

# **Peut-on prendre explicitement en compte la variabilité spatiale de la pluie à une échelle inférieure à celle de la maille hydrologique ?**

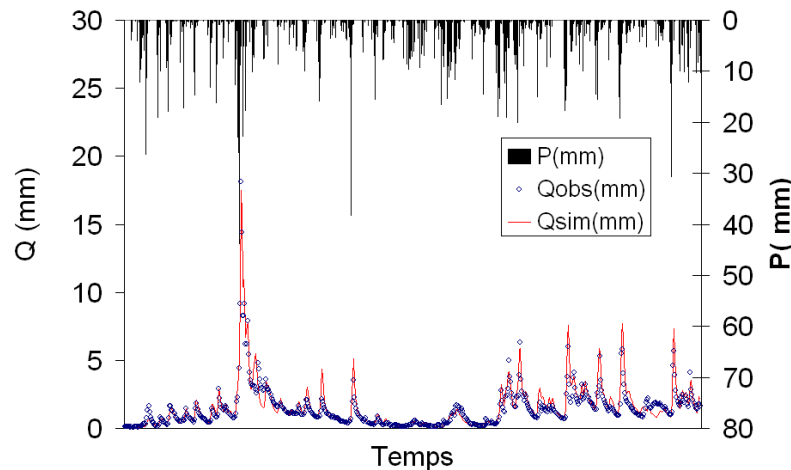
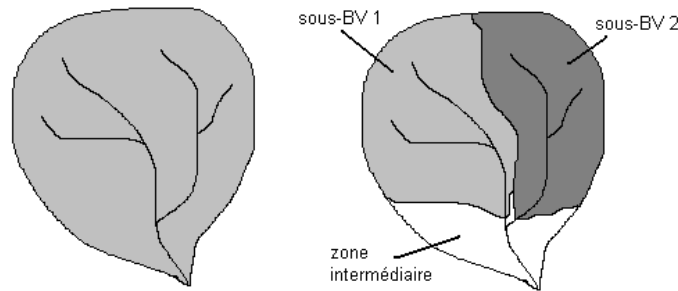
*Synthèse des principaux travaux menés au  
Cemagref, Unité de Recherche HBAN  
Antony*

*Séminaire « Lames d'eau radar et applications hydrologiques :  
avancées et perspectives »*

**23 Juin 2009**

## Nos outils, nos défis

- **Modèle hydrologique global ou semi-distribué : échelle de la maille hydrologique**

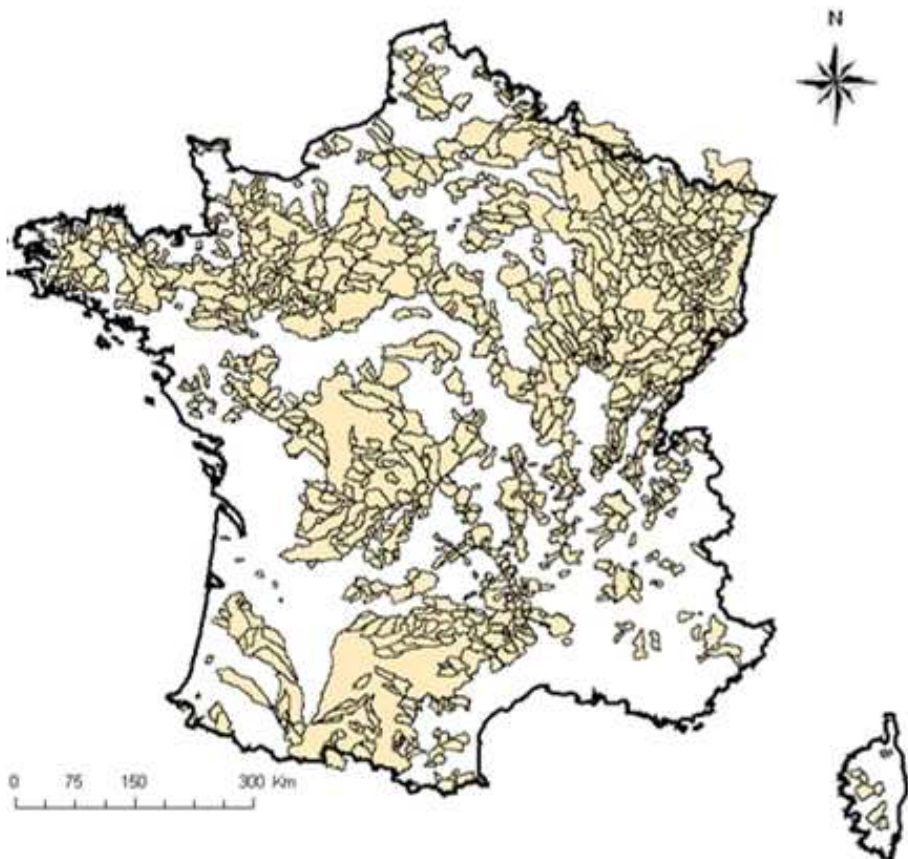


*Variabilité moyenne des forçages météorologiques partiellement prise en compte lors du calage des modèles :*

*les paramètres calés sur un bassin versant s'adaptent en partie à la diversité spatio-temporelle que l'on y retrouve*

