

Assimilation des réflectances satellites visibles et infrarouge pour la simulation distribuée du manteau neigeux

Luc CHARROIS

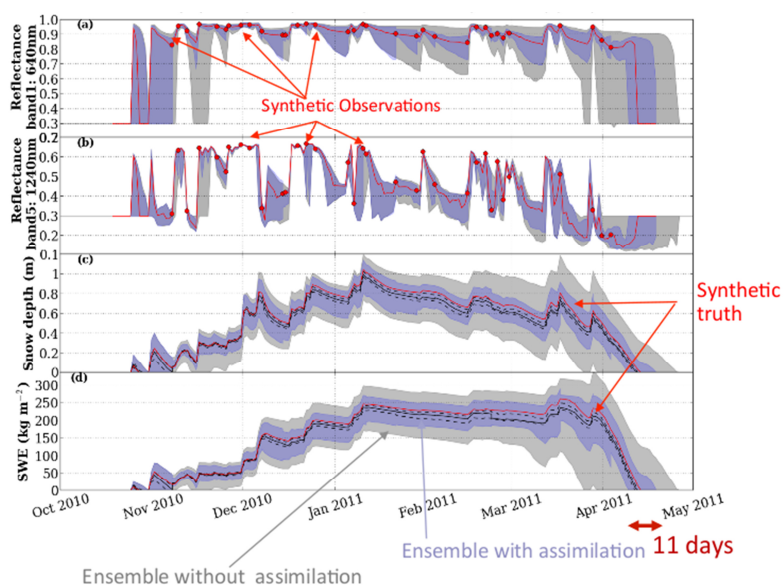
Laboratoire : CEN / IGE
Directeur de thèse : Marie Dumont / Emmanuel Cosme
Co-financeurs : Météo France (50 %)
École doctorale : TUE
Début / Soutenance : 1/10/2013 - 5/1/2017
Formation : Master de Sciences de la Terre et de l'Environnement de l'Université Grenoble Alpes
Poste actuel : Hors recherche



Résultats majeurs et illustrations

- Le modèle de manteau neigeux Crocus a été mis en œuvre avec de l'assimilation de données d'ensemble en représentant explicitement les incertitudes liées aux forçages atmosphériques.

Figure 1 : Evolution temporelle de deux ensembles de simulations Crocus sur la saison 2010-2011, pour 2 réflectances, la hauteur de neige et l'équivalent en eau. L'enveloppe grise représente l'ensemble sans assimilation (l'épaisseur de l'enveloppe traduit l'incertitude de simulation associée à l'incertitude des forçages atmosphériques). L'enveloppe bleue représente l'ensemble avec assimilation des réflectances. Par rapport à l'enveloppe grise, l'incertitude est significativement réduite. Les réflectances assimilées sont symbolisées par les points rouges ; ces réflectances sont extraites d'une simulation de référence représentée par les courbes rouges. Les lignes noires indiquent les quantiles 33, 50 et 67% de l'ensemble avec assimilation (Charrois et al., 2016).



- L'assimilation des réflectances optiques issues de l'observation satellitaire permet d'améliorer sensiblement les estimations du manteau neigeux par Crocus.
- Le nombre de bandes spectrales assimilées n'est pas critique, mais la qualité et la distribution temporelle des réflectances sont déterminantes pour la qualité de l'estimation du manteau neigeux.

Résumé de la thèse

Une modélisation précise du manteau neigeux saisonnier est indispensable pour comprendre son évolution et améliorer la prévision du risque d'avalanche. Les erreurs du modèle et l'imprécision des forçages météorologiques sont des sources inévitables d'incertitudes dans les simulations du manteau neigeux. Contraindre le modèle avec des observations peut être un moyen de minimiser l'impact de ces incertitudes dans les simulations. En raison de la faible densité des réseaux de mesures in situ et de la forte variabilité spatiale du manteau neigeux, il est vraisemblable que seule l'imagerie satellitaire puisse permettre une contrainte efficace du modèle. L'objectif de la thèse est d'explorer l'assimilation des réflectances optiques satellitaires dans le modèle de manteau neigeux Crocus.

Le projet s'est déroulé en deux étapes :

- Les réflectances optiques satellitaires possèdent-elles un contenu informatif capable de contraindre efficacement le modèle Crocus ?
- Quels sont les obstacles à surmonter pour parvenir à l'assimilation effective des réflectances optiques mesurées par satellites ?

Un filtre particulière est utilisé comme méthode d'assimilation pour évaluer l'apport des réflectances sur les estimations du manteau neigeux en termes de hauteur de neige et son équivalent en eau liquide. Des expériences d'assimilation d'observations virtuelles démontrent le potentiel des réflectances spectrales pour guider Crocus dans ses estimations du manteau neigeux. Des expériences d'assimilation de réflectances réelles mettent en évidence une grande sensibilité des résultats de l'assimilation à la qualité des observations. Ce travail démontre ainsi le potentiel des données spatiales pour le suivi et la prévision du manteau neigeux, potentiel qu'il conviendra d'exploiter dans un futur proche.

