

■ Données :

- manque de données,
- Erreurs (précision appareil de mesure, pré-traitement données),
- résolution spatiale et/ou temporelle

- Exemple de la donnée : Pluie

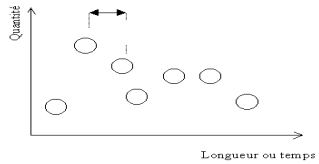


Enjeux pour la modélisation hydrologique (V)

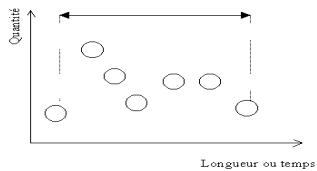
- Grandeur Observable / Non observable
→ Rôle du modèle ?
- Observation / Expérimentation
→ Répétition d'une expérimentation ? Formalisation mathématique ?
- Passage aux Bassins peu ou pas instrumentés
→ Dégradation du signal ?

Les 3 dimensions de la mesure

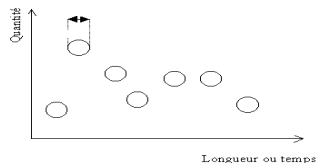
Définition



Intervalle (*Spacing*)

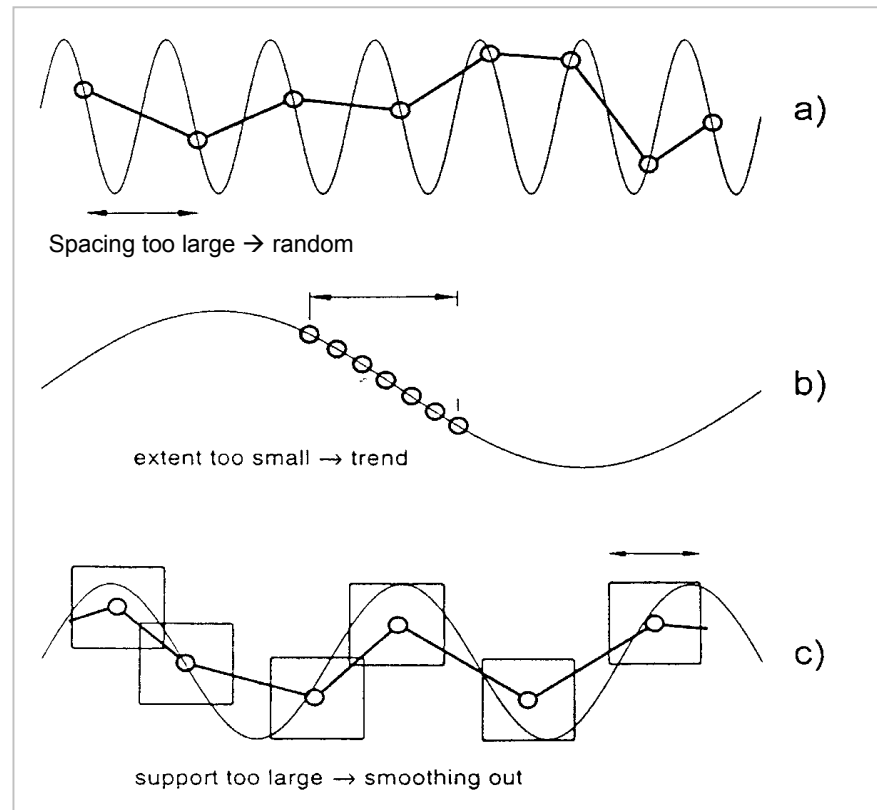


Etendue (*Extent*)



taille de la mesure (*support*)

Conséquence



(Source :Blöschl & Grayson, 2000)

