

Proposition de sujet de stage en Hydrologie
(Master II ou dernière année d'école d'ingénieur)
Année scolaire 2009-2010

Prise en compte de la neige dans la prévision hydrologique : quel apport pour mieux prévoir les crues nivales ?

Organisme d'accueil :

Cemagref
U.R. Hydrosystèmes et Bioprocédés
Parc de Tourvoie, BP 44, 92163 Antony Cedex

Contacts :

Maria-Helena Ramos (Hydrologue)
Tel : 01 40 96 60 51 ; Fax : 01 40 96 61 21
Email : maria-helena.ramos@cemagref.fr

Conditions matérielles :

- Lieu de stage : Cemagref Antony
- Durée : de 5 à 7 mois à partir de février-mars 2010
- Indemnités : gratification de stage de 400 €/mois environ (selon législation en vigueur)

Profil du candidat :

Goût et compétences :

- Notions de base en hydrologie
- Programmation en Fortran et/ou R appréciée
- Outils de bureautique traditionnels (Word, Excel, Power Point)
- Aisance rédactionnelle appréciée
- Langue étrangère : anglais scientifique indispensable

Poursuite éventuelle en thèse :

Le sujet n'ouvre pas de possibilité de poursuite en thèse sur le même thème dans le laboratoire d'accueil, mais d'autres sujets de doctorat sur des thématiques proches peuvent être proposés.

Description du sujet :

En hydrologie, le bassin versant est alimenté en eau de l'atmosphère par la pluie ou la neige. La modélisation hydrologique simule la transformation de ces variables climatiques en écoulements de rivières, en décomposant le cycle de l'eau en processus : fonte de neige, évapotranspiration, infiltration, variations des réserves superficielles et profondes, etc. Ces processus seront représentés mathématiquement par de fonctions spécifiques dans différents modules de la structure du modèle. La complexité du modèle dépendra de la finesse avec laquelle ces différents processus y sont modélisés.

Contrairement à la pluie qui va directement s'infiltrer, ruisseler ou être reprise par l'atmosphère en évaporation, les précipitations neigeuses présentent la propriété de s'accumuler à la surface du sol et d'évoluer ensuite en fonction de l'énergie disponible (sublimation, fonte ou regel de l'eau fondue). L'évolution de ce manteau neigeux qui peut représenter des quantités d'eau très importantes et avoir des impacts nets sur l'évolution des débits à l'exutoire du bassin, doit donc

être prise en compte dans la modélisation par l'intermédiaire d'un "module neige". Ce module effectue un bilan d'eau et d'énergie (sous forme simplifiée) des stocks de neige à l'intérieur du bassin versant et permet de déterminer l'eau de fonte qui alimentera les écoulements. Dans la modélisation hydrologique, l'eau disponible pour les rivières influencées par la neige correspondra alors à la somme des précipitations liquides (pluies) et de la fonte. La modélisation du manteau neigeux a des applications diverses en hydrologie : évaluation de la disponibilité hydrique, prévision du risque d'avalanches, prévision des apports de fonte aux barrages-réservoirs, prévisions de crues nivales et alerte.

Les bassins de montagne sont plus particulièrement soumis à des crues lors de la fonte brutale des neiges au printemps, à laquelle peuvent parfois s'ajouter des précipitations liquides. Face aux importants dégâts qui peuvent occasionner ces événements, on observe une demande croissante d'anticipation et d'alerte de la part des services hydrologiques opérationnels (services de prévision des crues - SPC et Service Central d'Hydrométéorologie et d'Appui à la Prévision des Inondations - SCHAPI) et des autorités publiques.

Dans les travaux de stage ici proposés, on souhaite évaluer l'intérêt de l'introduction d'un module neige dans un modèle hydrologique destiné à la prévision des crues.

Les prévisions climatiques qui seront utilisées viennent du modèle Arpège de Météo-France, PEARP. Les prévisions sont émises une fois par jour. On dispose de 11 scénarios futurs possibles avec les valeurs de pluie, neige et température prévues pour les prochaines 60 heures à partir de la date de la prévision. La prévision couvre toute la France. Un programme informatique, déjà mis en place au Cemagref, permet de calculer pour chaque bassin versant que l'on souhaite étudier les quantités de pluie et de neige, ainsi que la température moyenne, prévues sur chaque bassin versant. Dans ce stage, on se propose d'alimenter un modèle hydrologique avec ces prévisions, afin de générer des séries de débits prévus et évaluer la qualité des prévisions émises.

Nous utiliseront le modèle GRP du Cemagref¹, spécifiquement mis au point pour la prévision des crues (Tangara, 2005) et pour la prévision de débits à partir de différents scénarios de pluies futures (Ramos *et al.*, 2008). Puisque le modèle, dans sa version actuelle, ne possède pas un module spécifique pour évaluer le stock et la fonte de neige, les variables séparées (neige et pluie) et les prévisions de température n'ont pas encore été exploitées. De ce fait, à présent, la performance du modèle n'est pas satisfaisante lors qu'il s'agit de prévoir l'évolution des débits au printemps suite à une augmentation des températures et la fonte du stock nival dans un bassin (Figure 1).