## ▶ Nos outils, nos défis

- Large échantillon de bassins versants

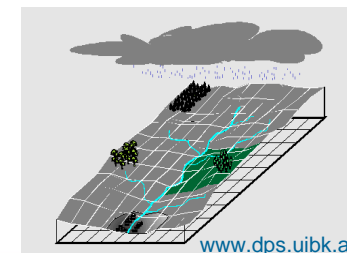
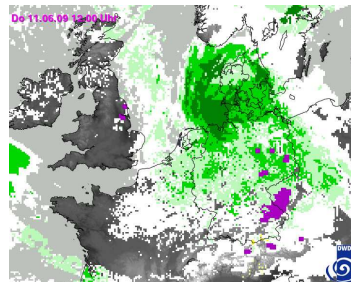
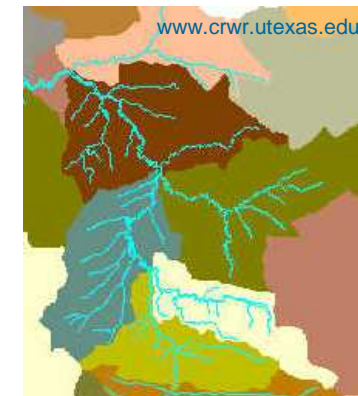
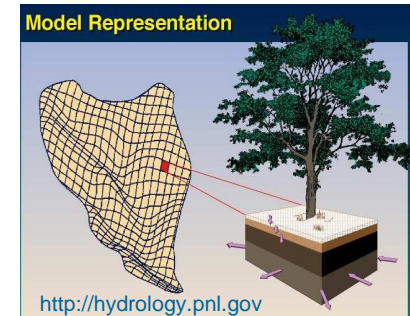


*Plus de 1000 bassins :  
diversité de conditions  
d'application et robustesse  
statistique des résultats*

## Des questions qui se posent

- Quelle est la meilleure résolution des entrées pour une performance optimale du modèle hydrologique ?

- Dans quelle mesure la variable de sortie (débit à l'exutoire) est-elle influencée par la variabilité sous-maille des entrées ?

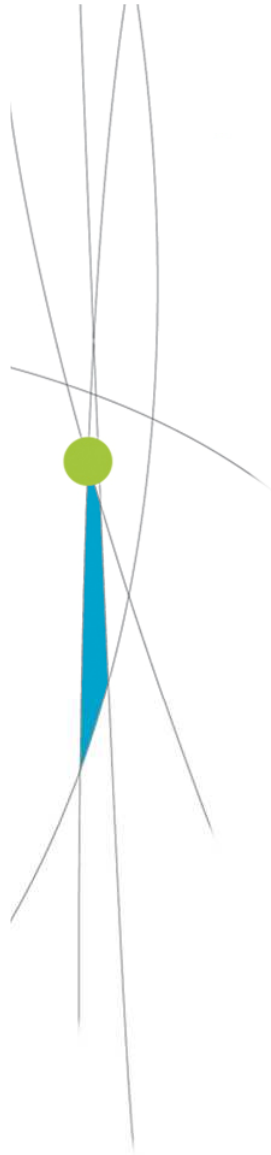


## ▶ Ce que nous regardons...

- Impact d'une meilleure estimation de la pluie de bassin sur les débits simulés
- Gain apporté par une spatialisation du modèle hydrologique : jusqu'où discrétiser ? quel apport pour la simulation des débits ?
- Recherche d'indicateurs/méthodes permettant de mieux valoriser l'information pluviométrique spatialisée
- Variabilité des prévisions hydrologiques : impact sur la dispersion des débits prévus
- ...



Loumagne, C., et al. (1999) ; Andréassian, V., et al., (2004) ; Bourqui, M. (2008) ; Lerat, J. (2009) ; Valéry, A. (2009) ; Randrianasolo, A. (2009), etc.



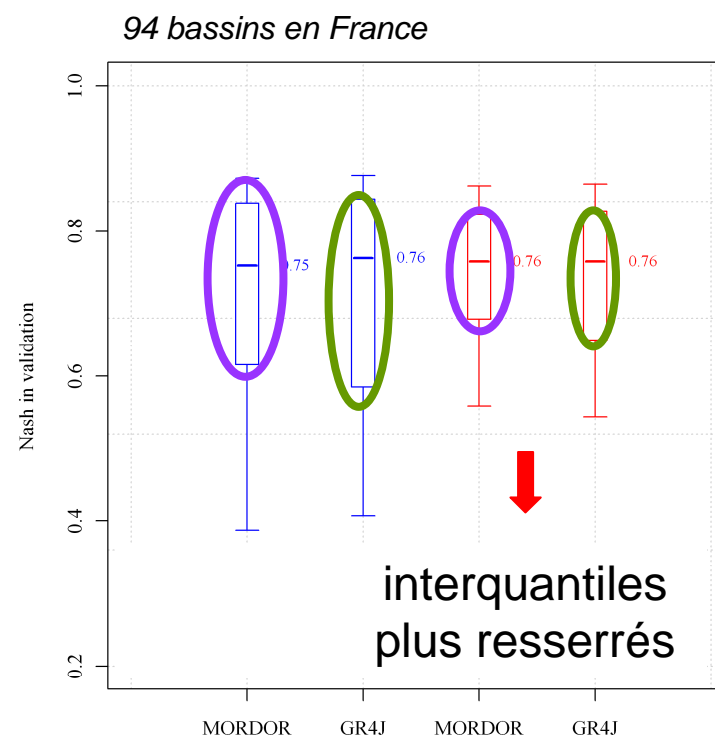
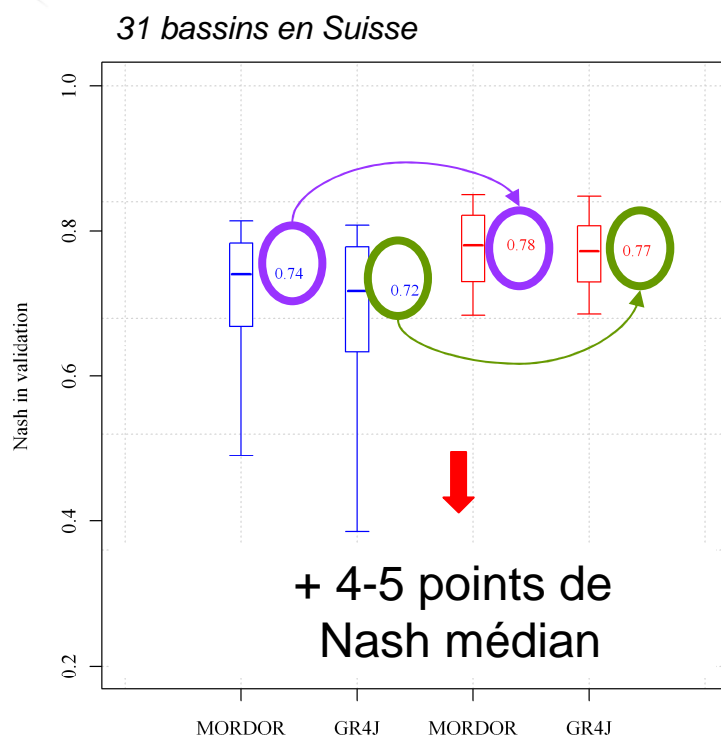
- **Quelques résultats**
- **Conclusion générale**
- **Perspectives**



