

Identification des termes du bilan hydrologique et glaciologique par une approche de modélisation inverse : application au massif des Alpes Bernoises (Suisse)

Organisme d'accueil :

UMR Sisyphé
Université Pierre et Marie Curie
4, Place Jussieu
75005 Paris

Encadrant :

Nicolas Le Moine
Tel : 01 44 27 63 26
Email : nicolas.le_moine@upmc.fr

Conditions matérielles :

Durée : de 5 à 7 mois à partir de février-mars 2014
Indemnité de stage mensuelle de l'ordre de 450 euros

Profil recherché :

Le sujet s'adresse à un(e) candidat(e) ayant suivi un cursus en géosciences, de préférence en hydrologie, glaciologie ou sciences du climat. Une certaine aisance en mathématiques/statistiques serait un plus, en particulier des notions de géostatistique. Un goût pour la modélisation et la programmation est nécessaire : le travail sera principalement réalisé à l'aide de Systèmes d'Information Géographique (SIG) et d'outils de modélisation sous Scilab (langage proche de Matlab ou R). Une bonne maîtrise de l'anglais ainsi qu'une aisance rédactionnelle en français seraient appréciées.

Description du sujet :

L'estimation précise des ressources en eau dans les régions de montagne est un problème important, dans la mesure où ces zones constituent souvent les « châteaux d'eau » des régions à l'aval. Cependant, la faible densité des réseaux d'observation et l'absence de données pluviométriques en haute altitude rendent très difficile l'estimation des termes du bilan hydrologique à l'échelle de bassins versants de quelques centaines à quelques milliers de km². Ces termes sont principalement les précipitations solides et liquides, le ruissellement direct, la fonte nivale, la fonte glaciaire, et l'évapotranspiration.

L'estimation correcte de ces différents termes repose en particulier sur la modélisation de la dépendance des précipitations et de la température avec l'altitude (positive pour les précipitations, négative pour la température). Des études ont montré l'intérêt d'utiliser certains éléments de la réponse hydrologique comme « proxys » pour reconstruire ces forçages météorologiques, c'est-à-dire en quelque sorte de « faire tourner le cycle hydrologique à l'envers » pour connaître le forçage à partir de certaines réponses du système. Ces réponses incluent par exemple les débits (Valéry *et al.*, 2009 ; Le Moine *et al.*, 2013) ou, plus localement, l'extension des surfaces glaciaires (Immerzeel *et al.*, 2012).

L'objectif du stage est d'appliquer ce principe « d'inversion » en incluant simultanément dans l'analyse une large palette d'observables : débits aux exutoires de sous-bassins versants, mesures ponctuelles de l'épaisseur du manteau neigeux, estimations des surfaces couvertes de neige (images MODIS) et de glace

(inventaires GLIMS ou Randolph). Il s'agira de comparer ces réponses observées avec leurs contreparties simulées par un modèle hydrologique semi-distribué fonctionnant au pas de temps journalier, pour essayer d'en déduire le modèle de dépendance orographique des précipitations et de la température qui « réconcilie » au mieux l'ensemble des observations.

La zone test qui sera modélisée se situe dans les Alpes Bernoises, en Suisse. Elle se répartit sur trois bassins versants : le Rhône valaisan, l'Aare et la Lütschine, couvrant environ 2000 km² (dont 350 km² de glaciers) et des altitudes variant de 580 m jusqu'à 4274 m au Finsteraarhorn.

Le travail se déroulera comme suit :

- 1) Bibliographie, prise en main des outils de simulation hydrologique
- 2) Construction du modèle hydrologique sur le domaine (maillage topographique, choix des points de contrôle, mise en forme des séries pluviométriques et hydrométriques, etc.)
- 3) Test de différentes options de calage du modèle de spatialisation météo et du modèle hydrologique, en utilisant différentes combinaisons de données de contrainte, avec à chaque fois évaluation sur des périodes de contrôle indépendantes.
- 4) Analyse des résultats et rédaction du mémoire.

Références :

Immerzeel, W.W., F. Pellicciotti, and A.B. Shrestha (2012), Glaciers as a Proxy to Quantify the Spatial Distribution of Precipitation in the Hunza Basin, *Mountain Research and Development*, 32(1):30-38.

Le Moine, N., F. Hendrickx, and J. Gailhard (2013), Rainfall-runoff modelling as a tool for constraining the reanalysis of daily precipitation and temperature fields in mountainous regions, in *Cold and Mountain Region Hydrological Systems Under Climate Change: Towards Improved Projections* (Proceedings of H02, IAHS-IAPSO-IASPEI Assembly, Gothenburg, Sweden, July 2013), pp. 13-18, IAHS Publ. 360.

Valéry, A., V. Andréassian, and C. Perrin (2009), Inverting the hydrological cycle: when streamflow measurements help assess altitudinal precipitation gradients in mountain areas, in *New Approaches to Hydrological Prediction in Data-sparse Regions* (Proceedings of HS2, IAHS-IAH Convention, Hyderabad, India, September 2009), pp. 281-286, IAHS Publ. 333.