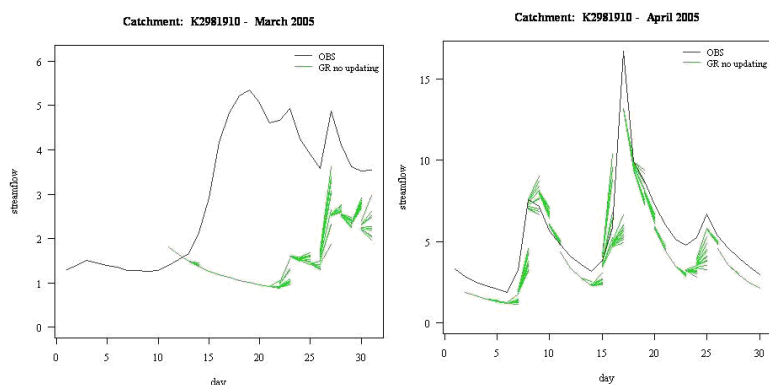
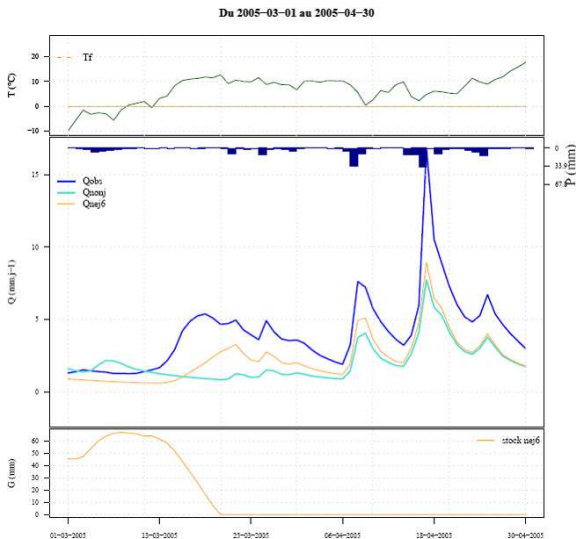


Figure 1 - Exemples de prévision d'une crue d'origine nivale (gauche) et d'une crue d'origine pluviale (à droite) par le modèle GRP sans prise en compte du stockage et de la fonte de la neige : ce cas illustre bien les difficultés du modèle à reproduire l'évolution des débits résultants de la fonte de la neige au printemps, facteur qui peut causer des crues non négligeables.

Source: Randrianasolo, 2009.

¹ <http://www.cemagref.fr/webgr/index.htm>

Pour le stage, on s'appuiera sur les acquis des travaux de thèse d'A. Valéry. Ces travaux ont abouti au développement d'un module simple de prise en compte de la neige dans la structure des modèles hydrologiques GR. Ce module a été validé dans un contexte de **simulation** (Figure 2). Dans ce stage, on reprendra ce module dans un contexte de **prévision**.



⇒ évolution des températures

Figure 2 - Améliorations apportées par l'introduction d'un module de stock et fonte de la neige dans la simulation de débits du modèle hydrologique GR : on observe que l'évolution des débits simulés est plus proche des observations (en bleu foncé) lors que le modèle prend en compte la neige (en orange) par rapport à une modélisation sans prise en compte de la neige (en bleu claire). Source: Thèse A. Valéry.

⇒ fonte du stock nival

Plus particulièrement, on s'intéresse aux questions suivantes :

1. **Quel apport peut-on attendre de l'introduction d'un module neige dans la modélisation hydrologique globale pluie-débit pour la prévision de crues nivales ?**
2. **L'introduction de ce nouvel élément dans la structure du modèle améliore-t-elle significativement les performances du modèle de prévision ?**

Le travail proposé comporte les phases suivantes :

- familiarisation avec les outils (modèle GRP) et la base de données,
- introduction du module de neige développé au Cemagref dans la structure du modèle de prévision,
- calage-contrôle du modèle pluie-débit sur une sélection de bassins versants en France,
- application du modèle avec module neige pour la prévision de débits à partir des prévisions climatiques PEARP,
- analyse des résultats : évaluation de l'apport du module neige en prévision,
- rédaction d'un mémoire.

Références :

- Ramos, M.H., Thielen, J., Pappenberger, F. (2008), Utilisation de la prévision météorologique d'ensemble pour la prévision opérationnelle et l'alerte aux crues, *Colloque SHF-191e CST-"Prévisions hydrométéorologiques"*, 18-19 Novembre, Lyon, 191-199.
- Tangara, M. (2005), *Nouvelle méthode de prévision de crue utilisant un modèle pluie-débit global*. Thèse de doctorat, EPHE, Cemagref, Paris, 374 p.
- Randrianasolo, A., (2009). *Evaluation de la qualité des prévisions pour l'alerte aux crues*. Mémoire de Master. Université Pierre et Marie Curie, Cemagref, Antony, Juin 2009, 50 p.
- Randrianasolo, A., Ramos, M.H., Thirel, G., Andreassian, V., Martin, E. (2009). *Impact of the use of two different hydrological models on scores of hydrological ensemble forecasts*. Article soumis.
- Valéry, A. *Prise en compte du phénomène neigeux dans les modèles pluie-débit*. Thèse de doctorat Cemagref, ENGREF, Paris (soutenance prévue en février 2010).