



Proposition de Stage

Titre du stage : Observation et modélisation de la variabilité spatiale de la hauteur de neige au site du Col du Lautaret

Nom et statut des responsables de stage : J. Revuelto – M. Dumont

jesus.revuelto@meteo.fr ----- 04 76 63 37 61

marie.dumont@meteo.fr ----- 04 76 63 79 07 ; page web: <http://www.umr-cnrm.fr/spip.php?article632>

Lieu du stage :

Centre d'Études de la Neige, Domaine Universitaire, 1441 rue de la piscine, 38400 St MARTIN D'HERES

Sujet du stage :

La couverture neigeuse saisonnière en montagne comporte une très forte variabilité spatiale et temporelle en terme de propriétés physiques et chimique. Cette variabilité spatiale à petite échelle (quelques dizaines de m) est contrôlée partiellement par la topographie de la zone d'intérêt.

Afin de mieux prédire cette variabilité à l'aide de modèle numérique du manteau neigeux et de mieux comprendre les mesures satellitaires issues de capteurs optiques moyennes et hautes résolution tels que Sentinel-2 et Sentinel-3, il est essentiel de disposer de jeux de données permettant de décrire cette variabilité et son évolution au cours de la saison hivernale car les mesures ponctuelles (même automatique) ne permettent pas d'appréhender cette variabilité.

Ce stage s'inscrit dans le cadre de 3 projets dont les objectifs sont connexes:

- le projet AXA de post-doc de J. Revuelto qui vise à réaliser des simulations du manteau neigeux avec assimilation de données satellitaires optiques avec pour but final d'améliorer la prévision du risque d'avalanches et de crues nivales.
- l'ANR JCJ EBONI qui vise à comprendre et modéliser l'évolution et l'impact des impuretés absorbantes telles que les poussières minérales et la suie sur l'évolution des propriétés physiques du manteau neigeux.
- le projet SEOM S3 snow qui vise à développer et valider des algorithmes de détermination des propriétés du manteau neigeux à partir des images Sentinel-2 et 3.

Dans ce cadre, une première saison de mesure au Col du Lautaret a été effectuée lors de l'hiver 2016-2017 et a permis de caractériser l'évolution des propriétés physico-chimiques du manteau neigeux en un point ainsi qu'un début de caractérisation de la variabilité spatiale de hauteur de neige et d'albédo autour du point de mesures.

Description du travail :

Les objectifs de ce stage sont :

- de participer à la seconde campagne de terrain au Col du Lautaret afin de caractériser la variabilité spatiale de la hauteur de neige et son évolution au cours de la saison hivernale. Les mesures seront effectuées à l'aide de sondage manuels et de relevés avec le LaserScan terrestre (TLS) de l'OSUG.

- traiter et analyser les données de variabilité spatiale de hauteur de neige et générer les cartes de sa distribution dans la zone d'étude pour les dates de acquisition TLS (Prokop, 2008; Revuelto et al., 2014a).

- modéliser et comprendre le contrôle topographique sur la variabilité spatiale de la hauteur de neige dans la zone d'étude. Les caractéristiques topographiques à petite échelle exercent un contrôle déterminant sur la distribution spatiale de la neige spécialement en zones hétérogènes de haute montagne (Revuelto et al., 2014b). Il est donc nécessaire d'inclure cet effet dans les simulations distribuées de la neigeux (Vionnet et al., 2012). La prise en compte de ces effets dans la modélisation doit se baser sur des approches statistiques qui prennent en compte certaines variables topographiques qui ont une forte corrélation avec la distribution spatiale de neige comme le « topographic position index » (De Reu et al., 2013) ou le « maximum upwind slope parameter ». Dans le cadre de ce stage, un modèle statistique pour déterminer les zones de accumulation préférentielle à partir

de variables topographiques sera calibré avec une méthode statistique « random forest » (McCreight et al., 2012). Ce modèle sera ensuite combiné avec les sorties de modèle de neige Crocus lequel, dans le cadre des projets, intégrera des observations satellitaires.

Les conclusions de ce stage devraient permettre d'aboutir à une meilleure compréhension et caractérisation de la variabilité spatiale de la hauteur de neige sur le site ouvert du Col du Lautaret. Cette connaissance est essentielle pour la meilleure interprétation des données satellitaires et pour l'amélioration de la simulation du manteau neigeux par assimilation de ces données satellitaires.

Compétences ou pré-requis souhaitables :

Les compétences requises pour ce stage sont un intérêt pour l'étude de la physique de la neige et pour l'observation de terrain, ainsi que des compétences de base en programmation informatique (travail en langage python et utilisation du logiciel de traitement des données géographiques GIS (QGIS, ArcGIS) et logiciels spécifiques de post-traitement données TLS (Polyworks, CloudCompare), éventuellement à acquérir au cours du stage).

Références :

De Reu, J., Bourgeois, J., Bats, M., Zwertvaegher, A., Gelorini, V., De Smedt, P., Chu, W., Antrop, M., De Maeyer, P., Finke, P., et al. (2013). Application of the topographic position index to heterogeneous landscapes. *Geomorphology* 186, 39–49.

McCreight, J.L., Slater, A.G., Marshall, H.P., and Rajagopalan, B. (2012). Inference and uncertainty of snow depth spatial distribution at the kilometre scale in the Colorado Rocky Mountains: The effects of sample size, random sampling, predictor quality, and validation procedures.

Prokop, A. (2008). Assessing the applicability of terrestrial laser scanning for spatial snow depth measurements. *Cold Reg. Sci. Technol.* 54, 155–163.

Revuelto, J., López-Moreno, J.I., Azorin-Molina, C., Zabalza, J., Arguedas, G., and Vicente-Serrano, S.M. (2014a). Mapping the annual evolution of snow depth in a small catchment in the Pyrenees using the long-range terrestrial laser scanning. *J. Maps* 10, 1–15.

Revuelto, J., López-Moreno, J.I., Azorin-Molina, C., and Vicente-Serrano, S.M. (2014b). Topographic control of snowpack distribution in a small catchment in the central Spanish Pyrenees: Intra- and inter-annual persistence. *Cryosphere* 8, 1989–2006.

Vionnet, V., Brun, E., Morin, S., Boone, A., Faroux, S., Le Moigne, P., Martin, E., and Willemet, J.-M. (2012). The detailed snowpack scheme Crocus and its implementation in SURFEX v7.2. *Geosci. Model Dev.* 5, 773–791.

Informations pratiques :

Durée du stage : ~ 5 mois (1^{er} semestre 2018).

Salaire : Indemnités légales.

Les candidatures+CV sont à envoyer à jesus.revuelto@meteo.fr et marie.dumont@meteo.fr