

Proposition de Sujet de thèse 2019

(1 page recto maximum)

Laboratoire (et n° de l'unité) dans lequel se déroulera la thèse :
CNRM - UMR 3589

Titre du sujet proposé :

Observation et modélisation de la neige sous forêt dans un climat changeant

Nom et statut (PR, DR, MCf, CR, ...) du (des) responsable(s) de thèse (préciser si HDR) :

Yves Lejeune, (TSM Chercheur)

Marie Dumont (ICPEF, HDR)

Coordonnées (téléphone et e-mail) du (des) responsable(s) de thèse :

yves.lejeune@meteo.fr 0476637924

marie.dumont@meteo.fr 0476637907

Résumé du sujet de la thèse

Environ 50 % des régions alpines au-dessus de 600 mètres d'altitude sont recouvertes de forêts et cette fraction a régulièrement augmenté au cours du siècle dernier (Bebi et al, 2017). En présence de forêt, les processus d'évolution du manteau neigeux diffèrent de ceux bien connus en zone dégagée. Les arbres réduisent l'éclairement solaire, émettent un rayonnement infrarouge, interceptent la neige avant de la redistribuer et modifient les conditions météorologiques de surface (Varhola et al., 2010). Malgré la contribution majeure de ces processus sur des surfaces très étendues, peu de modèles les représentent finement. Les intercomparaisons de modèles de neige ont permis d'identifier la neige sous forêt comme l'une de leurs limitations principales (Rutter et al., 2009; Krinner et al., 2018). Cette difficulté est liée à une compréhension incomplète des processus mis en jeu et à leur variabilité spatiale, en lien à un manque d'observations. Les récentes investigations menées à l'aide du modèle MEB (Multiple Energy Balance, Boone et al, 2017) couplé au modèle de neige Crocus, appliqué au site du Col de Porte (Chartreuse) dans le cadre du projet SNOUF (SNOW Under Forest) financé en partie par le LabEX [OSUG@2020](#), ont permis d'identifier une difficulté à quantifier la neige redistribuée sous la canopée après interception, évolution sur la canopée et décharge (Vincent et al., 2018). Ce problème semble causé au premier ordre par une mauvaise estimation des pertes de masse sur la canopée. Les paramétrisations actuellement implémentées dans le modèle sont issues de la littérature scientifique à partir d'observations dans des régions canadiennes continentales très froides et semblent inadaptées pour représenter ce processus dans des climats plus tempérés.

Dans ce contexte, cette thèse propose d'améliorer la compréhension et la modélisation de la neige interceptée par les arbres par un volet expérimental et un volet de modélisation numérique. Dans la forêt du Col de Porte (Chartreuse, France), les observations des quantités de neige interceptées seront renforcées (amélioration du dispositif expérimental du projet SNOUF et documentation de situations plus variées). On cherchera à documenter les propriétés de la neige déposée sur les branches comme sa température afin de mieux comprendre l'occurrence de fonte. L'amélioration du protocole expérimental sera effectuée en fonction des différentes technologies disponibles (réseau de sondes, caméra infra-rouge fixe ou mobile, etc). Le volet modélisation s'appuiera sur le modèle MEB récemment implémenté dans la plateforme SURFEX de modélisation de la surface et qui peut être couplé à des schémas de neige de différente complexité (Explicit Snow, Crocus). La représentation de la neige interceptée dans ce modèle sera améliorée par un calcul explicite du bilan d'énergie de la neige sur les branches et une représentation pronostique de sa densité. Les mesures innovantes décrites ci-dessus permettront une évaluation des améliorations proposées. De plus, des jeux de données de campagnes expérimentales dans divers environnements et climats (Todt et al, 2018 ; Bartlett et al, 2007) seront utilisés pour vérifier la robustesse spatiale des nouvelles paramétrisations.

Les enjeux potentiels de la modélisation de la neige sous forêt sont multiples. Dans cette thèse, le modèle MEB ainsi amélioré sera utilisé pour réaliser des réanalyses climatiques des 50 dernières années et des projections futures sur tout le XXI^{ème} siècle de l'enneigement des forêts de tous les massifs français (Alpes, Pyrénées, Corse, Vosges, Jura, Massif Central). Elles seront basées sur les réanalyses météorologiques SAFRAN (Durand et al, 2009) et sur les scénarios climatiques de Verfaillie et al, (2017) qui n'ont jusque ici été utilisés que dans des projections applicables en dehors des forêts. Au delà de cette thèse, l'application spatialisée du modèle en temps réel permettra également d'améliorer la quantification de la ressource en eau disponible sous forme de neige en montagne, ou encore d'améliorer la représentation des interactions neige-végétation-atmosphère dans les systèmes couplés.

