



Vous êtes cordialement invité(e) à la soutenance de thèse
de **Firas SALEH**, intitulée

**« Apport de la modélisation hydraulique pour une meilleure simulation
des tirants d'eau et des échanges nappe - rivière à l'échelle régionale »**

**qui aura lieu mercredi 15 décembre 2010, à 14h,
à l'UPMC, 4 place Jussieu, 75005 Paris - Salle de l'UFR TEB, 46-56, E2**

devant le jury composé de :

Mme. Isabelle BRAUD, Rapporteur
M. Julio GONCALVES, Rapporteur
M. Philippe BELLEUDY, Examineur
Mme. Agnès DUCHARNE : Maître de thèse
M. Nicolas FLIPO : Maître de thèse
M. Emmanuel LEDOUX : Directeur de thèse
M. Jean-Marie MOUCHEL, Examineur

Résumé - Cette thèse s'inscrit dans le développement de la plateforme EAU-Dyssée de modélisation intégrée des hydrosystèmes régionaux, au sein du bassin pilote de la Seine. L'objectif principal est de contribuer à une meilleure simulation des tirants d'eau à l'échelle régionale afin d'améliorer la simulation des interactions nappe-rivière et de mieux quantifier les niveaux piézométriques dans les aquifères.

La première partie de la thèse vise à évaluer la sensibilité d'un modèle hydraulique à la précision de la description géomorphologique des lits pour identifier le meilleur compromis entre parcimonie et réalisme et identifier les facteurs morphologiques les plus importants pour obtenir une simulation satisfaisante des tirants d'eau à l'échelle régionale. Cette étude est menée sur le Serein (affluent de l'Yonne), entre les stations limnimétriques de Dissangis et Beaumont, dans un bief bien renseigné (20 sections transversales sur 89 kms). Débits et tirants d'eau sont simulés par le modèle hydraulique HEC-RAS (équations de Saint-Venant 1D), en fonction des apports latéraux simulés par le modèle régional Eau-Dyssée.

Les résultats de cette étude montrent qu'un modèle 1D type Saint-Venant n'est pas adapté à la simulation des écoulements à l'échelle régionale. Nous avons donc développé une méthode de changement d'échelle originale, dans laquelle la modélisation fine des processus hydrauliques à haute résolution permet d'améliorer la représentation des profils d'eau en rivière et les interactions nappe-rivière simulées à l'échelle régionale par le modèle intégré EAU-Dyssée.

Cette méthodologie de changement d'échelle a été validée dans un sous bassin versant de l'Oise d'une superficie de 4500 km², pour la période 1990-1995. Nous avons utilisé HEC-RAS pour la modélisation hydraulique d'un tronçon de l'Oise de 188 km, où 420 sections transversales sont disponibles. Le modèle permet d'interpoler des courbes de tarage simulées tous les 200m en moyenne. Ces courbes de tarage sont ensuite projetées sur les mailles rivière du modèle régional EAU-Dyssée (résolution de 1 km), où elles permettent de simuler la fluctuation du niveau d'eau en fonction du débit à l'échelle régionale par EAU-Dyssée. La cote de la surface libre de la rivière définissant sa charge hydraulique, ces fluctuations influencent alors les échanges entre les mailles rivière et les nappes, qui dépendent des gradients de charge verticaux entre rivière et nappe (loi de Darcy).

Ce travail montre l'intérêt de l'approche pour mieux évaluer les interactions nappes-rivières à l'échelle régionale avec un faible coût de calcul. Il offre des perspectives intéressantes pour simuler des processus jusque là négligés par le modèle EAU-Dyssée : élimination de nitrate dans les zones humides qui sont souvent situées à la zone de contact entre les nappes souterraines et la rivière, ou l'impact du changement climatique sur le fonctionnement des hydrosystèmes et plus particulièrement sur l'élimination ou le relargage de polluants par des processus biogéochimiques, ainsi que de mieux estimer les risques d'inondation à l'échelle régionale.

Mots-clés: Interactions nappe-rivière, hydrologie, hydrogéologie, Changement d'échelle, Plateforme Eau-Dyssée, morphologie des rivières

Contribution of 1D local hydraulic modeling to improve simulations of river stages and stream-aquifer interactions at regional scale

Firas SALEH

Abstract

This thesis contributes to the development of the integrated model EAU-Dyssée of regional scale river systems, in the pilot case study of the Seine River basin. The main objective is to provide a realistic simulation of river stage and discharge at the regional scale, in order to improve the simulation of stream-aquifer interactions and better assess piezometric heads.

The first part of the thesis aims at establishing whether a reliable hydrodynamic routing model can be developed based on limited river bed morphological data. A wide variety of "what if" river geometry scenarios are explored to determine the most appropriate river representation geometry in areas where cross sections surveys are not always accessible. This study is carried out in the Serein River (tributary of the Yonne River), between the gauging stations of Dissangis et Beaumont, in a well surveyed reach (20 cross sections over 89 kms). River discharge and stage are simulated by the hydraulic model HEC-RAS (1D Saint-Venant equations), while lateral inflows are simulated by the regional hydrogeological model Eau-Dyssée. The results of this study show that a 1D Saint-Venant model is not suitable for simulating flow at regional scale. Based on these conclusions, we developed an original upscaling strategy, which allows for benefiting from high resolution hydraulic modeling outputs to describe fluctuating river stage and improve the regional scale simulation of stream-aquifer interactions in the integrated model Eau-Dyssée.

The validity of this approach has been illustrated in a 4500 km² sub-basin of the Oise River, for the period 1990-1995. We used the HEC-RAS to achieve a hydrodynamic simulation of a 188-km reach, where 420 surveyed cross sections are available. This model is used to interpolate rating curves (river stage vs. discharge) with a mean resolution of 200 m. The latter are then projected onto the river grid cells of the regional model EAU-Dyssée (1-km resolution), where they allow for fluctuating river stage, as a function of the discharge routed at the regional scale by EAU-Dyssée. The altitude of the river surface defining its hydraulic head, these fluctuations influence the exchanges between the river and aquifer cells, which depend on the related vertical hydraulic gradient (Darcy's law).

This work outlines the efficiency of the approach to better simulate river stages and stream-aquifer interactions at regional scale with low computing cost. Furthermore, this framework coupling strategy have several perspectives: for example simulating the hydrodynamic behavior of alluvial wetlands, modeling more accurately the impact of climate change on hydrosystems, especially concerning pollutants removal or release by biogeochemical processes, or better assessing the risk of inundations at the regional scale.

Keywords: Stream-aquifer interactions, Hydrology, Hydrogeology, Upscaling, Regional scale, Local scale, Eau-Dyssée platform, river morphology