

Stage niveau Master 2 Hydrologie/Environnement – Montpellier

Evaluation prospective de l'impact des changements climatiques et anthropiques sur les ressources en eau d'un bassin d'altitude au Chili

Contexte. Dans le cadre d'un partenariat de recherche avec le CEAZA (*Centro de Estudio Avanzado en Zona Arida*), l'UMR HydroSciences Montpellier s'intéresse à la variabilité de la ressource en eau face aux changements climatiques et anthropiques en contexte semi-aride de la région du Norte Chico au Chili. Cette région correspond à une bande de terre d'environ 200 km entre la côte pacifique et la frontière Chili/Argentine, où la Cordillère des Andes peut dépasser les 6000 m d'altitude. La conséquence de cette topographie est un fort gradient altitudinal des précipitations, avec des cumuls inférieurs à 100 mm le long des côtes et dépassant les 400 mm dans la cordillère où la hauteur de neige peut atteindre 8 mètres durant les années exceptionnelles. Ceci a une conséquence immédiate sur les écoulements puisque la fonte des neiges correspond au principal apport d'eau. Comme la majorité des cours d'eau de cette région, les débits du bassin de l'Elqui (~6000 km²) présentent une forte fluctuation interannuelle du fait notamment de la grande variabilité des précipitations neigeuses, conséquence de l'alternance d'évènements ENSO/LNSO. En parallèle, la pression anthropique n'a cessé de croître sur le bassin du fait notamment du développement agricole (viticulture, arboriculture, maraîchage...). Ainsi, des ouvrages hydrauliques (barrages-réservoirs, canaux d'irrigation...) ont été construits pour assurer l'irrigation des cultures en fond de vallée. Ces ouvrages influencent les écoulements sur le bassin et peuvent localement contribuer à la recharge des aquifères. Face au risque d'augmentation de l'aridité liée aux changements climatiques possibles dans la région (IPCC, 2007), la question se pose de la disponibilité future en eau pour répondre aux besoins croissants des activités socio-économiques.

Sujet. Le stage proposé vise donc à modéliser la ressource en eau de ce bassin de montagne à différents horizons au 21^{ème} siècle sous contrainte de scénarios climatiques et anthropiques. Un modèle hydrologique conceptuel vient d'être appliqué avec succès sur le bassin (Ruelland *et al.*, 2011) : il a permis de bien représenter le décalage de la crue occasionné par la fonte de la neige, la variabilité interannuelle des volumes d'eau écoulés ainsi que la perturbation des écoulements par les ouvrages hydrauliques (barrage de la Laguna, prélèvements liés aux canaux d'irrigation). Néanmoins, l'utilisation prospective de ce modèles est encore limitée par (i) une validation insuffisante des simulations notamment concernant la dynamique de stockage des réservoirs neige ; (ii) le recours à un nombre trop faible de scénarios climatiques ; (iii) une prise en compte insatisfaisante du fonctionnement du barrage-amont dans le cadre d'un régime hydro-climatique non-stationnaire. De manière à produire des scénarios hydrologiques plus réalistes et à mieux cerner les incertitudes inhérentes à ce type d'étude, on envisage donc de poursuivre et d'améliorer ces travaux. Il s'agira donc dans un premier temps, de rassembler et de traiter des données satellitaires de type Landsat/MODIS pour étudier l'évolution saisonnière de la couverture neigeuse sur les 10 dernières années avant de la confronter à la dynamique simulée dans le réservoir neige des modèles. Dans un deuxième temps, il s'agira d'élaborer des scénarios prospectifs d'évolution climatique et d'usages de l'eau à moyen terme (horizon 2050) dans le secteur. Les scénarios climatiques seront construits par exploitation des sorties de plusieurs modèles du GIEC (IPCC, 2007) à travers l'application de méthodes simple de désagrégation spatio-temporelle (Ruelland *et al.*, in press). Les scénarios d'évolution des prélèvements en eau seront estimés sur la base de dires d'experts de la région. Dans un troisième temps, ces scénarios seront intégrés dans le modèle hydrologique (préalablement calé et validé) pour proposer des scénarios hydrologiques d'évolution des écoulements à moyen terme. Une attention particulière sera apportée au fonctionnement du barrage de la Laguna pour représenter de manière réaliste son fonctionnement (stockage, restitution) sous contrainte de scénarios climatiques et de forçages hydrologiques simulés à l'amont. Des stratégies d'adaptation en matière d'infrastructures et de gestion de la ressource seront alors proposées et testées. Ce travail devrait contribuer à établir une approche méthodologique pour estimer l'évolution possible et la disponibilité future des ressources en eau face aux pressions climatiques et anthropiques sur le bassin.