Aléatoire
Fausse variabilité

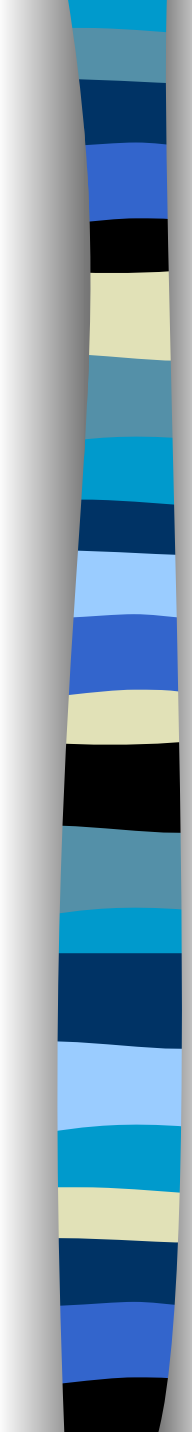
Tendance

Lissage de la
variabilité



Enjeux opérationnels

- Gestion de l'aléa
 - ex : prévision de crue
- Gestion durable
 - ex : couplage modèle climatique/modèle hydrologique
- Gestion partagée de la ressource
 - ex : diagnostic d'une situation



IAHS – WG Uncertainty Analysis in Environmental Modeling...en cours

■ Questions :

- Comment peut-on explicitement estimer et propager toutes les sources d'incertitudes en modélisation hydrologiques ?
- Que faut il pour élaborer un cadre approprié pour l'évaluation des incertitudes pour un modèle donné ?

■ Qui ?

T Wagener, J Freer, H Gupta, K Beven, S Franks...



IAHS – WG Uncertainty Analysis in Environmental Modeling – Lugano 07/2004

- Effectuer un état de l'art sur les techniques d'analyse des incertitudes
- Encourager la discussion
- Stimuler de nouvelles idées pour un « guide » sur l'analyse des incertitudes et la calibration des modèles



Familles de méthodes

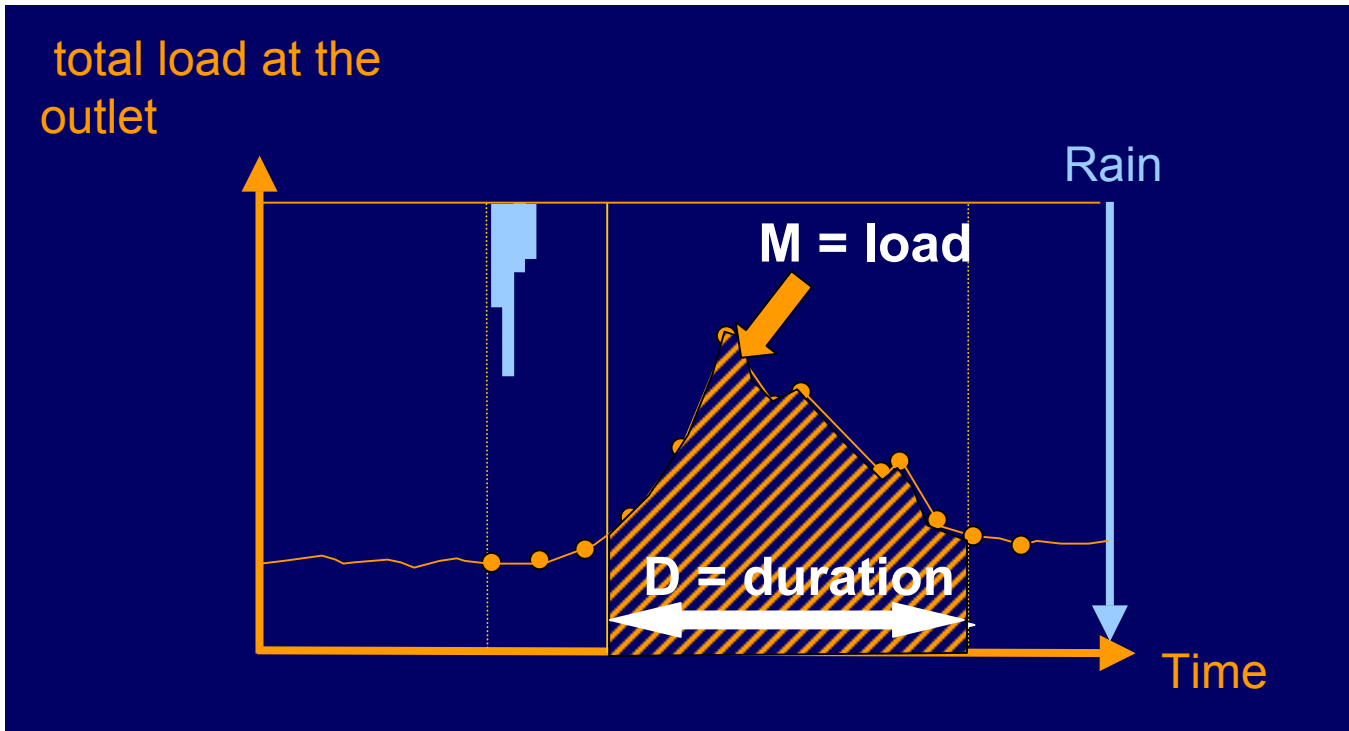
- 24 méthodes différentes utilisées actuellement identifiées par le WP
- Explorations aléatoires
- Approches Bayésiennes (Cf. JN Bacro)
- Logique floue (cf. Ph Lagacherie, S Guillaume)
- Analyse multi-critère