*Loumagne, C., et al. (1999) ; Andréassian, V., et al., (2004) ; Bourqui, M. (2008) ;  
Lerat, J. (2009) ; Valéry, A. (2009) ; Randrianasolo, A. (2009), etc.*

## Meilleure estimation de la pluie de bassin : interpolation avec prise en compte des voisins et d'un facteur de correction orographique

- Impact positif sur la simulation de débits dans les bassins de montagne

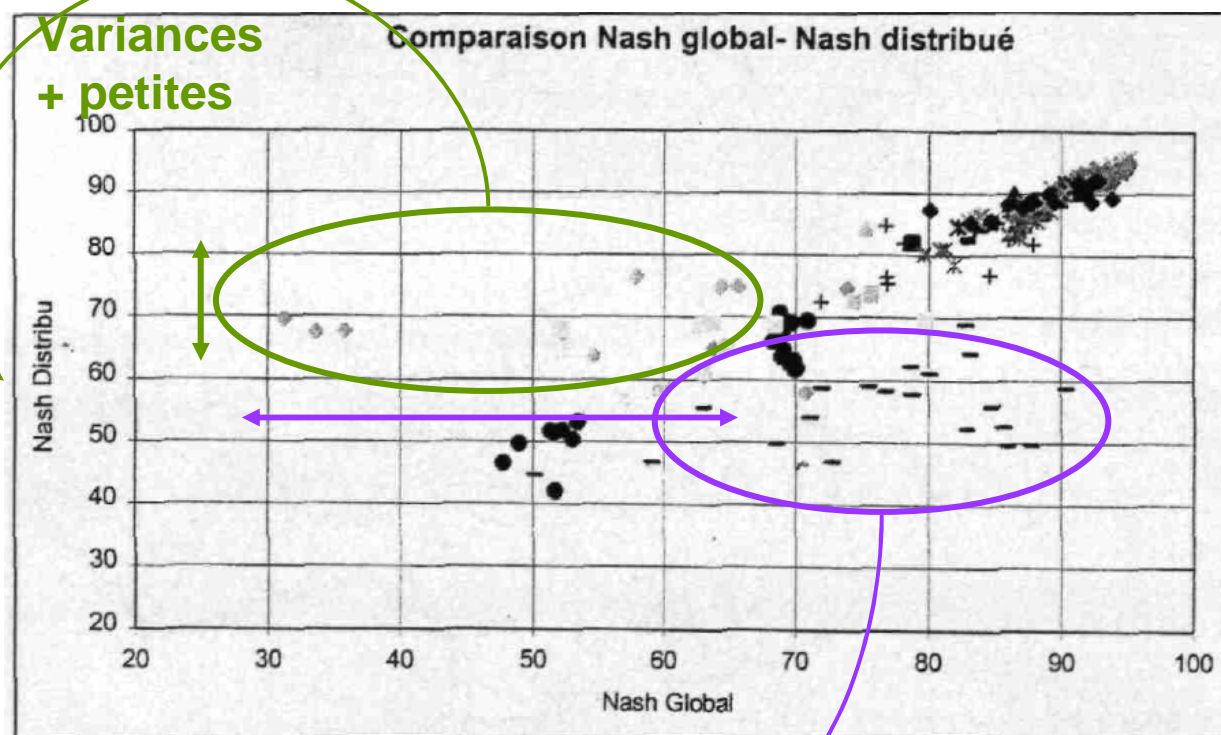


- 2 modèles
- Nash sur 5 ans de simulation

## Intérêt de discrétiser le milieu modélisé : quantifier le gain de précision en débits simulés

- Comparaison autour d'un même modèle dans des configurations différentes (globale et semi-distribuée)

Différences statistiquement significatives ?



- Modèle GR4J et 15 triplets de bassins (confluences jaugées)
- Nash sur des périodes de 4 ans

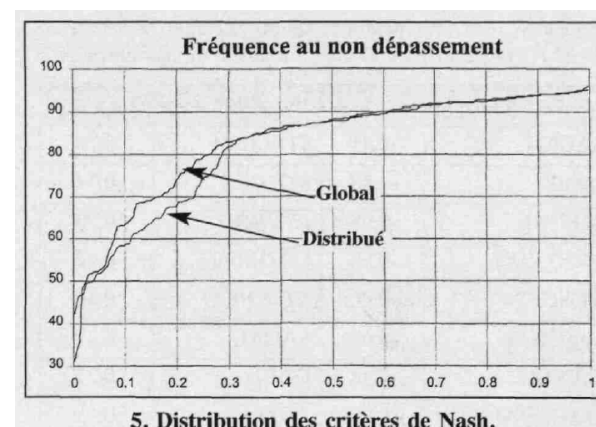


## Intérêt de discrétiser le milieu modélisé : robustesse et liens avec des indices d'hétérogénéité

- Test de Wilcoxon : différences significatives entre Nash Global et Distribué pour seulement 1/3 de l'échantillon

