



**Vous êtes cordialement invité(e) à
la soutenance de thèse de Céline MONTEIL**

**« Estimation de la contribution des principaux aquifères
du bassin versant de la Loire au fonctionnement hydrologique
du fleuve à l'étiage »**

**qui aura lieu lundi 12 décembre 2011 à 14 h00,
MINES ParisTech, 60 bd Saint-Michel, 75006 Paris**

devant le jury composé de :

Julio GONCALVES, Cerege Aix-en-Provence
Christian LEDUC, IRD Montpellier
Ghislain de MARSILY, UPMC Paris
Philippe ACKERER, LHYGES, Université de Strasbourg
Nicolas FLIPO, MINES ParisTech – Maître de thèse
Michel POULIN, MINES ParisTech – Directeur de thèse
Mohamed KRIMISSA, EDF Chatou
Eric GOMEZ, BRGM Hérouville

Rapporteur
Rapporteur
Examineur
Examineur
Examineur
Examineur
Invité
Invité

Résumé - La connaissance de l'évolution des débits d'étiage de la Loire intéresse différents usagers : agglomérations, agriculteurs et industriels. La production d'électricité est une activité industrielle majeure du bassin : quatre sites nucléaires utilisent l'eau de la Loire comme source froide. Les débits d'étiage de la Loire sont dépendants des apports des principaux aquifères de son bassin versant. Trois aquifères superposés sont considérés couvrant une surface de 38 000 km² : calcaires de Beauce, craie séno-turonienne et sables cénomaniens.

Un modèle hydrogéologique distribué est mis en œuvre (code Eau-Dyssée). Cinq modules couplés simulent respectivement le bilan hydrique en surface, le routage de l'eau sur les versants, le routage en rivière, le transfert en zone non-saturée et les écoulements souterrains.

Le modèle est calé sur une période de 10 ans, validé sur une autre période de 10 ans, puis testé sur 35 ans. Une méthode hybride de calage, couplant inversion automatique et calage manuel, a été développée pour caler le champ de transmissivités de l'aquifère de Beauce. Les autres couches sont calées par essais et erreurs. Le modèle ajusté permet de bien simuler les débits et piézométries observés sur l'ensemble du domaine sur les 35 années avec une RMSE globale des écarts piézométriques de 2,86 m sur 197 piézomètres et des critères de Nash aux stations en Loire tous supérieurs à 0,9.

Ce modèle est utilisé pour analyser le fonctionnement hydrologique du bassin à différentes échelles de temps. Les apports des nappes cumulés sur le linéaire de la Loire à l'étiage sont estimés à 15 m³/s en moyenne entre 1975 et 2008. Les premières estimations de l'impact du changement climatique indiquent une baisse des apports moyens de 8 à 50 % à horizon 2100 pour les quatre projections climatiques traitées.

Mots-clés – Hydrogéologie, hydrosystème, modélisation distribuée, calage-ajustement, étiage, Loire

Vous êtes cordialement invité(e) au pot amical qui suivra la soutenance

Assessing the contribution of the main aquifer units of Loire basin to the river discharge during low flow

Céline MONTEIL

Abstract : The evolution of the Loire river low flows is a key issue for various uses such as water supply, irrigation or industrial needs. Power production is a major activity in the Loire basin with four nuclear power plants using the river water for the cooling system. To estimate the evolution of long term in-stream low flow distribution, it is necessary to have a good estimate of the contribution of a complex aquifer system to the river discharge. Three main overlaying aquifer units covering an area of 38000 km² are considered : Beauce Limestones (Oligocene), Chalks (Seno-Turonian) and Sands (Cenomanian).

A distributed hydrogeological model (Eau-Dyssée) is implemented with the coupling of five modules: surface water budget, watershed routing, river routing, unsaturated zone transfer, and groundwater flow. The model is calibrated over a 10-yr period, validated over another 10-yr period, and then a test simulation is run over 35 years. A hybrid fitting methodology, based on an automated inverse method and a trial-error one, has been developed for the fitting of the Beauce aquifer unit. The other units are calibrated by trial and error. The fitted model simulates properly both discharges and piezometric heads over the whole domain, with a global RMSE between simulated and observed piezometric heads of 2.86 m, and all Nash efficiency at the Loire discharge gauging stations over 0.9.

The fitted model has then been used to quantify the hydrosystem mass balance at different time scales. Mean aquifer contribution to Loire river discharge during low flow between 1975 and 2008 is estimated at 15 m³/s. First results of simulations under four different climate change projections indicate an averaged decrease of these contributions reaching 8 to 50 % in 2100.

Keywords : Hydrogeology, hydrosystem, distributed modelling, calibration-fitting, low flow period, Loire