

Bonjour à tous,

J'ai le plaisir de vous inviter à ma soutenance de thèse intitulée:

“An adaptive hydrological model for multiple time-steps: Diagnostics and improvements based on fluxes consistency”

(« Un modèle hydrologique adaptatif à différents pas de temps : diagnostic et améliorations basés sur la cohérence des flux »)

La soutenance aura lieu le **Lundi 27 février 2017 à 13h30**
à l'**Université Pierre et Marie Curie (UPMC)**, 4 Place Jussieu, 75005 Paris,
dans la **Salle de Conférences de l'UFR TEB** (tours 46-56, étage 2).

Devant le jury composé de :

M. Marco Borga , Université de Padoue (Italie), Rapporteur
M. Nicolas Masséi, Université de Rouen, Rapporteur
M. Lionel Berthet, DREAL Centre-Val de Loire Orléans, Examineur
Mme Agnès Ducharne, Université P. et M. Curie, Paris, Examinatrice
M. Hubert Savenije, Université de Delft (Pays-Bas), Examineur
Mme Isabella Zin, Obs. des Sciences de l'Univers, Grenoble, Examinatrice
M. Vazken Andréassian, Irstea, Antony, Directeur de thèse
M. Charles Perrin, Irstea, Antony, Co-encadrant

Vous trouverez ci-après un plan d'accès, ainsi qu'un résumé de la thèse.

Vous êtes également conviés au pot de thèse qui suivra en salle Darcy (Jussieu, tours 46-56, étage 3).

Bonne journée,

Andrea Ficchi

Email : andrea.ficchi@irstea.fr



**THESE DE DOCTORAT DE
L'UNIVERSITE PIERRE ET MARIE CURIE**

Ecole doctorale 398 Géosciences, ressources naturelles et environnement

Présentée par

M. Andrea Ficchi

Pour obtenir le grade de

DOCTEUR de l'UNIVERSITÉ PIERRE ET MARIE CURIE

**An adaptive hydrological model for multiple time-steps:
Diagnostics and improvements based on fluxes consistency**

Soutenue publiquement le 27 février 2017

Devant le jury composé de :

M. Marco Borga
M. Nicolas Masséi
M. Lionel Berthet
Mme Agnès Ducharne
M. Hubert Savenije
Mme Isabella Zin
M. Vazken Andréassian
M. Charles Perrin

Université de Padoue (Italie)
Université de Rouen
DREAL Centre-Val de Loire, Orléans
Université Pierre et Marie Curie, Paris
Université de Delft (Pays-Bas)
Obs. des Sciences de l'Univers, Grenoble
Iristea, Antony
Iristea, Antony

Rapporteur
Rapporteur
Examinateur
Examinatrice
Examinateur
Examinatrice
Directeur de thèse
Co-encadrant

