

Proposition de sujet de thèse/ PhD thesis Proposal. Ecole Doctorale TUE-Grenoble.

Estimation des contributions glaciaires aux apports hydrologiques sur le bassin versant du Rhône : temps présent et futur

Le XXe siècle a vu un recul important des glaciers à l'échelle du globe, avec des conséquences hydrologiques fortes : la contribution de la fonte glaciaire (hors calottes) à la montée du niveau des mers est estimée à 0.7 mm/an sur 1971-2009, elle équivaut ainsi aux contributions réunies des calottes groenlandaise et antarctique, et domine les autres contributions à l'élévation du niveau des mers sur le dernier siècle (Vaughan *et al.* 2013).

De par leur altitude et leur régime thermique, les glaciers européens sont particulièrement vulnérables au changement climatique (Gardner *et al.* 2013, Huss, 2012, Marzeion, 2012 et Cogley, 2009). Or, leur contribution à l'hydrologie locale et régionale est importante : de nombreuses vallées alpines connaissent un régime allant de glacio-nival à nivo-glaciaire, et de nombreux usages locaux de l'eau, à forts enjeux économiques, sont aujourd'hui dépendants des apports glaciaires aux débits et de leur saisonnalité : production hydro-électrique, usage touristique des retenues d'eau, irrigation estivale... (Sauquet *et al.*, 2015, Lafaysse *et al.*, 2011, Stahl *et al.*, 2016).

Les projections climatiques sont défavorables aux glaciers alpins, avec des conséquences fortes pour l'hydrologie des hautes vallées alpines, mais aussi pour les régions avales et les usages de l'eau qui y supportent l'activité économique.

A l'heure actuelle, la-plupart des modèles utilisés pour les projections hydrologiques en montagne offrent une représentation inadéquate des glaciers et de leur évolution possible sous changement climatique : initialisation peu contrainte des volumes de glace, dynamique glaciaire souvent absente. La fiabilité des projections hydrologiques en est considérablement entachée.

L'objectif de la thèse proposée est de pallier ces limitations fortes par une représentation de la dynamique glaciaire dans un modèle hydrologique déployé sur l'arc alpin français.

Le modèle hydrologique ciblé est J2000-Rhone, co-développé depuis 4 ans entre IRSTEA-Lyon et l'université de Jena (Allemagne), et codé en JAVA sur la plateforme de modélisation JAMS. Il inclut une modélisation des principaux usages de l'eau sur le bassin versant du Rhône (irrigation, hydro-électricité, alimentation en eau potable), et est conçu sur le long terme comme un outil d'aide à la gestion de l'eau pour les acteurs publics et décideurs.

Le module de dynamique glaciaire attendu devra représenter la redistribution spatiale des bilans de masse annuels sur les versants englacés. Il s'appuiera pour cela sur des modèles numériques de terrains acquis à différentes dates sur la période récente, ainsi que des données météorologiques, hydrologiques et glaciologiques de natures diverses.

Le module de glaciers sera d'abord développé et évalué sur deux bassins fortement et partiellement englacés, respectivement celui de l'Arve à Chamonix et celui de l'Arvan à St-Jean-d'Arve : ce choix est guidé par l'abondance des données observationnelles et des travaux glaciologiques existants sur les glaciers de ces bassins (Service National d'Observation National GLACIOCLIM), par la connaissance hydrologique acquise sur ces bassins au fil de projets antérieurs, et par les enjeux spécifiques liés à ces bassins (enjeu des crues et de la ressource en eau pour la gestion d'ouvrages à aval sur l'Arve ; enjeu de l'export sédimentaire en lien avec la fonte nivale, l'ablation et le retrait glaciaire pour l'Arvan).

Dans un second temps, une généralisation de ce module sera envisagée pour rendre compte des glaciers à l'échelle de l'arc alpin français (extension possible à la partie Suisse). Elle pourra amener à explorer des paramétrisations différentes, plus appropriées à un contexte de données glaciologiques limitées.

La valorisation du travail de thèse consistera premièrement en des simulations et projections hydrologiques sous changement climatique incluant l'impact de la dynamique glaciaire ; deuxièmement en une revisite des projections de retrait glaciaire avancées par les modélisations glaciologiques globales pour la partie française de l'arc alpin. Troisièmement, des bases solides seront posées pour contribuer, via la modélisation différenciée et spatialisée des apports de la fonte nivale et glaciaire, à une meilleure compréhension des processus d'érosion dans les bassins versants de haute altitude à l'instar de l'Arvan.

Profil du candidat recherché

Le candidat devra être titulaire d'un Master 2 en géosciences et avoir une expérience en modélisation numérique et en visualisation de données géoscientifiques. Des compétences en SIG, programmation sous R et sous Java, seront appréciées, ainsi que de la curiosité et de bonnes capacités à l'autonomie, à l'initiative et au travail en équipe/communication.

Encadrement

Cette thèse sera dirigée par A. Rabatel (IGE-Grenoble¹), co-dirigée par I. Gouttevin (Irstea-Lyon et Irstea-Grenoble). T. Condom (IGE-Grenoble) fera aussi partie de l'encadrement rapproché de la thèse.

Contact

CV et lettre de motivation à adresser à isabelle.gouttevin@irstea.fr

¹ Institut des Géosciences de l'Environnement. Produit de la fusion entre le Laboratoire de Glaciologie et de Géophysique de l'Environnement (LGGE) et le Laboratoire d'étude des Transferts en Hydrologie et Environnement (LTHE) prévue au 1.01.2017.