\* Nash **Global** > **Distribué** :  
*Ain, Aube et Moselle*

\* Nash **Distribué** > **Global** :  
*Saône et Gard*



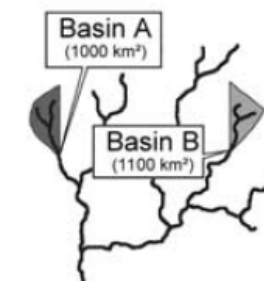
*MAIS, faible nombre de  
bassins étudiés !*

## Quel niveau de détail pour un modèle donné ?

- Plus grand nombre de cas étudiés avec hétérogénéité accentuée : le modèle de bassin chimère
- Etude comparative de différents niveaux d'agrégation spatiale

### 3 approches :

Case	Case Name	Precipitation Input	Basin Moisture Computation	Parameters
1	lumped approach	lumped	lumped	lumped
2	semidistributed approach	distributed	distributed	distributed
3	semilumped approach	distributed	distributed	lumped



A+B=C (chimera)



Total : 2500  
bassins chimères

- 4 modèles pluie-débit journaliers
- 2 périodes de validation

Andréassian, V. et al. (2004) *Impact of spatial aggregation of inputs and parameters on the efficiency of rainfall-runoff models: A theoretical study using chimera watersheds*. Water Resources Research 40(5).

## Approches semi-distribuée et globale

Significativement

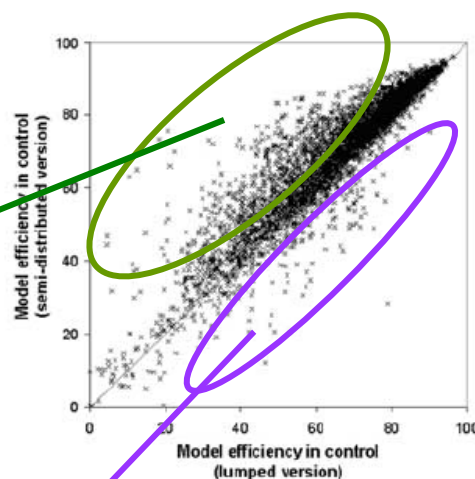
\* meilleure performance en mode

**semidistribué :  
50%-55% des cas**

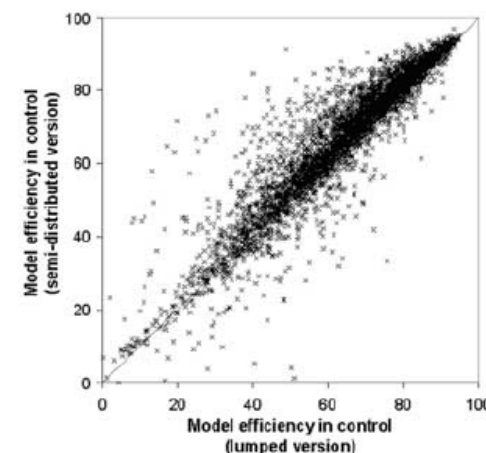
\* meilleure performance en mode **global :**

**10%-15% des cas**

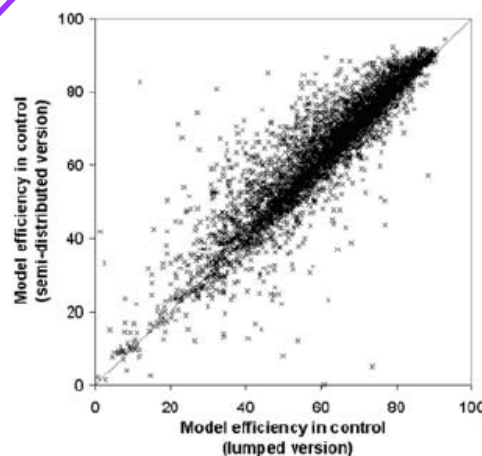
Indifférent à 2% de Nash :  
35%-40% des cas