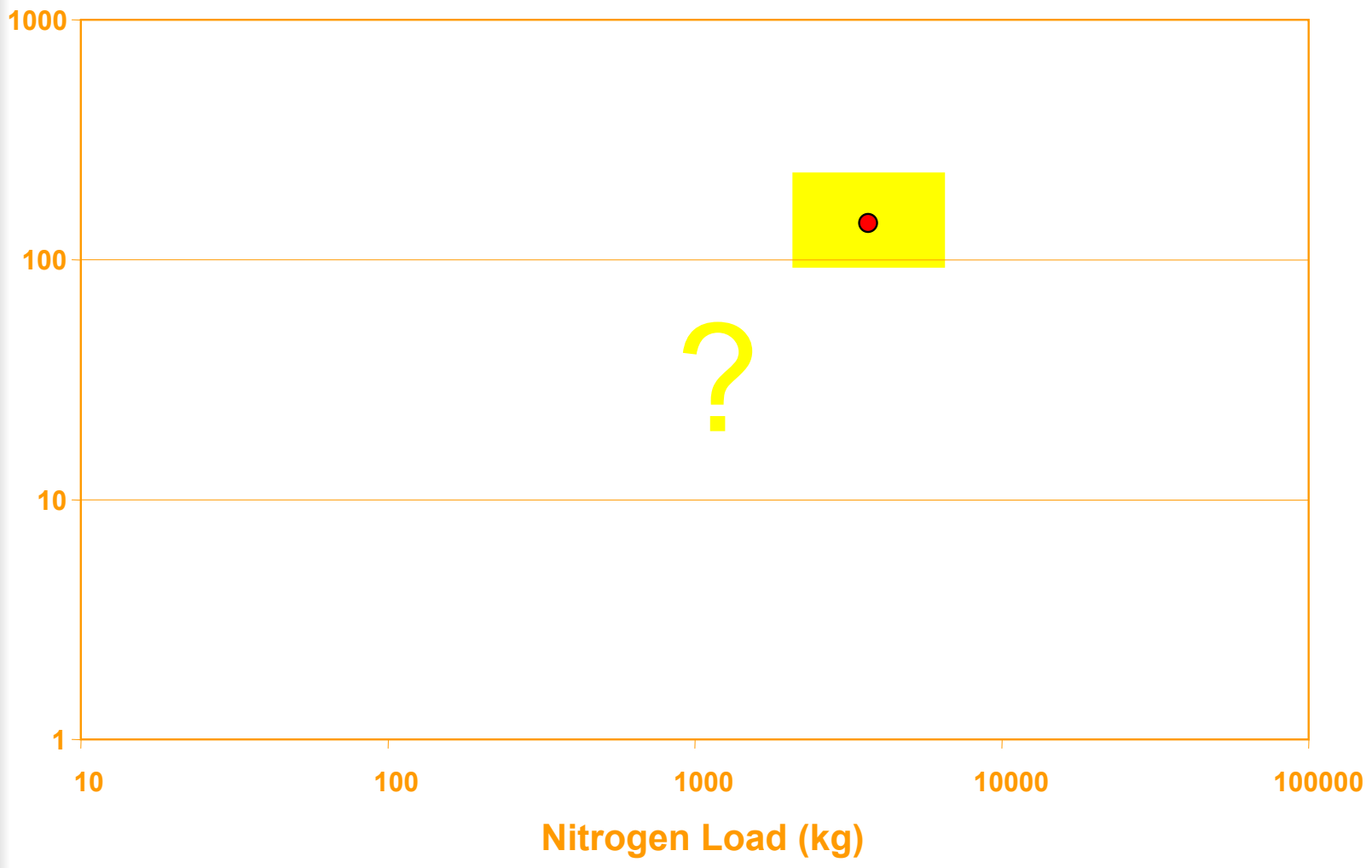
Zoom sur GLUE (Beven)

