

Modéliser les processus hydrogéologiques dans les parois à permafrost

Florence Magnin¹, Jean-Yves Josnin¹, Matan Ben-Asher¹, Josué Bock¹, Philip Deline¹, Ludovic Ravelin¹

¹Laboratoire EDYTEM, Université Savoie Mont-Blanc, CNRS, 73376 Chambéry, France

Le réchauffement progressif depuis la surface et la fonte de la glace contenue dans les fractures des parois à permafrost est l'hypothèse la plus communément proposée pour expliquer l'augmentation de la fréquence et du volume des écroulements rocheux en haute montagne depuis les années 1990. Elle est soutenue par l'observation de glace dans les niches d'arrachement et des études en laboratoire menés sur des échantillons de roche saturés en glace. Mais l'étude des événements suggère qu'un certain nombre d'écroulements ne peut s'expliquer par le seul réchauffement progressif depuis la surface, tandis que de l'eau est aussi fréquemment observée dans les niches d'arrachement. L'infiltration et la circulation d'eau dans les parois à permafrost est alors une autre hypothèse expliquant le déclenchement de certains écroulements rocheux mais elle reste difficile à étudier en raison de la non-linéarité et de l'anisotropie des processus hydrogéologiques dans ces milieux particuliers.

L'eau liquide peut provenir de la pluie (de plus en plus fréquente à haute altitude), la fonte de la neige et celle de la glace interstitielle. Elle pourrait localement accélérer la dégradation du permafrost en faisant fondre les joints de glace ou créer des pressions hydrostatiques aux niveaux piézométriques perchés formés par la glace saturant les fractures et l'espace poral. Cette eau, sujette au regel au cours de la saison froide, favorise aussi les processus de ségrégation de la glace connus pour fracturer la roche intacte, ce qui prépare le déclenchement de mouvements de masse.

Le projet ANR WISPER (*Water and Ice related thermo-mechanical processes in the fractures of Steep alpine bedrock Permafrost*), porte sur l'étude systémique de ces processus hydrogéologiques à partir de modèles numériques couplant processus thermiques et hydrogéologiques. Ces modèles simulent les transferts d'eau et de chaleur avec la loi de Darcy implémentée dans le logiciel commercial FEFLOW (DHI-WASY). Les premières simulations ont visé à mettre en place une approche de modélisation appropriée pour intégrer les processus hydrogéologiques dans les modèles thermiques existants, ce qui a nécessité de revoir complètement la géométrie des modèles. À l'aide d'un réseau de fractures très simplifié, représentant les corridors de circulation préférentielle, ces simulations ont montré que la circulation d'eau pouvait non seulement accélérer localement la dégradation du permafrost mais aussi favoriser sa formation plus en profondeur. Enfin, du point de vue du déclenchement d'écroulements, les simulations ont montré des pressions hydrostatiques suffisantes pour déstabiliser des compartiments rocheux.

Dans cette communication, nous présenterons cette nouvelle approche de modélisation couplant processus thermiques et hydrogéologiques appliquée au permafrost de paroi, et les travaux en cours pour améliorer ces modèles afin de comprendre les processus thermo-hydro-mécaniques associés au déclenchement des écroulements rocheux. Ces développements comprennent notamment une quantification des apports en eau et des tests de sensibilité à la géométrie des fractures.