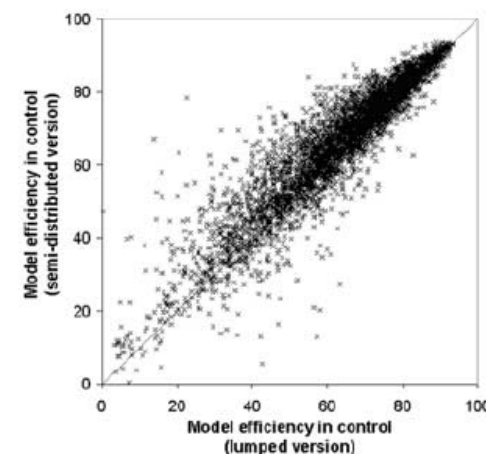
a) GR4J



c) TOPMO



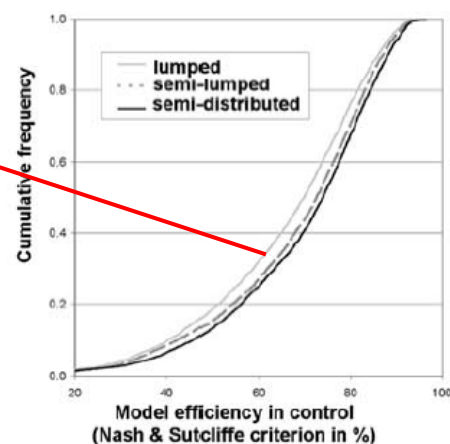
b) SMAR



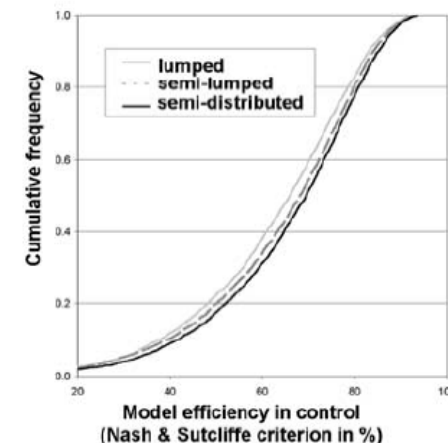
d) HBVO

## Prééminence de la variabilité des pluies en simulation

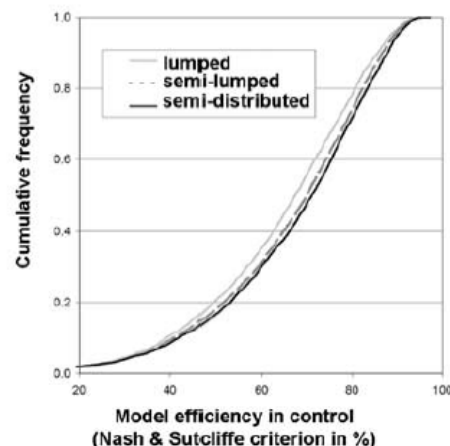
\* *amélioration plus significative de la performance avec la spatialisé des pluies (par rapport à celle des paramètres)*



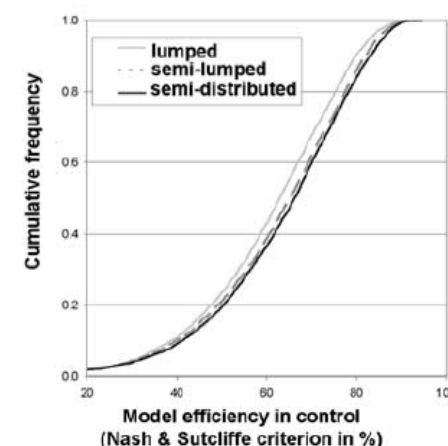
a) GR4J



c) TOPMO



b) SMAR



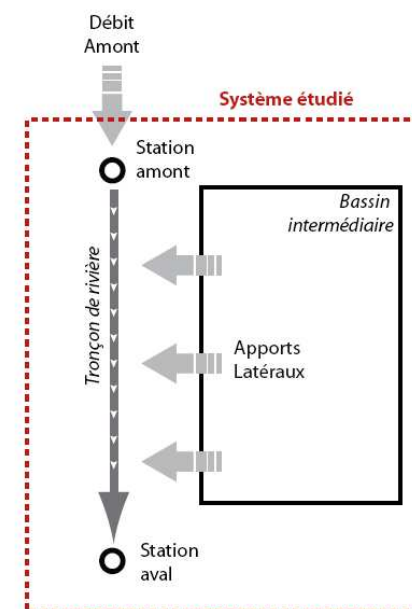
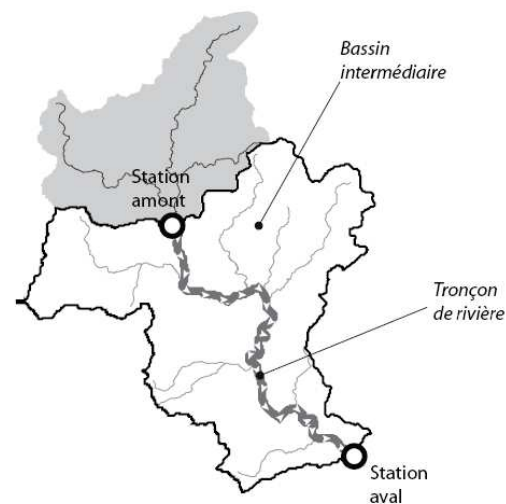
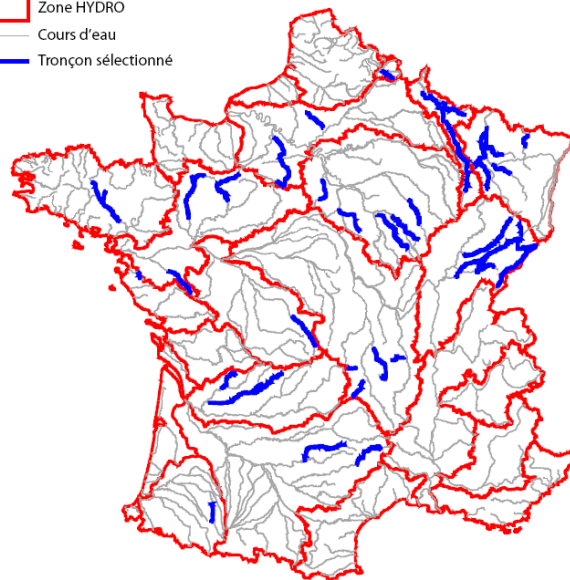
d) HBVO

Case	Case Name	Precipitation Input	Basin Moisture Computation	Parameters
1	lumped approach	lumped	lumped	lumped
2	semidistributed approach	distributed	distributed	distributed
3	semilumped approach	distributed	distributed	lumped

## ▶ Une autre façon d'aller vers une approche semi-distribuée : le modèle couplé hydrologie-hydraulique

- Et la zone l'intermédiaire ? Quelle spatialisation des apports ?
- 50 tronçons de rivière (72 stations intérieures) ; 11 années de données horaires