GLUE : Generalised Likelihood Uncertainty Estimation

- Hyp: rejet de l'optimisation, et donc d'un jeu « optimal » de paramètres
- Réalisation de nombreux “modèles” à partir de tirage aléatoire dans des lois uniformes des paramètres du modèle
- Les modèles retenus sont ceux qui satisfont à la fonction objectif (behavioural models)
- Les prédictions sont ensuite pondérées par une fonction de leur vraisemblance (fonction de probabilité, nombres flous...)

Cas du model Pol (thèse Sylvain Payraudeau)





Fonctions Critères

Load M

Duration D

$$1 - FO = \left| 1 - \frac{Mcal}{Mobs} \right| + \left| 1 - \frac{Dcal}{Dobs} \right|$$

$$1 - Fd = \left(1 - \frac{Dcal}{Dobs} \right)^2$$

$$1 - Fm = \left(1 - \frac{Mcal}{Mobs} \right)^2$$

The model is behavioural if :

$$Fd \geq 0.99$$

$$Fm \geq 0.75$$

Event : 03/99

Catchment : Salaison

Obs. load : 325 kg

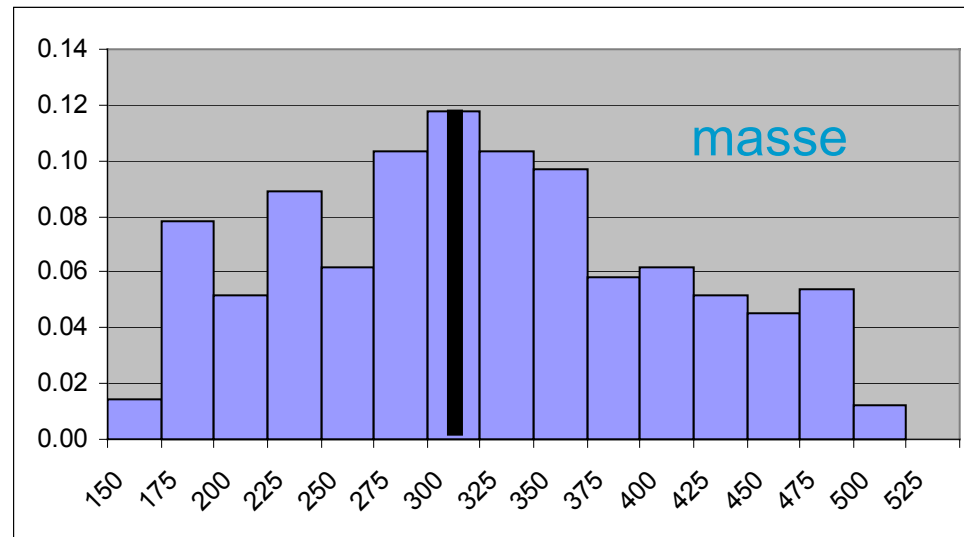
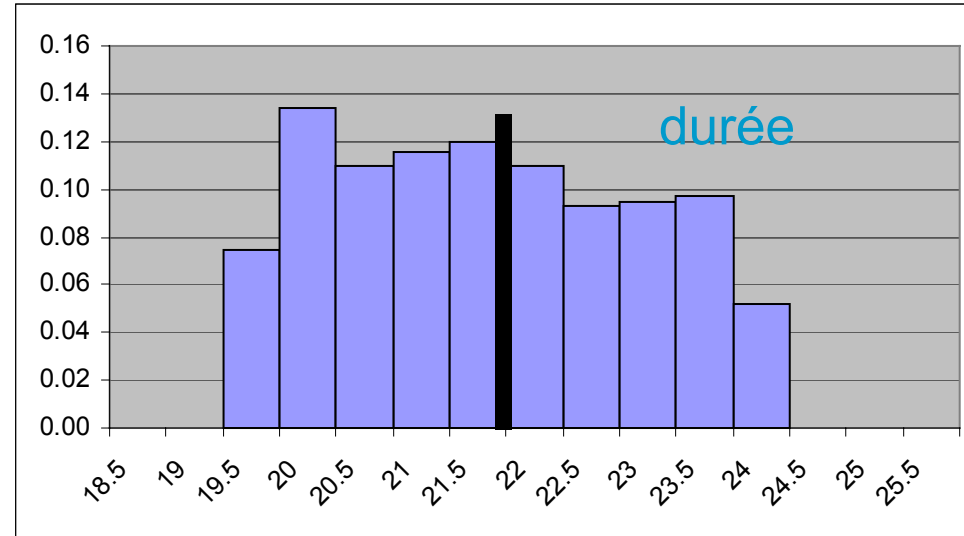
Obs. duration : 22 h

