

Analyse des risques induits par la dégradation du permafrost

Projet mené par l'Association pour le développement des Recherches sur les Glissements de Terrains (A.D.R.G.T)

Le retrait des glaciers et la fusion des banquises sont des témoins emblématiques du changement climatique. Mais de la glace est présente aussi sur de grandes surfaces de notre planète en association avec le sol ou dans les fissures du rocher. La fusion de ce « permafrost » peut engendrer certains risques pour les constructions qu'elles soient situées en zone arctique (permafrost épais et continu) ou, sous nos latitudes, en haute montagne (permafrost discontinu).

Dans le cadre d'un projet de recherches *soutenu par la Fondation MAIF (2007-2010)* sur la dégradation du permafrost alpin en relation avec le changement climatique, quatre sites « test » ont été sélectionnés dans les Alpes françaises :

- le site du « glacier rocheux » du Laurichard (Villard d'Arène, 05), entre 2400 et 2700 m d'altitude, qui est suivi depuis plus de 30 ans sur les plans climatique, topographique et géophysique ;
- le site du Bérard (La Condamine-Châtelard, 04), entre 2600 et 2900 m d'altitude, où un important glissement de terrain (2,5 Mm³) s'est produit en 2006 révélant la présence de glace et de permafrost ;
- le site du Diable (Les Deux Alpes, 38), vers 2700 m d'altitude, où une gare d'arrivée de télésiège repose partiellement sur des débris riches en glace ;
- le site du Bouchet (Orelle, 73), entre 2850 et 3050 m d'altitude, où plusieurs pylônes de télésiège ont connus des désordres liés à la présence de glace en profondeur.

Ce projet a regroupé les organismes suivants :

- Association pour le développement des Recherches sur les Glissements de Terrains (A.D.R.G.T), association loi 1901, mandataire du groupement.
- Institut de Géographie Alpine, Université Joseph Fourier, Grenoble.
- Conservatoire National des Arts et Métiers, Chaire de Géotechnique, Paris.
- Laboratoire GIPSA-Lab, (CNRS Grenoble).
- Laboratoire de Glaciologie et de Géophysique de l'Environnement (LGGE), CNRS Grenoble.

Le permafrost représente environ 20% de la surface continentale de la Terre, soit 25 millions de km², un quart des terres émergées de l'hémisphère Nord. A titre de comparaison, les glaces continentales (glaces de mer non comprises) couvrent 16 millions de km².

Dans les Alpes, un permafrost discontinu est potentiellement présent au-dessus de 2500 m environ, en orientation Nord ; un permafrost plus continu au-dessus de 3500 à 4000 m. Selon les calculs de modèles, le permafrost pourrait couvrir dans les Alpes françaises une superficie de 1300 km², soit plus du double de la surface des glaciers (env. 500 km²).

Le permafrost n'est pas directement observable. Il ne peut être détecté que par des méthodes indirectes : soit par le relevé des formes et processus géomorphologiques associés du permafrost, soit par la mesure d'indicateurs de permafrost (températures, méthodes géophysiques, etc.).

Les méthodes citées ont été utilisées sur les 4 sites, avec notamment 2 campagnes de mesures géophysiques en 2007 et 2009.

Le temps de réponse du permafrost étant plus lent que celui de la glace de surface, la durée courte de cette étude n'a pas permis de mettre en évidence une évolution importante sur tous les sites analysés ; mais des indices de dégradation du permafrost (variations d'épaisseurs et de vitesses d'écoulement au sein des glaciers rocheux) existent .

L'étude, qui connaît des prolongements dans le cadre de projets national et européen, a permis de dégager aussi des recommandations concernant la gestion durable des installations de remontées mécaniques en haute montagne.

Ainsi, pour tout projet, chantier ou installation existante au-dessus de 2500 m, la présence de permafrost doit être sérieusement envisagée. Des prospections avec si possible des mesures thermiques et géophysiques sont indispensables de manière à éviter les zones de permafrost (nouveaux projets) ou à conforter les installations existantes en cas de mouvement observé.



Figure 1 : Le glacier rocheux de Laurichard (Hautes Alpes). Les rebords raides sont bien marqués (ombres), ainsi que les formes liées à l'écoulement du glacier rocheux (sillons et bourrelets).



Figure 2 : Complexe de glaciers rocheux actifs dans un vallon granitique des Hautes Alpes (vers l'amont du vallon, à droite de l'image) et inactifs (à gauche, allure nettement affaissée des formes avec contours émoussés).

Quelques références bibliographiques

BODIN, X. (2007). Géodynamique du pergélisol de montagne : fonctionnement, distribution et évolution récente. L'exemple du massif du Combeynot (Hautes Alpes). *Geography*, University of Paris-Diderot Paris 7. **PhD**: 272 p.

BODIN X., THIBERT E., FABRE D., RIBOLINI A., SCHOENEICH P., FRANCOU B., REYNAUD L., FORT M. (2009). Two decades of responses (1986-2006) to climate by the Laurichad rock glacier, French Alps. *Permafrost and Periglacial Processes*, 20, p. 331-344.

KRYSIECKI Jean-Michel (2009). Rupture du glacier rocheux du bérard (Alpes de Haute Provence) : analyses géomorphologiques et premiers résultats du suivi mis en place sur le site. *Environnements périglaciaires*, 16, p. 65-78.

LE ROUX O., FABRE D., LORIER L. (2010) – PROBLEMATIQUE DES FONDATIONS D'OUVRAGES SUR PERMAFROST DANS LES STATIONS DE SPORTS D'HIVER. JOURNEES NATIONALES DE GEOTECHNIQUE ET DE GEOLOGIE DE L'INGENIEUR JNGG 2010, GRENOBLE, P ; 835-842

SCHOENEICH Philippe, BODIN Xavier, KRYSIECKI Jean-Michel (2009). Évolution des températures du sol en zone de permafrost dans les alpes françaises depuis 2003. *Environnements périglaciaires*, 16, p. 79-90.

contact : "Denis Fabre" <denis.fabre@cnam.fr>