Profil recherché :

- Niveau Master 2/Ecole d'ingénieur,
- Bonne maîtrise des notions générales en hydrologie/climatologie,
- Sensibilité à la modélisation hydrologique,
- Connaissance de la programmation (Matlab, Visual Basic),
- Première expérience en télédétection (Erdas, ENVI...),
- Maîtrise du logiciel ArcGis et des outils bureautiques (Excel, Word),
- Lecture de l'anglais scientifique et technique – la maîtrise de l'espagnol serait un plus,
- Capacité de travail, compétences rédactionnelles, goût du travail en équipe, sens du contact humain.

Structure/Lieu : UMR (CNRS, IRD, UM1, UM2) HydroSciences Montpellier

Durée du stage : 6 mois au premier semestre 2011

Conditions d'accueil de l'étudiant : Indemnités environ 417€ bruts/mois, 1 mission possible de 10 jours au Chili pour rencontrer les partenaires locaux, récolter des données et visiter le bassin étudié.

Encadrement : Denis Ruelland (CNRS)

Modalités de candidature :

Les candidatures (CV + lettre de motivation) sont à envoyer par e-mail à D. Ruelland (denis.ruelland@um2.fr).

Bibliographie succincte

- Favier, V., Falvey, M., Rabatel, A., Praderio, E. & Lopez, D. (2009) Interpreting discrepancies between discharge and precipitation in high-altitude area of Chile's Norte Chico region (26-32 degrees S), *Water Resour. Res.*, 45, W02424.
- Loukas A, Mylopoulos N, Vasiliades L (2007) A modeling system for the evaluation of water resources management strategies in Thessaly, Greece. *Water Resour. Manag.*, 21, 1673–1702.
- Purkey, D., Joyce, B., Vicuna, S., Hanemann, M., Dale, L., Yates, D. & Dracup, J.A. (2008). Robust analysis of future climate change impacts on water for agriculture and other sectors: a case study in the Sacramento Valley. *Clim Change* 87, 109–122.
- Rosenzweig, C., Strzepek, K., Major, D., Iglesias, A., Yates, D., McKluskey, A. & Hillel, D. (2004). Water resources for agriculture in a changing climate: international case studies. *Global Environmental Change* 14, 345–360.
- Ruelland, D., Brisset, N., Jourde, H. & Oyarzun, R. (2011). Modelling the impact of climatic variability on the groundwater and surface flows from a mountainous catchment in the Chilean Andes. In: *Cold regions hydrology in a changing climate*. IAHS Publ., 346, 171–179.
- Ruelland, D., Ardoin-Bardin, S., Collet, L. & Roucou, P. (2011). Simulating future trends in hydrological regime of a large Sudano-Sahelian catchment under climate change. *J. Hydrol.*, in press.
- Souvignet, M., Gaese, H., Ribbe, L., Kretschmer, N. & Oyarzun, R. (2010). Statistical downscaling of precipitation and temperature in north-central Chile: an assessment of possible climate change impacts in an arid Andean watershed. *Hydrol. Sci. J.*, 55(1), 41–57.
- Vicuña, S., Garreaud, R. & McPhee, J. (2010). Climate change impacts on the hydrology of a snowmelt driven basin in semiarid Chile. *Climatic Change* DOI 10.1007/s10584-010-9888-4.
- Yates, D., Purkey, D., Sieber, J., Huber-Lee, A., Galbraith, H., West, J., Herrod-Julius, S., Young, C., Joyce, B. & Rayej, M. (2009). Climate driven water resources model of the Sacramento Basin, California. *J. Water Resour. Plan. Manage.* 135(5):303–313.
- Young, G., Zavala, H., Wandel, J., Smit, B., Salas, S., Jimenez, E., Fiebig, M., Espinoza, R., Diaz, H. & Cepeda, J. (2010). Vulnerability and adaptation in a dryland community of the Elqui River basin, Chile. *Climatic Change* 98, 245–276.