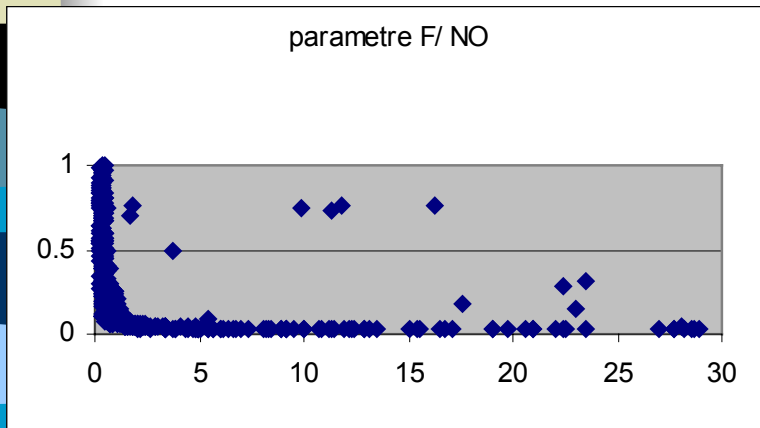
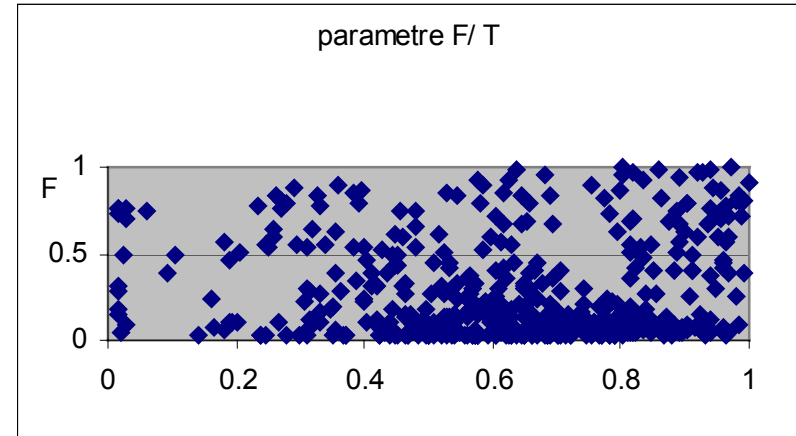
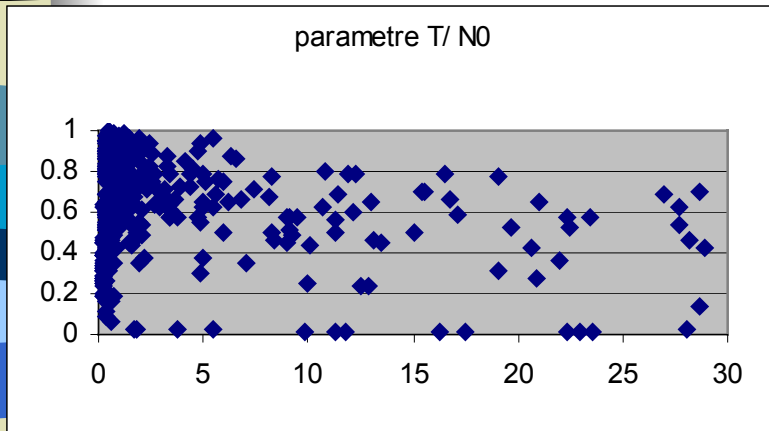
Behavioural models :

