

## **Soutenance de thèse de doctorat**

le vendredi 24 novembre 2017 à 14h,  
Auditorium du bâtiment IMAG,  
700 avenue Centrale  
Domaine Universitaire - St Martin d'Hères

# **Apport de prévisions météorologiques à échelle kilométrique pour la modélisation du manteau neigeux en montagne**

Par **Louis Quéno**

Centre d'Etudes de la Neige, Centre National de Recherches Météorologiques, Météo-France/CNRS

Thèse dirigée par Ingrid Dombrowski-Etchevers, Fatima Karbou et Vincent Vionnet

Composition du jury :

Dr. Gianpaolo Balsamo, European Centre for Medium-Range Weather Forecasts, Rapporteur  
Pr. Charles Fierz, WSL Institute for Snow and Avalanche Research SLF, Rapporteur  
Dr. Eric Brun, Observatoire National sur les Effets du Réchauffement Climatique, Examineur  
Dr. Simon Gascoin, CNRS, Centre d'Etudes Spatiales de la Biosphère, Examineur  
Dr. Evelyne Richard, CNRS, Laboratoire d'Aérodynamique, Examinatrice  
Dr. Ingrid Dombrowski-Etchevers, CNRM, Directrice de thèse  
Dr. Fatima Karbou, CNRM/CEN, Co-directrice de thèse  
Dr. Vincent Vionnet, Centre for Hydrology, University of Saskatchewan, Co-directeur de thèse



CNRM UMR 3589

## Résumé

Le suivi et la représentation de la variabilité du manteau neigeux en montagne sont des enjeux écologiques et sociétaux majeurs. Le récent développement de modèles météorologiques à échelle kilométrique offre un potentiel nouveau pour améliorer les simulations d'enneigement en montagne. Dans cette thèse, nous avons évalué l'apport des prévisions météorologiques du modèle de prévision numérique du temps AROME à 2.5 km de résolution horizontale pour alimenter le modèle détaillé de manteau neigeux Crocus. Les simulations AROME-Crocus distribuées ont d'abord été évaluées sur les Pyrénées de 2010 à 2014, montrant un apport en termes de représentation de la variabilité spatio-temporelle du manteau neigeux par rapport à l'approche par massif du système opérationnel actuel SAFRAN-Crocus, malgré une surestimation des hauteurs de neige. Par la suite, la valeur ajoutée de produits satellitaires de rayonnements incidents a été étudiée pour des simulations d'enneigement dans les massifs alpins et pyrénéens, soulignant leur bonne qualité en montagne mais un impact mitigé sur le couvert neigeux simulé. Enfin, on a montré comment le schéma de microphysique nuageuse d'AROME associé à Crocus permet de mieux prévoir la formation de glace en surface du manteau neigeux par précipitations verglaçantes dans les Pyrénées. Ces travaux ouvrent la voie à une prévision nivologique distribuée à haute résolution en montagne.

**Mots-clés :** Manteau neigeux ; Modélisation ; Prévision Numérique du Temps ; Montagne ; Précipitations verglaçantes ; Produits satellitaires de rayonnement.

## Abstract

Monitoring and representing the snowpack variability in mountains are crucial ecological and societal issues. The recent development of meteorological models at kilometeric scale offers a new potential to improve snowpack simulations in mountains. In this thesis, we assessed the potential of forecasts from the numerical weather prediction model AROME at 2.5 km horizontal resolution to drive the detailed snowpack model Crocus. AROME-Crocus distributed simulations were first evaluated over the Pyrenees from 2010 to 2014. They showed benefits in representing the snowpack spatio-temporal variability as compared to the massif-based approach of the current operational system SAFRAN-Crocus, despite an overestimation of snow depth. Then, we studied the potential added value of satellite-derived products of incoming radiations for simulating the snow cover in the French Alps and Pyrenees. These products were found of good quality in mountains but their impact on the simulated snow cover is questionable. Finally, we showed how the cloud microphysics scheme of AROME associated with Crocus enables to better predict ice formation on top of the snowpack due to freezing precipitation in the Pyrenees. These works pave the way for high-resolution distributed snowpack forecasting in mountains.

**Keywords:** Snowpack ; Modelling ; Numerical Weather Prediction ; Mountains ; Freezing precipitation ; Satellite-derived radiation products.