Nature du travail attendu et compétences souhaitées

Observation et modélisation numérique.

Etre capable de définir et mettre en œuvre des protocoles d'observations sur le terrain en conditions hivernales. Connaissances en physique de la neige. Compétences en programmation (Fortran 90, python) et en modélisation numérique.

Collaborations et recherche de financement

Cette thèse se déroulera avec un important support de Matthieu Lafaysse et Aaron Boone (GMME) en particulier sur les aspects de modélisation numérique (bien que les conditions de l'école doctorale ne permettent pas de les associer officiellement dans l'encadrement).

Dans la continuité du projet SNOUF, des collaborations avec IRSTEA-Grenoble et l'IGE sont envisagées en particulier sur les aspects observations. Ces partenaires, ainsi que des acteurs locaux intéressés par le sujet (ONF, Parc Naturel De Chartreuse, Métropole de Grenoble) pourraient être associés à d'éventuelles soumissions de projets pour le financement de la thèse. Les prises de contacts sont en cours pour préciser leur intérêt

Références bibliographiques

- Bartlett, P. A., M. D. MacKay and D. Verseghy (2007). Modified snow algorithms in the Canadian Land Surface Scheme: model runs and sensitivity analysis at three boreal forest stands. *Atmosphere-Ocean*, 43, 207–222.
- Bebi, P., Seidl, R., Motta, R., Fuhr, M., Firm, D., Krumm, F., Conedera, M., Ginzler, C., Wohlgemuth, T., and Kulakowski, D. (2017). Changes of forest cover and disturbance regimes in the mountain forests of the alps. *Forest Ecology and Management*, 388:43 – 56. *Ecology of Mountain Forest Ecosystems in Europe*.
- Boone, A., Samuelsson, P., Gollvik, S., Napoly, A., Jarlan, L., Brun, E., and Decharme, B. (2017). The interactions between soil–biosphere–atmosphere land surface model with a multienergy balance (isba-meb) option in surfexv8 – part 1: Model description. *Geoscientific Model Development*, 10(2):843–872.
- Durand, Y., Giraud, G., Laternser, M., Etchevers, P., Mérindol, L., and Lesaffre, B.: Reanalysis of 44 yr of climate in the French Alps (1958–2002): methodology, model validation, climatology, and trends for air temperature and precipitation, *J. Appl. Meteor. Climat.*, 48, 429–449, doi:10.1175/2008JAMC1808.1, 2009.
- Krinner, G., et al. (2018). Esm-snowmip: Assessing models and quantifying snow-related climate feedbacks. *Geoscientific Model Development Discussions*, 2018:1–32.
- Rutter, N., Essery, R., Pomeroy, J., Altimir, N., Andreadis, K., Baker, I., Barr, A., Bartlett, P., Boone, A., Deng, H., et al. (2009). Evaluation of forest snow processes models (snowmip2). *J. Geophys. Res.*, 114(D6):D06111.
- Varhola, A., Coops, N. C., Weiler, M., and Moore, R. D. (2010). Forest canopy effects on snow accumulation and ablation: An integrative review of empirical results. *J. Hydrol.*, 392(3):219– 233
- Verfaillie, D., Lafaysse, M., Déqué, M., Eckert, N., Lejeune, Y., and Morin, S.: Multi-component ensembles of future meteorological and natural snow conditions for 1500 m altitude in the Chartreuse mountain range, Northern French Alps, *The Cryosphere*, 12, 1249-1271, <https://doi.org/10.5194/tc-12-1249-2018>, 2018.
- Vincent, L., Lejeune, Y., Lafaysse, M., Boone, A., Le Gac, E., Coulaud, C., Freche, G., Sicart, J.E. Interception of snowfall by the trees is the main challenge for snowpack simulations under forests. In *Proceedings of ISSW*, 705-710, 2018
- Todt, M., Rutter, N., Fletcher, C., Wake, L., Lorant, M. Improvements to Simulations of Canopy Longwave Radiation in Boreal Forests and their Impact on Seasonal Snow Cover, *Geophysical Research Abstracts*, 20, EGU2018-18288, 2018