HAL
open science

Évolution de la stabilité des infrastructures construites sur le permafrost dans les Alpes françaises

P-A Duvillard, Ludovic Ravanel, Philippe Schoeneich

To cite this version:

P-A Duvillard, Ludovic Ravanel, Philippe Schoeneich. Évolution de la stabilité des infrastructures construites sur le permafrost dans les Alpes françaises. Neige et Avalanches, 2019, 166. hal-03090631

HAL Id: hal-03090631

https://hal.science/hal-03090631

Submitted on 29 Dec 2020

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Évolution de la stabilité des infrastructures construites sur le permafrost dans les Alpes françaises

P-A Duvillard[12], *L. Ravanel*[2] *et P. Schoeneich*[1]

[1] Univ. Grenoble Alpes, Institut d'Urbanisme et de Géographie Alpine - PACTE, Grenoble, France.
[2] Univ. Grenoble Alpes, Univ. Savoie Mont Blanc, CNRS, EDYTEM, 73000 Chambéry, France.

L'industrie des sports d'hiver dans les Alpes françaises a connu un développement important au cours des quatre dernières décennies et plusieurs centaines d'infrastructures (remontées mécaniques, refuges, ouvrages défensifs contre les avalanches, etc.) ont été construites en haute montagne sur le permafrost (terrains gelés en permanence). État thermique par définition, le permafrost occuperait environ 700 km^2 dans les Alpes françaises, soit plus du double de la superficie des glaciers. Depuis une trentaine d'années, une augmentation généralisée de la température du permafrost alpin a été observée.

Dans ce contexte de réchauffement et de dégradation (réchauffement) du permafrost, les infrastructures sont vulnérables face à d'éventuelles déstabilisations de leurs terrains porteurs.

Une étude à l'échelle des Alpes françaises est menée actuellement dans le cadre du projet EU-POIA *PermaRisk*. Il vise à (1) identifier l'ensemble des infrastructures construites en contexte de permafrost, (2) réaliser un inventaire le plus exhaustif possible des dommages subis par ces infrastructures sur la base d'enquêtes réalisées auprès des gestionnaires, et (3) identifier les principaux processus géomorphologiques responsables des désordres géotechniques.

Un recensement des éléments d'infrastructures (par exemple un pylône) sous Système d'Information Géographique a d'abord été réalisé en utilisant différentes sources d'informations dont des cartes de distribution du permafrost pour les parois et les formations superficielles, à l'échelle de massifs ou à celle des Alpes françaises. Au total, 947 éléments d'infrastructures sont présents sur des terrains à permafrost. 74 % d'entre eux sont des composantes de remontées mécaniques.

Dans un second temps, un travail d'enquête détaillé a été réalisé auprès des gestionnaires et exploitants d'infrastructures des stations concernés par le permafrost afin de dresser un inventaire des dommages le plus complet possible. D'après les informations qui ont pu être rassemblées, plus d'une quinzaine d'infrastructures a connu des dommages très vraisemblablement liés au permafrost sur les 30 dernières années. Ces infrastructures ont été endommagées (affaissements, basculements, détérioration des fondations ou ancrages) puis généralement réhabilitées (ajustements, consolidations ou reconstructions), parfois sans solution géotechnique à long terme. On observe une augmentation relative du nombre des structures endommagées sur les deux dernières décennies (9 cas entre 2000 et 2010 contre le double sur la période 2010-2018 ; Fig. A) et une augmentation des coûts de maintenance. Ce travail n'est toutefois pas exhaustif du fait d'un manque d'informations pour certaines stations de haute altitude.

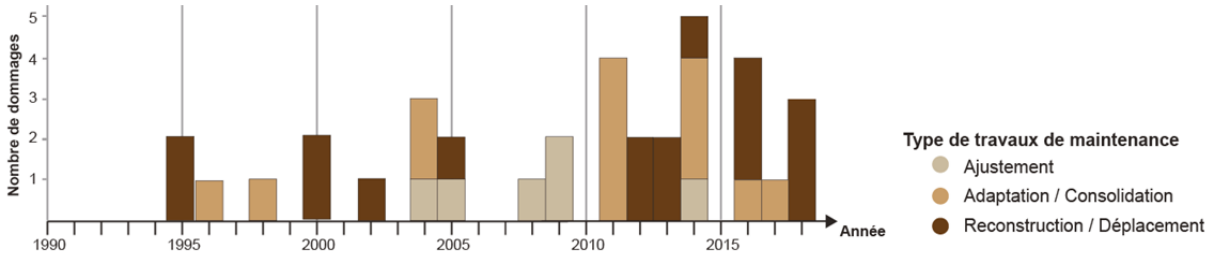

Fig. A : Évolution du nombre de dommages et travaux de maintenance sur les infrastructures présentes en contexte de permafrost pour lesquelles des informations ont été réunies.