Towards an estimation of glacier melt contribution to river discharge over the Rhone catchment in present times and future

Glaciers of the world have undergone significant retreat over the past century, resulting in a major and increasing contribution to sea-level rise (Vaughan *et al.* 2013). Because of their altitude, European glaciers are specifically vulnerable to climate change (Gardner *et al.* 2013, Huss, 2012, Marzeion, 2012 et Cogley, 2009). In present climate, these glaciers strongly influence the hydrological regime of high-alpine valeys and their downstream regions, with key economic water uses (hydro-power production, touristic activities on dam lakes and summer irrigation) depending on the current discharge volumes and seasonality. In future climate, such water uses and management may no longer be sustainable.

However, much uncertainty currently exists on hydrological projections in regions downstreams of glaciers, as glaciers (and especially glaciers dynamics) are poorly represented in hydrological models.

The proposed PhD aims at improving the accuracy and reliability of hydrological projections over the French Rhone river catchment, by explicitly accounting for the contribution of glacier melt to river discharge, including under very likely future glacier retreat.

This ambition will go through the development of a dynamic glacier module in the J2000-Rhone process-based hydrological model.

J2000-Rhone has been developed between the University of Jena (Germany) and IRSTEA-Lyon for the last 4 years, and is since then very much involved in team projects reaching from physical modelling to water uses and prospective applications in support of decision making (Sauquet *et al.*, 2015).

The new glacier module will first be developed for two glacierized catchments: the Arve at Chamonix and the Arvan at St-Jean-d'Arve. The choice for these catchments proceeds from the high amount of *in-situ* data collected on the headwater glaciers (the Massif du Mont-Blanc and St Sorlin glacier) and from the economic and scientific questions associated with glacier activity and meltwater in these areas: tourism, hydropower production and sediment export.

After the developments, projections for the future retreat of these glaciers will be formulated, feeding the current international state-of-the-art regarding future glacier evolution.

In a second step, the generalization of the dynamic glacier module will be attempted over all glaciers of the French Alps (with possible extension to the Swiss part of the Rhone basin), which may require different parametrization choices to account for the scarcity of glaciological data at this large spatial scale. Uncertainties related to this generalization will be assessed. As a result, distributed hydrological projections including the effect of glacier retreat at the scale of the Rhone river basin will be made, which is a further step beyond the current state-of-the-art.

Another valuable contribution from the Ph.D. will be to set up sound modelling bases for an assessment of snow and glacier melt implications in sediment export over alpine catchments, especially over the Arvan catchment which has been studied by IRSTEA-Lyon over a decade and for which the connection between sediments and snow-glacier processes has been identified as a missing link.

Expected Qualifications and skills

Good PhD candidates will have a master degree in geophysics / physics of the environment / hydrology (including some knowledge on snow), and some experience in modelling and visualization of environmental data. Programming skills in R, Java, and GIS knowledge will be further appreciated. Good communication and teamwork skills, curiosity, autonomy at work will be valued.

Supervision

Main supervisor : A. Rabatel (IGE Grenoble)

Co-supervisor : I. Gouttevin (Irstea-Lyon and Irstea-Grenoble)

T. Condom (IGE) will also take part in the supervision.

How to apply

Resume and personal statement to be sent to isabelle.gouttevin@irstea.fr

References

- Cogley, J. G. (2009) Geodetic and direct mass balance measurements: Comparison and joint analysis, *Ann. Glaciol.*, 50, 96–100.
- Gardner, A. S., Moholdt, G., Cogley, J. G., Wouters, B., Arendt, A. A., Wahr, *et al.* (2013) A reconciled estimate of glacier contributions to sea level rise: 2003 to 2009. *Science*, 340(6134), 852-857.
- Huss, M. (2012) Extrapolating glacier mass balance to the mountain-range scale: the European Alps 1900–2100, *The Cryosphere*, 6, 713-727, doi:10.5194/tc-6-713-2012, 2012.
- Lafaysse, M., Hingray, B., Etchevers, P., Martin, E., & Obled, C. (2011). Influence of spatial discretization, underground water storage and glacier melt on a physically-based hydrological model of the Upper Durance River basin. *Journal of Hydrology*, 403(1), 116-129.
- Marzeion, B., A. H. Jarosch, and M. Hofer, 2012: Past and future sea-level change from the surface mass balance of glaciers. *Cryosphere*, 6, 1295–1322.
- Sauquet, E., *et al.* (2015) Projet R²D² 2050 - Risque, Ressource en eau et gestion Durable de la Durance en 2050, MEDDE, Rapport final, convention 10-GCMOT-GICC-3-CVS-102, <http://cemadoc.irstea.fr/cemoa/PUB00044634>.
- Stahl, K., Weiler, M., Freudiger, D., Kohn, I., Seibert, J., Vis, M., Gerlinger, K. and Bohm, M. (2016) Anflussanteile aus Schnee- und Gletscherschmelze im Rhein und seinen Zuflüssen vor dem Hintergrund des Klimawandels. Abschlussbericht an die Internationale Kommission für die Hydrologie des Rheingebietes (KHR). 159 p. En Allemand.
- Vaughan, D.G., J.C. Comiso, I. Allison, J. Carrasco, G. Kaser, R. Kwok, P. Mote, T. Murray, F. Paul, J. Ren, E. Rignot, O. Solomina, K. Steffen and T. Zhang (2013) Observations: Cryosphere. In: *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.