Number : 484 / 125 000

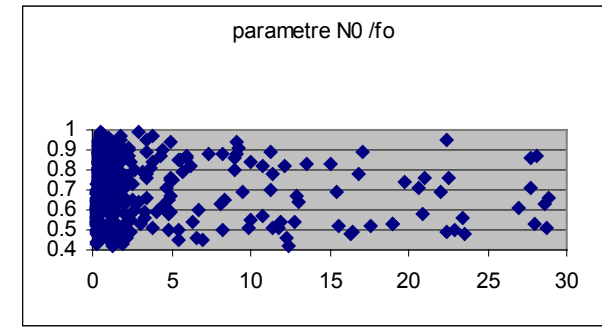
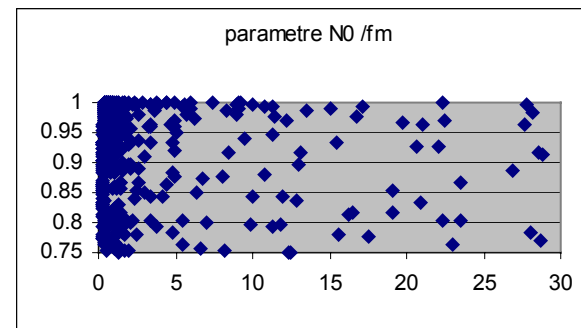
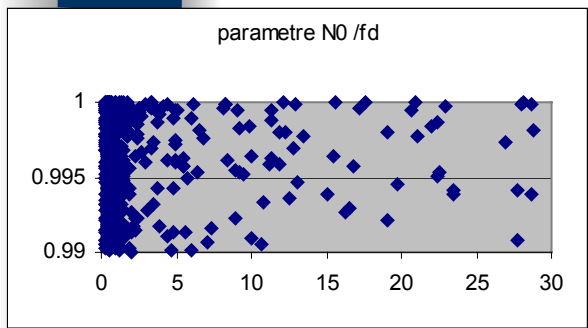
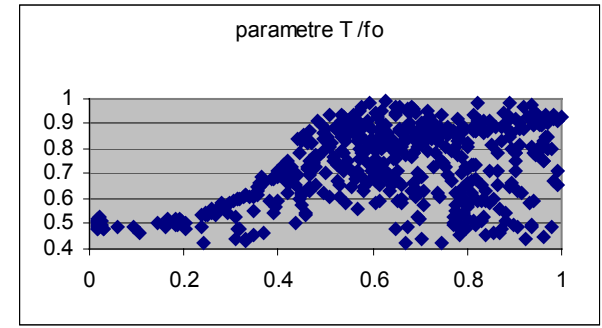
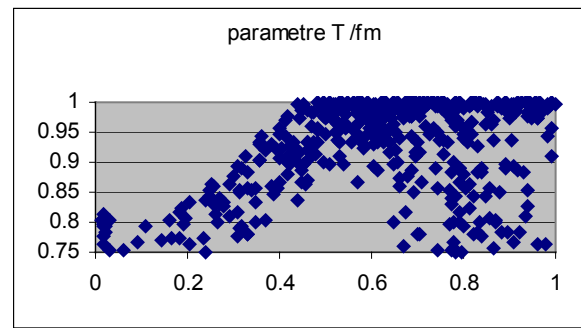
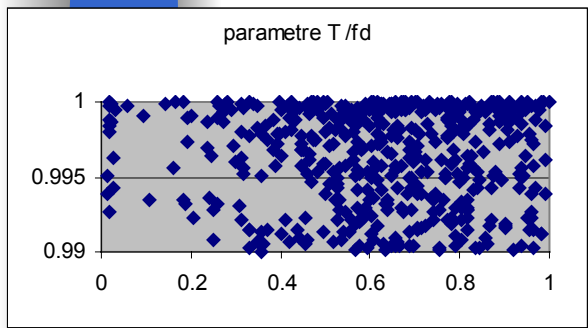
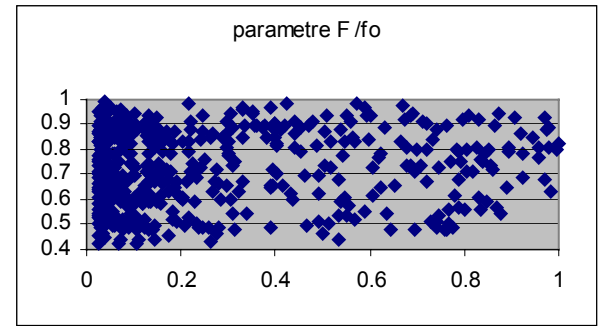
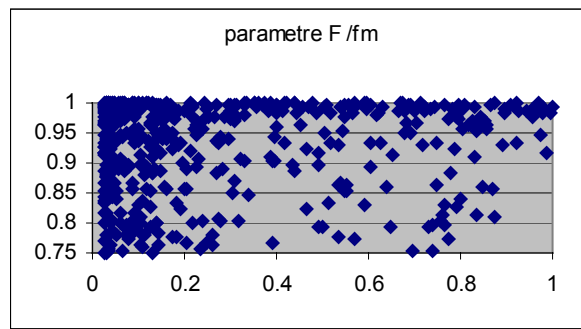
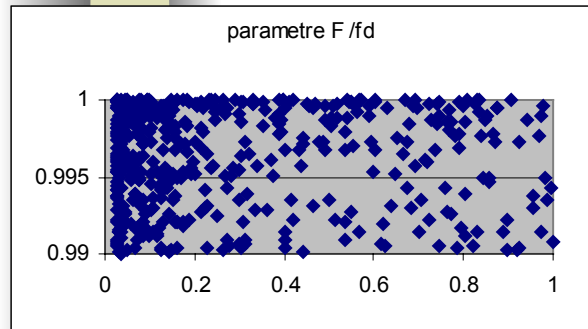
Median load : 319 kg