Résumé

Cette thèse vise à explorer la question du changement d'échelle temporelle en modélisation hydrologique conceptuelle. Les principaux objectifs sont : (i) étudier les effets du changement du pas de temps de modélisation sur les performances, les paramètres et la structure des modèles hydrologiques ; (ii) mettre au point un modèle pluie-débit applicable à différents pas de temps, grâce à un cadre de modélisation unifié, cohérent et robuste à différentes échelles de temps. Notre point de départ est la chaîne des modèles pluie-débit appelés GR, développée à Irstea, et en particulier le modèle global journalier GR4J. Ce modèle a été choisi comme le modèle de référence à adapter à d'autres résolutions plus fines, jusqu'à des pas de temps infra-horaires, en suivant une approche descendante. Une adaptation horaire de ce modèle avait déjà été proposée dans des études précédentes, mais certaines questions sur l'optimalité de cette structure aux pas de temps infra-horaires restaient ouvertes. Cette thèse s'appuie sur ces études précédentes et répond aux attentes opérationnelles d'améliorer et adapter le modèle à différents pas de temps infra-journaliers et infra-horaires, ce qui est important pour les applications de prévision de crue. Pour nos tests de modélisation, nous avons construit une base de données de 240 bassins versants non influencés en France métropolitaine, à différents pas de temps allant de 6 minutes à 1 jour, en utilisant des données hydro-climatiques disponibles à des pas de temps différents : (i) les données pluviométriques à 6 minutes et la réanalyse des lames d'eau journalières à plus haute résolution spatiale ; (ii) les données de température journalière pour le calcul de l'évapotranspiration potentielle (en faisant des hypothèses aux pas de temps sous-journaliers) ; (iii) les données hydrométriques à pas de temps variable (jusqu'à infra-horaire). Nous avons étudié l'impact de la distribution temporelle des entrées sur les sorties et les performances du modèle en se focalisant en particulier sur la simulation de crue, sur la base de 2400 événements sélectionnés. Ensuite, notre évaluation du modèle a porté sur l'analyse de la cohérence des flux internes du modèle à différents pas de temps, afin d'assurer une performance satisfaisante à travers un fonctionnement du modèle cohérent à des pas de temps multiples. Notre diagnostic du modèle nous a permis d'identifier et de tester une amélioration significative de la structure du modèle à différents pas de temps infra-journaliers basée sur la complexification de la composante d'interception du modèle. Nous proposons donc une nouvelle version du modèle à des pas de temps infra-journaliers qui améliore la performance et la cohérence du modèle, avec l'ajout d'un réservoir d'interception et une modification complémentaire à la fonction d'échange d'eau souterraine.

Mots-clés : Modélisation pluie-débit ; modèles GR ; pas de temps fin ; cohérence structurelle ; interception ; événements de crue.

Abstract

This thesis aims at exploring the question of temporal scaling in lumped conceptual hydrological modelling. The main objectives of the thesis are to: (i) study the effects of varying the modelling time step on the performance, parameters and structure of hydrological models; (ii) develop a hydrological model operating at different time steps, from daily to sub-hourly, through a unified, robust and coherent modelling framework at different time scales. Our starting point is the chain of conceptual rainfall-runoff models called 'GR', developed at Irstea, and in particular the daily 'GR4J' lumped model. The GR4J model will be the baseline model to be effectively *downscaled* up to sub-hourly time steps following a *top-down* approach. An hourly adaptation of this model had already been proposed in previous research studies, but some questions on the optimality of the structure at sub-daily time steps were still open. This thesis builds on these previous studies on the hourly model and responds to the operational expectation of improving and adapting the model at multiple sub-daily and sub-hourly time steps that is particularly interesting for flood forecasting applications. For our modelling tests, we built a database of *240 unregulated catchments* in metropolitan France, at multiple time steps, from 6-minute to 1 day, using fine time step hydro-climatic datasets available: (i) 6-min rain gauges and higher spatial-density daily reanalysis data for precipitation; (ii) daily temperature data for potential evapotranspiration (making assumptions on sub-daily patterns); (iii) sub-hourly variable time step streamflow data. We investigated the impact of the inputs temporal distribution on model outputs and performance in a flood simulation perspective based on 2400 selected flood events. Then our model evaluation focused on the consistency of model internal fluxes at different time steps, in order to ensure obtaining a satisfactory model performance by a coherent model functioning at multiple time steps. Our model diagnosis led us to identify and test a significant improvement of the model structure at sub-daily time steps based on the complexification of the interception component of the model. Thus, we propose a new version of the model at multiple sub-daily time steps, with the addition of an interception store and a complementary modification to the groundwater exchange function, leading to improved model accuracy and coherence.

Key-words: Rainfall-runoff modelling; GR models; short time step; structural coherence; interception; flood events.

Plan d'accès soutenance

Adresse : Université Pierre et Marie Curie (UPMC), Campus Jussieu, 4 Place Jussieu, 75005 Paris

Salle de la soutenance : *Salle de Conférences de l'UFR TEB*, couloir des Tours 46-56, 2e étage

Accès : Métro, lignes 7 et 10 (station Jussieu) ; Bus 89 et 67 (arrêt Jussieu)

