



**Soutenance d'Habilitation à Diriger des Recherches**  
Université Joseph Fourier – Grenoble  
Terre Univers Environnement / Sciences de la Planète

**Samuel Morin**

(Météo-France – CNRS, CNRM-GAME/Centre d'Etudes de la Neige)

**Le lundi 8 décembre 2014 à 10h30**

Laboratoire de Glaciologie et Géophysique de l'Environnement, salle L. Lliboutry

***Observation and numerical modeling of snow on the ground: use of existing tools and contribution to ongoing developments***

Jury composé de :

**Mme Catherine Ottlé**, Chercheuse au LSCE, Gif-sur-Yvette, Rapporteur

**Mr Michael Lehning**, Chercheur au WSL-SLF Davos et Professeur à l'EPFL Lausanne, Suisse, Rapporteur

**Mr Teruo Aoki**, Chercheur au Meteorological Research Institute, Tsukuba, Japon, Rapporteur

**Mr Ghislain Picard**, Enseignant-Chercheur au LGGE Grenoble, Examineur

**Mr Eric Martin**, Chercheur au CNRM-GAME, Toulouse, Examineur

**Résumé**

Le manteau neigeux est un milieu d'importance capitale à la surface de la Terre. Depuis longtemps, la communauté scientifique s'efforce de décrypter son fonctionnement et son rôle dans le système climatique régional et mondial. En outre, le manteau neigeux joue un rôle clef pour de nombreux enjeux concernant les sociétés humaines (ressources en eau et en énergie, avalanches de neige, industrie touristique etc.). Des modèles numériques de complexité variable ont été développés en intégrant les connaissances existantes et permettent ainsi de prédire le comportement global du manteau neigeux à partir des conditions météorologiques et de l'interaction croisée de multiples processus internes ou ayant lieu à ses interfaces. En outre, des outils d'observations, des plus simples au plus avancés, ont été imaginés pour sonder les propriétés physiques de la neige et contribuent ainsi à mieux appréhender l'état physique du manteau neigeux et son évolution.

Le mémoire d'habilitation dont est tiré cette présentation synthétise ma propre contribution à l'utilisation et au développement de plusieurs outils utilisés pour simuler ou observer la neige au sol. En l'occurrence, une attention spéciale est apportée à la modélisation détaillée du manteau neigeux à l'aide du modèle multi-couches Crocus, qui sert d'"intégrateur de connaissance" et permet de projeter dans des domaines scientifiques plus ou moins connexes une représentation adéquate des processus physiques du manteau neigeux. Ceci concerne non seulement la prévision numérique du temps, l'étude du système climatique ou des avalanches, mais aussi l'écologie de montagne, l'hydrologie nivale, la glaciologie et même les aspects socio-économiques de l'industrie des sports d'hiver. Mon apport direct aux

développements au sein de Crocus a porté essentiellement sur la façon de représenter la microstructure de la neige et son évolution dans le temps en fonction des conditions thermiques à l'échelle macroscopique (métamorphisme de la neige), au travers de la reformulation des lois d'évolution de la surface spécifique de la neige de manière pronostique. En parallèle, des recherches plus fondamentales ont été menées avec pour objectif de moyen terme d'améliorer les paramétrisations employées pour représenter certaines propriétés physiques de la neige dans Crocus, telles que la conductivité thermique effective ou la perméabilité intrinsèque. Cependant, ces actions ne constituent pas des avancées fondamentales pour l'évolution de la structure du modèle. Néanmoins, dans bien des cas, le comportement actuel du modèle est déjà satisfaisant et permet des applications dans des domaines plus ou moins exotiques. Ceci concerne, par exemple, l'étude de l'impact des propriétés thermiques du manteau neigeux sur le régime thermique du sol sous-jacent, ou, plus éloigné des considérations purement géophysiques, des avancées récentes sur la compréhension et la modélisation de la façon dont la neige est travaillée dans les stations de sports d'hiver en relation avec des contraintes environnementales, sociétales et techniques.

De nombreuses perspectives sont ouvertes dans les domaines liés à la physique de la neige, grâce aux avancées offertes par l'augmentation des capacités de calcul, mais surtout grâce à l'amélioration et à la meilleure intégration des techniques et outils d'observation et de simulation de l'évolution des conditions météorologiques, associés à une prise en compte solide de la neige au sol et des processus physiques associés.

### **Abstract**

Snow on the ground is an essential medium at the surface of the Earth. For many years, scientists have attempted to decipher its functioning, because it exerts a significant influence on the regional and global climate, and governs environmental phenomena deemed critical for human societies (water resources including hydropower potential, snow avalanches, ski tourism etc.). Numerical models with various levels of complexity have been developed to integrate existing knowledge and predict the emerging behavior of the snowpack under given meteorological conditions from the large number of intertwined processes operating inside or at its boundary. Basic and advanced observation tools have been imagined and built to probe the physical properties of snow and contribute to better document the physical state of the snowpack and its time evolution. This presentation summarizes my own contribution to the use and development of various tools used to simulate or observe snow on the ground. Special emphasis is placed on detailed snowpack modelling using the multilayer snowpack model Crocus, which serves as a knowledge integrator and allows to project the role of physical processes within the snowpack into various other scientific fields covering not only numerical weather prediction, climate or avalanche sciences but also mountain ecology, snow hydrology and glaciology and even the socio-economics of the ski tourism industry.

My impact on intrinsic developments in Crocus has mainly concerned the representation of snow microstructure and its time evolution (termed snow metamorphism) through the reformulation of the time evolution of the specific surface area of snow in a prognostic manner. Upstream research was also carried out with a medium-range goal of improving the way physical properties of snow such as effective thermal conductivity and intrinsic permeability can be parameterized in Crocus but this does not constitute fundamental changes to the model structure. In

many cases, the current version of the model already provides relevant results and their applications to more or less original contexts can lead to scientific advances. Examples of such developments include several studies on the impact of the physical properties of snow on the thermal regime of the underlying ground, or recent advances in the way snow management techniques can be represented in Crocus leading to novel ways to assess the impact of snow management practices on snowpack properties in ski resorts, in relationship to environmental, social and technical constraints.

Many perspectives are offered in this field, with increased computational capabilities and increasing integration of the tools used to observe and simulate space and time variations of meteorological conditions together with a physically-sound representation of snow on the ground.

### Accès

LGGE , 54 rue Molière, 38400 St Martin d'Hères, 45.193288 N, 5.757437 E

<http://lgge.osug.fr/article99.html>