La majorité des dommages a été identifiée au niveau de terrains riches en glace comme des glaciers rocheux. Ils auraient sans doute pu être anticipés et/ou évités avec des diagnostics et études géotechniques plus détaillés et prenant mieux en considération la question du permafrost. Les processus géomorphologiques à l'origine des déstabilisations d'infrastructures sont essentiellement des processus lents, parfois déclenchés par des perturbations anthropiques. Ainsi, le funitel de Thorens (2825 m, Savoie ; Fig. B), construit en 2011, a vu son pylône n°2 déstabilisé en 2016. L'imbrication de facteurs de déclenchement « naturels » comme la dégradation du permafrost et le lessivage des matériaux sous les fondations par l'eau avec des facteurs « anthropiques » tels que la modification de la microtopographie et un déneigement artificiel a entrainé un affaissement du terrain conduisant à basculement du pylône.

Fig. B : Déstabilisation du pylône n°2 du funitel de Thorens en 2016.

Anticiper les instabilités nécessite de préciser les quantités de glace présentes dans les terrains ainsi que la température de ces derniers. Cela représente un véritable challenge pour

garantir la stabilité des infrastructures construite en haute montagne et notamment sur des parois rocheuses. Même s'il existe assez peu d'infrastructures installées dans de telles parois dans les Alpes françaises, elles sont particulièrement sensibles à l'image du refuge des Cosmiques installé sur une arête rocheuse (3613 m, Haute-Savoie ; Fig. C). En 1998, un écroulement de 600 m^2 survenu sur le versant SE avait entrainé la déstabilisation d'une partie du bâtiment, nécessitant d'importants travaux de confortement. Le secteur fait aujourd'hui l'objet d'un suivi géophysique et thermique afin de préciser l'évolution actuelle du permafrost.

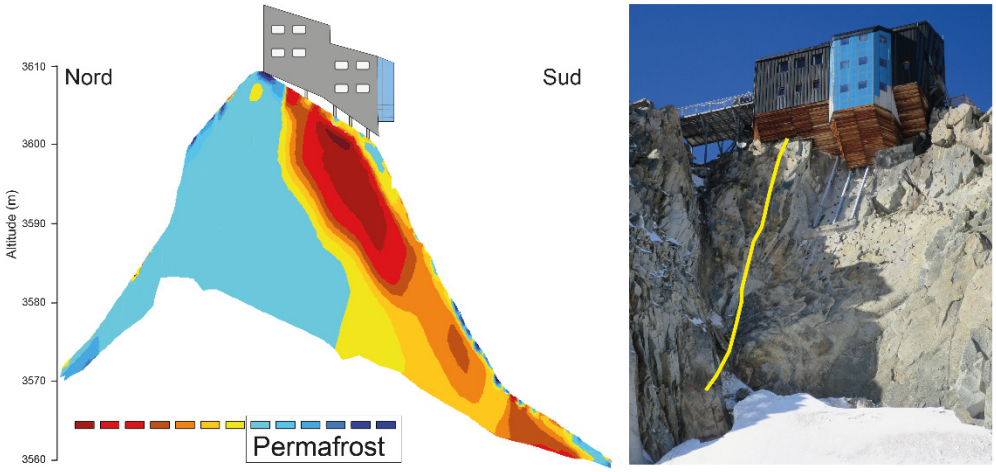

Fig. C : Distribution du permafrost dans l'arête inférieure des Cosmiques par tomographie électrique en 2016.

Dans le contexte actuel de réchauffement climatique et de dégradation accélérée du permafrost, deux perspectives de recherche sont à envisager pour poursuivre le développement des connaissances nécessaires à une gestion efficace des infrastructures de haute montagne. Il est notamment nécessaire de continuer l'inventaire des dommages pour approfondir les connaissances en termes géotechniques sur les terrains à permafrost. Ce panel d'expériences permettra de proposer des solutions techniques concrètes ainsi que des recommandations techniques de maintenance ou de construction pour les gestionnaires d'infrastructures.

Pour aller plus loin :

Bodin X., Schoeneich P., Deline P., Ravanel L., Magnin, F., Krysiecki J.-M., Echelard T. (2015). Le permafrost de montagne et les processus géomorphologiques associés : évolutions récentes dans les Alpes françaises. *Revue de Géographie Alpine*. DOI : 10.4000/rga.2806

Duvillard P.-A., Ravanel L., Marcer M., Schoeneich P. (2019). Recent evolution of damage to infrastructure on permafrost in the French Alps. *Regional and Environnemental Change*. DOI: 10.1007/s10113-019-01465-z

Duvillard P.A., Ravanel L., Schoeneich P., Marcer M., Piard J.F. (2019). Analyse multi-méthodes de la déstabilisation d'un pylône de remontée mécanique implanté sur un glacier rocheux des Alpes françaises. *Géomorphologie*. DOI : 10.4000/geomorphologie.12945

Ravanel L., Deline P., Lambiel C., Vincent C. (2013). Instability of a high alpine rock ridge: the lower arête des cosmiques (Mont Blanc massif°. France. *Geografiska Annaler*. 95. 51–66. DOI : 10.1111/geoa.12000