□ Zone HYDRO  
— Cours d'eau  
— Tronçon sélectionné



## ▶ Le modèle couplé hydrologie-hydraulique Jusqu'où discrétiser ?

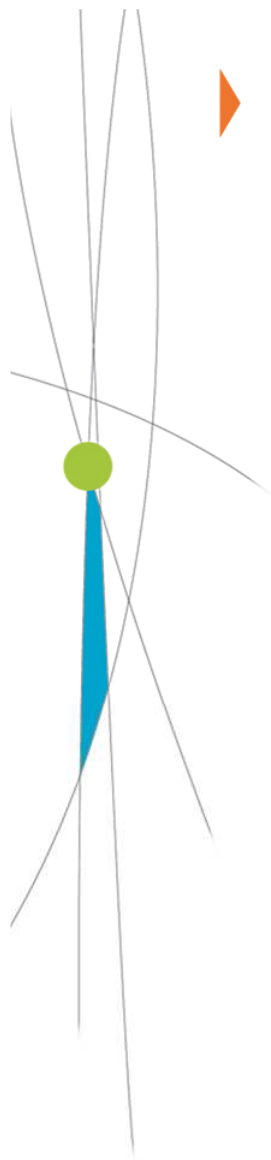
Test avec plusieurs configurations de complexité croissante pour la zone intermédiaire :

1. Spatialisation des injections latérales : scission progressive des zones d'apport et différenciation apport réparti/ponctuel

*=> Configuration optimale de référence avec 2 apports ponctuels et 2 répartis*

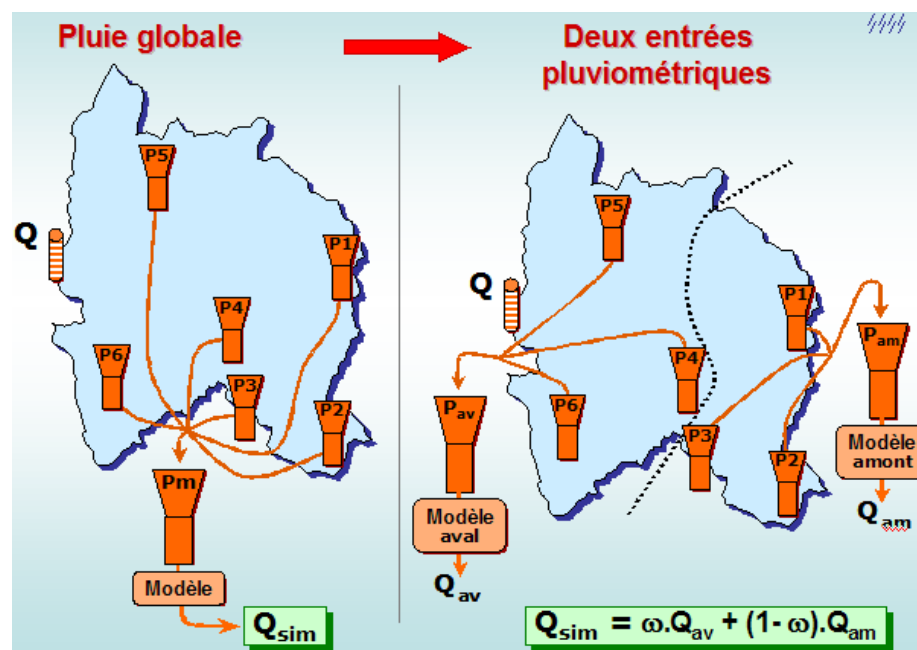
2. Spatialisation des pluies : pluie uniforme vs. pluie distincte sur les 4 sous-bassins du modèle 1

*=> La spatialisation de la pluie n'apporte pas de gain de performance en moyenne sur l'échantillon*



## Impact de la variabilité spatiale des pluies sur les débits à l'exutoire

- Approche strictement globale : pluie moyenne de bassin
- Approche semi-globale (« multi-modèle ») : conserve l'information de chaque poste intacte et opère une moyenne sur les sorties des  $n$  sous-modèles



~ 200 bassins (journalier)

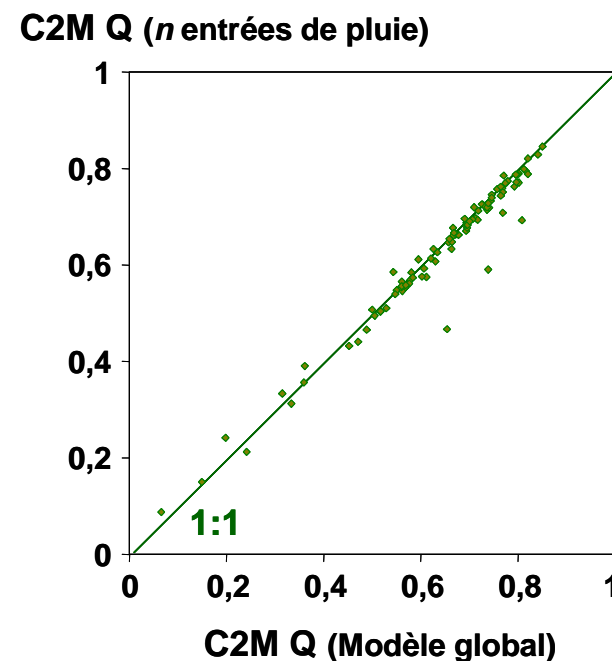
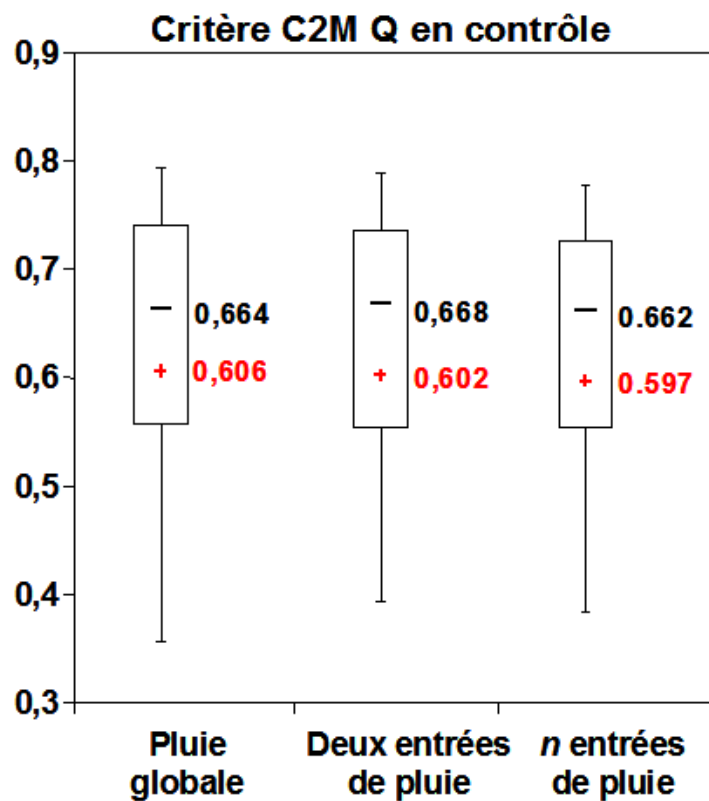
~ 100 bassins (horaire)