Collaborations

Station Alpine Joseph Fourier

Publications à comité de lecture

Tuzet, F., Dumont, M., Lafaysse, M., Picard, G., Arnaud, L., Voisin, D., Lejeune, Y., **Charrois, L.**, Nabat, P., and Samuel, M.: A multi-layer physically-based snowpack model simulating direct and indirect

radiative impacts of light-absorbing impurities in snow, *The Cryosphere*, 11, 2633-2653, <https://doi.org/10.5194/tc-11-2633-2017>, 2017.

L. Charrois, E. Cosme, M. Dumont, M. Lafaysse, S. Morin, Q. Libois, and G. Picard, On the assimilation of optical reflectances and snow depth observations into a detailed snowpack model, *The Cryosphere*, 10, 1021-1038, doi: 10.5194/tc-10-1021-2016, 2016

Autres publications et présentations

Marie Dumont, **Luc Charrois** and Emmanuel Cosme. Optical remotely sensed data in snow and ice modelling, Workshop on Modeling Meltwater in Snow and Firn: Processes, Validation, Intercomparison and Model Uses of Optical Remotely Sensed Data, September 2017, Copenhagen, invited talk.

Jesús Revuelto, Marie Dumont, **Luc Charrois**, Matthieu Lafaysse, and Samuel Morin, 2017. Optical satellite data assimilation in Crocus snowpack model to improve forecasting capabilities. IAHS Scientific Assembly, 10-14 July 2017, Port Elisabeth, South Africa, oral

Luc Charrois, Emmanuel Cosme, Marie Dumont, Matthieu Lafaysse, Samuel Morin, Quentin Libois, Ghislain Picard and Laurent Arnaud, On the assimilation of visible and near-infrared reflectances for improving detailed snowpack simulations, 7th WMO symposium on Data Assimilation, 11-15 September 2017, Florianópolis, Brazil, poster

M. Dumont, M. Lafaysse, **L. Charrois**, E. Cosme, M. Vernay, B. Cluzet, G. Picard, L. Arnaud, Q. Libois, G. Giraud, L. Mérindol, S. Morin, Ensemble approaches and data assimilation for snowpack detailed simulations (Invited), oral, AGU 2016, USA.

Luc Charrois, Marie Dumont, Emmanuel Cosme, Matthieu Lafaysse, Samuel Morin, Quentin Libois, and Ghislain Picard, On the assimilation of MODIS reflectance into a detailed snowpack model, poster EGU2016-12221

L. Charrois, E. Cosme, M. Dumont, M. Lafaysse, S. Morin, Q. Libois, and G. Picard. Towards the assimilation of MODIS reflectance into the detailed snowpack model SURFEX/ISBA-Crocus, oral, 4th Workshop on Remote Sensing and Modeling of Surface Properties, 14-16 March 2016, Grenoble, France

Luc Charrois, Emmanuel Cosme, Marie Dumont, Matthieu Lafaysse, Samuel Morin, Quentin Libois, Ghislain Picard: Towards the assimilation of MODIS reflectance into the detailed snowpack model SURFEX/ISBA-Crocus, poster, AGU fall meeting, December 2015, San Francisco, USA

V. Vionnet, I. Etchevers, L. Auger, M. Lafaysse, J. Etchanchu, **L. Charrois**, M. Reveillet, D. Six, M. Dumont. Lapse rate based versus fully-dynamical meteorological downscaling for high-resolution modelling of snowpack and glacier mass balance in alpine terrain, oral presentation, *IUGG 2015*, Prague, 2015.

L. Charrois, M. Dumont, E. Cosme, M. Lafaysse, S. Morin, Q. Libois, G. Picard, L. Arnaud. Towards the assimilation of MODIS reflectance into the detailed snowpack model SURFEX/ISBA-Crocus, poster presentation, *IUGG 2015*, Prague, 2015.

Marie DUMONT, **Luc CHARROIS**, Pascal SIRGUEY, Samuel MORIN, Matthieu LAFAYSSE, Fatima KARBOU, Comparing different MODIS snow products with distributed simulation of the snowpack in the French Alps, oral presentation, *ISSW* 7-11 October 2013, Grenoble, France.

Matthieu Lafaysse, Samuel Morin, Marie Dumont, Alexandre Wegiel, **Luc Charrois**, Antoine Rabatel, Set up and evaluation of distributed and semi-distributed simulations using SURFEX/ISBA Crocus in the partly glacierized Arve-Mont Blanc catchment at Chamonix, France, *Davos Atmosphere and Cryosphere Assembly 2013*, 7-12 July 2013

Expérimentations sur le terrain

Campagnes de mesures propriétés physiques et optiques de la neige au Col du Lautaret, hiver 2014-2015