

Soutenance de thèse de Carine Poncelet le 8 novembre 2016

Salle Galilée - IRSTEA- 1 rue Pierre-Gilles de Gennes - 92160 Antony

Du bassin au paramètre : jusqu'où peut-on régionaliser un modèle hydrologique conceptuel ?

Résumé : Les ressources en eau sont très variables dans l'espace et dans le temps. Leur estimation à l'échelle des bassins versants requiert des **modèles hydrologiques** dont l'utilisation est contrainte par la complexité des bassins et une difficulté de mesure (caractéristiques du bassin et forçages météorologiques). Sur la plupart des bassins une chronique de débit est disponible à l'exutoire du bassin, on parle alors de bassin versant jaugé. Ces mesures peuvent être utilisées pour analyser le fonctionnement des bassins et optimiser les paramètres des modèles hydrologiques. En revanche, pour les **bassins versants non jaugés**, le fonctionnement du bassin doit être envisagé de manière différente et l'utilisation du modèle doit se faire via une **régionalisation** de ses paramètres.

Le principe des études de régionalisation est d'utiliser les bassins versants jaugés pour développer des méthodes applicables aux bassins versants non jaugés. Ces études couvrent un grand nombre de domaines d'application : régionalisation des signatures hydrologiques (débit moyen interannuel, régime, courbe des débits classés...), des étiages, des crues, de l'hydrogramme... Dans cette thèse, nous nous sommes intéressés à l'**estimation de l'hydrogramme** sur des bassins versants non-jaugés, via la **régionalisation** des paramètres des modèles hydrologiques.

De nombreuses méthodes ont été développées pour résoudre ce problème et reposent en majorité sur la connaissance des jeux de paramètres sur des bassins jaugés, donneurs de paramètres, qu'il faut alors transférer vers des bassins versants non-jaugés, receveurs de paramètres. Ces méthodes font donc deux hypothèses fortes: (i) les paramètres ont été correctement identifiés par le calage sur les bassins versants jaugés et (ii) nous sommes capables d'identifier des bassins versants jaugés et non-jaugés similaires entre lesquels le transfert de paramètres est possible. Cependant, ces hypothèses ne sont pas toujours vérifiées et, dans ce cadre, le calage régional apparaît comme une option prometteuse pour la régionalisation des modèles hydrologiques. En effet, le **calage régional** recherche des valeurs de paramètres communes à plusieurs bassins et permet (i) de mieux contraindre ces paramètres lors du calage et (ii) de réaliser conjointement le calage et le transfert de ces paramètres à des bassins versants non-jaugés. L'enjeu de cette thèse est d'évaluer le potentiel du calage régional pour régionaliser les paramètres du **modèle hydrologique GR6J**. Sur un large échantillon de bassins, nous avons en particulier étudié si le calage régional peut être une solution compétitive au regard des méthodes existantes.

Dans un premier temps, nous nous sommes attachés à étudier le modèle en contexte jaugé. Nous avons mené une étude de la sensibilité du modèle à ses paramètres pour définir leur **rôle fonctionnel** et avons testé huit stratégies de paramétrisation. Nous nous sommes attachés à identifier le jeu de paramètres hydrologiquement optimal, c'est-à-dire un jeu de paramètres indépendant de la stratégie de calage et donc transférable à des bassins versants non jaugés. Dans un second temps, nous avons proposé une méthode innovante appelée "calage groupé", basée sur le calage régional, pour **relier les paramètres de GR6J à des caractéristiques mesurables du paysage**. Cette méthode présente l'avantage de prendre en compte les compensations au sein du jeu de paramètre et de permettre une interprétation des valeurs de paramètres au regard des **processus hydrologiques**. Enfin, nous proposons un cadre conceptuel aux méthodes de régionalisation pour mieux comprendre comment **maximiser l'utilisation de l'information régionale** et améliorer la robustesse des modèles en condition d'extrapolation. Nous montrons que la performance des méthodes de régionalisation plafonnent et que la voie d'amélioration de la performance des régionalisations

ne semble pas être une meilleure identification des couples de bassins donneurs/receveur mais la définition d'une information plus facilement transférable entre bassins.

Mots-clés : bassins versants, non jaugé, calage régional, transfert, modélisation hydrologique, régionalisation

From catchment to parameter: how far can the regionalization of a conceptual hydrological model go?

Abstract : Water resources are variable in time and space. **Hydrological models** are required to assess these resources and have to cope with catchments complexity and measurement limits. Most of the catchments are gauged which means that streamflow measurements are available at the catchment outlet. In particular, streamflow measurements can be used to analyse the catchment hydrological behavior and calibrate model parameters. However for **ungauged catchments**, the hydrological behavior must be define by other ways and model parametrisation must be assessed through **regionalization** instead of calibration.

Regionalization studies rely on gauged catchments to develop methodologies applicable to ungauged catchments. They cover a large range of applications from hydrological signatures predictions (mean streamflow, regime, flow duration curves ...) to low-flow or flood predictions. The present work aims at **estimating streamflow hydrographs** in ungauged catchments by **regionalizing hydrological model parameters**.

Several methods have been developed to solve this problem and they mostly rely on the knowledge of parameter sets on gauged catchments to find the best way to transfer the parameters sets between catchments. Gauged catchments are then considered as donor catchments while ungauged catchments are receiver: the challenge of transfert-based methods being to assign the correct donor to each receiver. However, these methods make two strong hypothesis: (i) parameters sets calibrated on gauged catchments are reliable and (ii) similar gauged and ungauged catchments can be accurately matched during the transfer. However, those hypothesis do not always seem to hold true. In this context, **regional calibration** appears as a promising way for hydrological model regionalization since regional calibration look for common parameter sets on several catchments. This way, parameters are known with less uncertainties on gauged catchment and parameters regionalization is joined with calibration. The challenge of this PhD thesis is to develop and apply a regionalization scheme, based on regional calibration, to the GR6J hydrological model. On a large dataset, we have studied if regional calibration is a competitive solution to regionalize hydrological models compared to existing methodologies (i.e. transfer-based methods).

As a prelude to the regionalization study, we paid attention to analyse the model on gauged catchments. In particular, we analysed the model sensitivity to its parameters to define the **fonctionnal role** of each parameter. Eight model parametrisation schemes were tested to identify the hydrologically optimal parameter set, i.e. a parameter set that is only catchment-dependant and do not depend on calibration strategy. Secondly we present an inovative method called "**group calibration**", based on regional calibration, to **link model parameters and hydrological descriptors**. This method is fit for taking into account compensations between model parameters, allows the **hydrological interpretation** of the obtained relationships and is competitive to existing methods. Last, we conceptualize the regionalization methods to better understand how to **best value regional informations** and increase model performance in extrapolation. We show that all methods set a ceiling and that space for improvement do not lie in the correct matching of donor and reciever catchments but in the identification of more easily transferable informations.

Keywords: catchments, ungauged, regional calibration, transfer, hydrological modeling, regionalization