- Modèle GR4J et GR4H

- Equipondération des sorties

## Impact de l'approche semi-globale en simulation

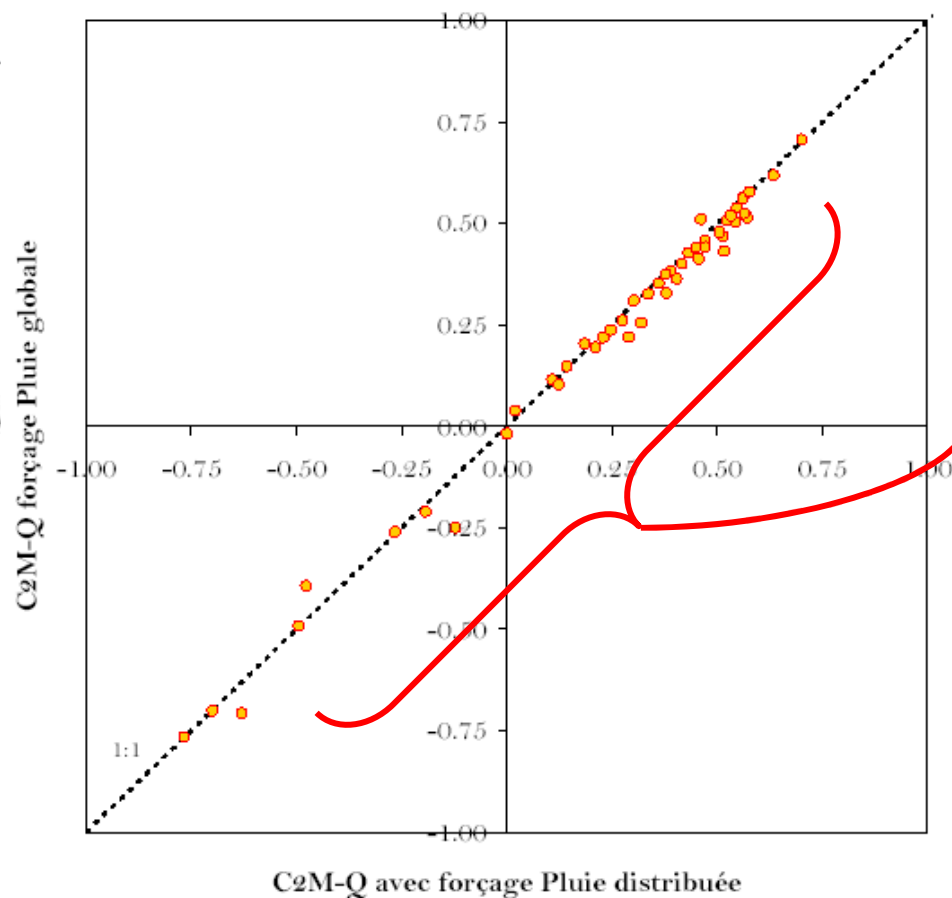
\* Approche semi-globale : absence d'intérêt à multiplier le nombre d'entrées pluviométriques





## Impact de l'approche semi-globale en simulation

- Faute au caractère « global » ?

