

PROGRAMME DE DOCTORAT EN SCIENCES GÉOGRAPHIQUES

SOUTENANCE DE THÈSE

Mathieu Barrère

Le 29 mars 2018 à 13h30

Salle 1168, Pavillon d'Optique-photonique

Titre : Évolution couplée de la neige, du pergélisol et de la végétation arctique et subarctique

PRESIDENCE

Professeur Martin Lavoie
Directeur des programmes gradués
Département de géographie
Université Laval

MEMBRES DU JURY

Professeur Florent Dominé
Directeur de recherche
Département de géographie
Université Laval

Professeur Gerhard Krinner
Directeur de recherche (cotutelle)
Institut des géosciences de l'environnement
Université Grenoble Alpes

Professeur Alain Royer
Examineur externe
Département de géomatique appliquée
Université de Sherbrooke

Professeur Samuel Morin
Examineur
Météo-France, CNRS

Professeur Stéphane Boudreau
Examineur
Département de biologie
Université Laval

Professeure Monique Bernier
Examinatrice
INRS-Eau, Terre et Environnement

RÉSUMÉ

Le pergélisol est une composante majeure du système climatique terrestre. Avec le réchauffement du climat, le dégel du pergélisol profite à l'activité biochimique qui décompose davantage de matière organique dans les sols arctiques et la rejette dans l'atmosphère sous forme de gaz à effet de serre (CO₂, CH₄). Ce phénomène pourrait constituer une rétroaction climatique positive majeure. Prédire ces effets nécessite d'étudier l'évolution du régime thermique du pergélisol ainsi que des facteurs qui l'influencent. Le manteau neigeux, de par son pouvoir isolant, contrôle les échanges de chaleur entre le sol et l'atmosphère une grande partie de l'année. Le flux de chaleur à travers la neige dépend de la hauteur du manteau neigeux et de la conductivité thermique des couches de neige qui le constituent. Ces deux variables sont elles-mêmes très dépendantes des conditions climatiques et de la présence de végétation. Nous réalisons ici le suivi des propriétés de la neige et du sol d'un site haut arctique de toundra herbacée (Île Bylot, 73°N), et d'un site bas arctique à la frontière de la toundra arbustive et forestière (Umiujaq, 56°N). Nous utilisons les données issues de stations de mesure automatiques complétées par des mesures manuelles. Une attention particulière est portée sur la conductivité thermique de la neige, car peu de données sont disponibles pour les régions arctiques. Le modèle numérique couplé ISBA-Crocus est ensuite utilisé pour simuler les propriétés de la neige et du sol des deux sites étudiés. Les résultats sont comparés aux mesures de terrain afin d'évaluer la capacité du modèle à simuler le régime thermique des sols arctiques. Nous avons pu caractériser les interactions atmosphère-neige-végétation qui façonnent la structure des manteaux neigeux arctiques. Le vent et la redistribution de neige qu'il induit sont des paramètres fondamentaux qui déterminent la hauteur et la conductivité thermique de la neige. Un couvert végétal haut et dense (arbustes, arbres) piège la neige soufflée et l'abrite du tassement éolien. De plus, la structure ligneuse des massifs arbustifs soutient la masse de neige et empêche son tassement. Cet abri procure à la neige une capacité d'isolation élevée qui retarde le gel du sol dès les premières accumulations. Le refroidissement atmosphérique se poursuivant, le manteau neigeux peu épais est soumis à un gradient thermique élevé qui provoque d'importants transferts de vapeur d'eau depuis le sol et les couches de neige basales, vers les couches supérieures et l'atmosphère. La croissance de givre de profondeur qui s'opère, favorisée à la fois par le gradient thermique élevé et la faible densité de la neige, aboutit à la formation de couches très isolantes en contact avec la surface du sol. Finalement, des épisodes de fonte peuvent avoir lieu en automne durant la mise en place du manteau neigeux dans les régions arctiques. Le regel de la neige peut rapidement annuler ou même temporairement inverser l'effet isolant des interactions neige-végétation. Une surface de neige gelée ne subit pas l'effet du vent et empêche sa redistribution. La formation de croûtes de regel à forte conductivité thermique accélère le refroidissement du sol. Le manteau neigeux affecté par la fonte au début de l'hiver a donc une capacité d'isolation diminuée qui pourrait entraver le réchauffement des sols arctiques. Nos résultats de simulation montrent que ces différents effets ne sont pas correctement représentés dans les modèles de neige. Les erreurs dans les conductivités thermiques de la neige simulées sont particulièrement problématiques puisqu'elles interviennent lors de la période de gel du sol. Étant donné l'étendue des régions affectées par le pergélisol, ces erreurs sur la modélisation de la neige arctique pourraient significativement affecter les simulations climatiques et les projections de la hausse des températures globales.

Formation académique

- 2013 : **Master recherche en Sciences de la Terre et de l'Environnement, spécialité Eau, Climat, Environnement**, Université Joseph Fourier, Grenoble, France.
- 2010 : **Licence de Sciences de la Terre**
Université de Pau et des Pays de l'Ardour, Pau, France.

Publications

- BARRÈRE, M., DOMINÉ, F., DECHARME, B., MORIN, S., VIONNET, V., MATTHIEU, L., (2017), « Evaluating the performance of coupled snow-soil models in SURFEXv8 to simulate the permafrost thermal regime at a high arctic site », *Geoscientific Model Development*, Vol. 10, pp. 3461-3479.
- DOMINÉ, F., BARRÈRE, M., MORIN, S., (2016), « The growth of shrubs on high Arctic tundra at Bylot Island : impact on snow physical properties and permafrost thermal regime », *Biogeosciences*, Vol. 13, pp. 6471-6486.
- DOMINÉ, F., BARRÈRE, M., SARRAZIN, D., (2016), « Seasonal evolution of the effective thermal conductivity of the snow and the soil in high Arctic herb tundra at Bylot Island, Canada », *The Cryosphere*, Vol. 10 (6), pp. 2573-2588.
- DOMINÉ, F., BARRÈRE, M., SARRAZIN, D., MORIN, S., ARNAUD, L., (2015), « Automatic monitoring of the effective thermal conductivity of snow in a low-Arctic shrub tundra », *The Cryosphere*, Vol. 9 (3), pp. 1265-1276.

Communications

- BARRÈRE, M., DOMINE, F., DECHARME, B., MORIN, S., VIONNET, V., LAFAYSSE, M., « *Simulation numérique de la neige et du pergélisol arctique à l'île Bylot* », Colloque du Centre d'études nordiques (CEN), Québec QC, 2017.
- BARRÈRE, M., DOMINE, F., SARRAZIN, D., MORIN, S., DECHARME, B., « *Measuring and modeling the impact of vegetation growth in tundra on snow physical properties. Impact on heat fluxes and on the permafrost thermal regime* », Eastern Snow Conference (ESC), Sherbrooke QC, 2015.
- BARRÈRE, M., DOMINE, F., SARRAZIN, D., MORIN, S., « *Automatic monitoring of snow thermal conductivity in a low Arctic region* », Colloque du Centre d'études nordiques (CEN), Québec QC, 2015.

Bourses

- EnviroNord, Bourse de recherche interdisciplinaire, 2015-2016, Québec QC.
- Frontenac, Bourse de cotutelle franco-québécoise, FRQNT, 2015-2016, Québec QC.