Median duration : 22 h





Correlation of the parameters





+ GLUE

- Peut être combinée à d'autres méthodes : méthodes floues par exemple
- Tout l'ensemble des possibles peut être parcouru
- Ne nécessite pas d'un modèle d'erreur explicite
- Tous les modèles peuvent être rejetés



- GLUE

- Nombre « suffisant » de simulation
- Un tirage dans une loi uniforme peut ne pas être très efficace
- Ne fournit pas d'explication sur la nature des erreurs, mais seulement une quantification des incertitudes



Résumé réglis - 2004

données d'occupation/utilisation du sol

- Types d'erreur :

forme,

topologie,

géométrie,

localisation,

sémantique,

thématique



Résumé réglis - 2004

données d'occupation/utilisation du sol

- Réduire l'erreur lors de la production de la donnée (fusion de données, métadonnées)
- Mesurer la qualité de la donnée (indices, métadonnées)
- Mesurer l'impact de la qualité de la donnée lors de son utilisation (Méthode de Monte Carlo, limites floues)
- Généralisation



Références

- IAHS PUB initiative: International Working Group on Uncertainty Analysis in Hydrologic Modeling
Actes du Workshop Lugano 2004
Articles K Beven
- VI ème séminaire REGLIS Montpellier 19.20 octobre 2004 : incertitude et géomatique