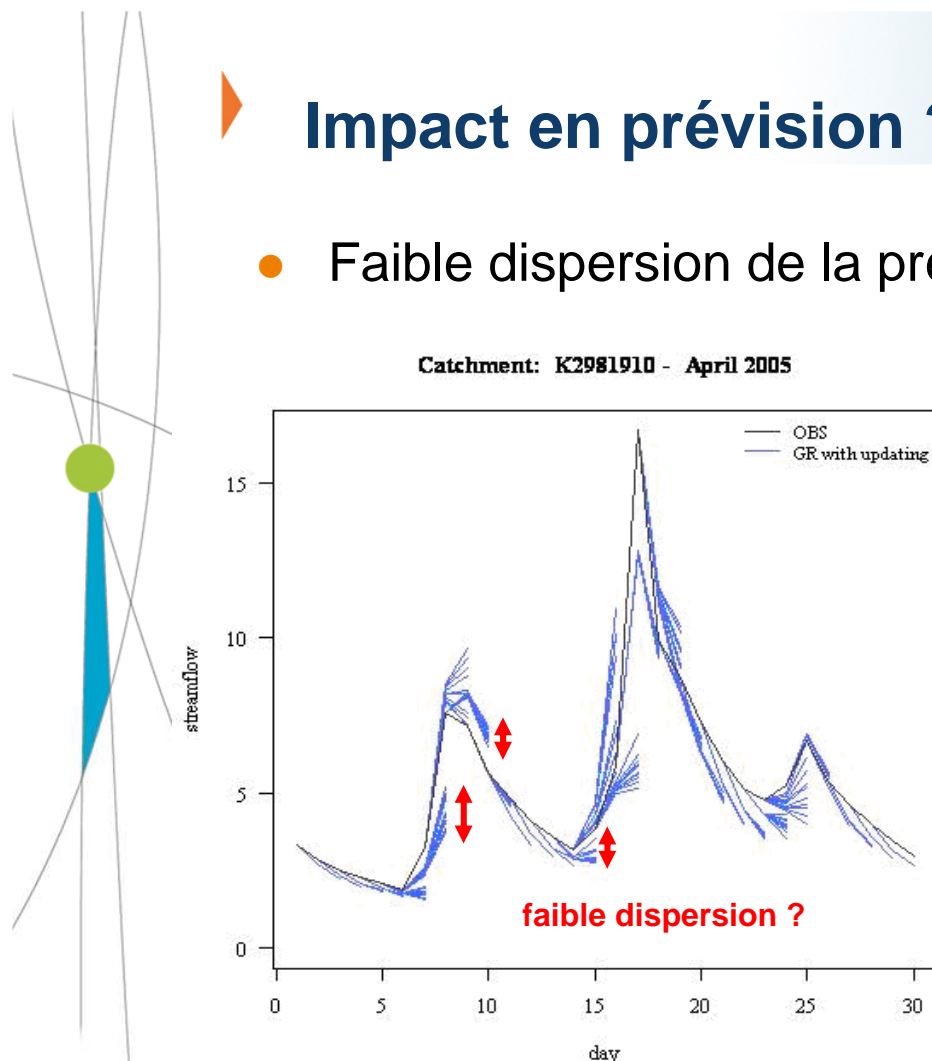


- Test de l'impact de l'agrégation des entrées de pluies dans le modèle distribué (SIM)

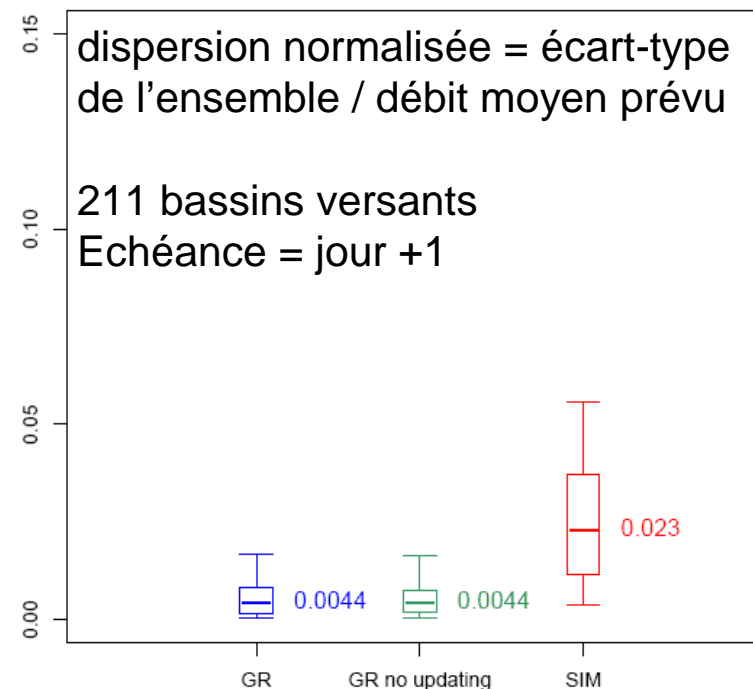
*31 bassins sur 48  
présentent une  
meilleure performance  
avec la pluie distribuée,  
MAIS les différences  
restent faibles*

## Impact en prévision ?

- Faible dispersion de la prévision hydrologique d'ensemble



- Prévisions météorologiques PEARP de Météo-France (11 membres, 507 jours, 2 échéances)
- Modèles GR (global) et SIM (distribué)

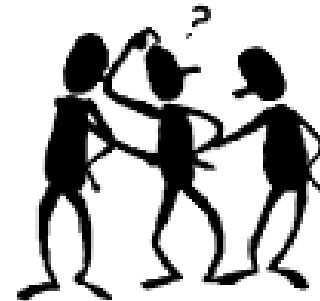


*Augmentation de la dispersion, mais réalisme en intervalle des incertitudes ? Analyse en cours...*



## ▶ Conclusion et perspectives

- La prise en compte explicite de la variabilité spatiale des pluies n'apporte pas un gain systématique de performance du modèle hydrologique
  - *Quelles causes potentielles ?*
  - *Quels chemins futurs ?*





## ▶ Conclusion et perspectives

- *Est-ce qu'on s'y est mal pris (mauvais outils, méthodes) ?*
  - ▶ **Réaliser des travaux comparatifs plus étendus (différentes approches et critères)**
- *On s'y est bien pris, mais l'information dont on dispose sur la variabilité des pluies est insuffisante (nouvelles données ?)*
  - ▶ **Partie hydrologique du post-doc de L. Moulin : meilleure caractérisation des pluies dans l'espace**
- *On s'y est bien pris, mais la faible sensibilité résulte des propriétés intrinsèques de filtre du bassin versant (variabilité atténuée par le rôle intégrateur du bassin ?)*
  - ▶ **Applications en prévision : incertitudes de prévision et dispersion des scénarios**



***Merci de votre attention !***

***Charles, Vazken, Cécile, Audrey, Marie, Julien, Annie, etc.***

**Peut-on prendre explicitement en compte la variabilité spatiale de la pluie à une échelle inférieure à celle de la maille hydrologique ?**

*HBAN, Cemagref Antony*

*Séminaire « Lames d'eau radar et applications hydrologiques : avancées et perspectives »*

**23 Juin 2009**