

Dans le massif des Écrins, un glacier domine le vallon du Grand Tabuc, proche du Monêtier-les-Bains. Le jeudi 17 septembre 2020 vers 19 heures 45, tous les habitants de la commune entendent un énorme bruit, avant d'apercevoir un imposant nuage de poussière : un pan de montagne s'est effondré au-dessus du Tabuc.

Jean-Marie Rey, maire du village et guide de haute montagne, demande au PGHM, le peloton de gendarmerie de haute montagne, que connaissent et apprécient les montagnards, d'aller faire un état des lieux en hélicoptère. «Les gendarmes m'ont rapporté que les dépôts sont très importants, qu'il reste encore énormément de blocs en équilibre précaire et que dans les fissures qui subsistent, il y a de la glace, ce qui confirme que nous avons affaire à un cas de dégel du *permafrost*», déclare-t-il ensuite à Radio d'ici.

Dans la foulée, jugeant les risques d'écroulement trop importants, Jean-Marie Rey prend un arrêté interdisant l'accès au vallon à partir de 2100 mètres d'altitude. Bien lui en prend : le 20 décembre 2020 – en plein hiver ! – un nouvel effondrement, semble-t-il quatre fois plus volumineux, achève de remplir le vallon d'énormes blocs de roche !

À l'échelle du monde, l'écroulement de tout un pan de montagne n'est pas rare aujourd'hui : dans le Caucase, dans les Alpes néo-zélandaises ou européennes, dans les Rocheuses, les Andes et l'Himalaya, de plus en plus de parois s'effondrent et engendrent des dépôts rocheux. Les géomorphologues emploient le terme d'«écroulement», dès que la déstabilisation d'une paroi produit au moins 100 mètres cubes de dépôt – soit le volume d'un cube de 4,6 mètres de côté. Ce qui est arrivé au Monêtier-les-Bains – la zone du dépôt de septembre y couvre 15000 mètres carrés – illustre les proportions énormes qu'atteignent les grands écroulements et rappelle ceux qui se sont produits dans la décennie 2010 sur l'un des pics du massif de la Bernina, entre l'Italie et la Suisse.

Le pic en question, le piz Cengalo, est situé à côté du piz Badile (3308 mètres), célèbre chez les Alpinistes et proche du piz Bernina (4049 mètres), le point culminant des Alpes orientales. Ses faces nord-est et nord-ouest dominant le village suisse de Bondo, dans le canton des Grisons. En décembre 2011, un écroulement y produisit un dépôt de 1,5 million de mètres cubes. D'autres suivirent, moins volumineux, en 2012, 2016 et le 21 août 2017. Puis, deux jours après ce dernier, une avalanche rocheuse mobilisa quelque 3,1 millions de mètres cubes, engendrant une série de grandes coulées boueuses, qui atteignirent le village de Bondo (voir la figure page 61), heureusement déjà évacué grâce à un système d'alerte installé

après l'événement de 2011. Mais huit alpinistes et randonneurs, sortis dans la montagne, perdirent la vie.

Qu'est-ce qui déclenche ces écroulements de plus en plus nombreux depuis une vingtaine d'années ? Pour des montagnards comme Jean-Marie Rey, leur cause principale est claire : c'est le réchauffement du pergélisol (ou *permafrost*, en anglais), cette partie de la surface terrestre qui reste gelée en profondeur. Encore faut-il le prouver et mieux comprendre le phénomène, d'où les travaux menés par l'équipe Morphodynamiques du laboratoire Edytem (Environnement, dynamique, territoire, montagne), de l'université Savoie-Mont-Blanc et du CNRS.

LA DÉGRADATION DU PERGÉLISOL DÉSTABILISE LES PAROIS

C'est là en effet l'une des conséquences les plus directes, mais les moins connues du réchauffement climatique : il y a moins de pergélisol. Il se trouve surtout dans les régions polaires, où il couvre pas moins de 22,79 millions de kilomètres carrés – soit 23,9% des terres émergées ! – mais les hautes montagnes du globe en recèlent aussi. Les conséquences de sa réduction deviennent plus sensibles chaque année, en termes d'émissions de méthane en Arctique, mais aussi d'altération de la lithosphère en montagne.

Plus précisément, le pergélisol correspond à tous les matériaux lithosphériques de surface – sol, roche, formations superficielles, etc. – dont la température reste négative pendant au moins deux années consécutives, en présence ou non de glace. Lorsque la température monte et selon le type de terrain et la pente, sa dégradation favorise nombre de processus géomorphologiques, tels l'accélération des glaciers rocheux, ou la déstabilisation d'éboulis et de moraines, etc. (voir la figure page 63). Certains d'entre eux sont rapides et donc potentiellement très destructeurs pour les installations humaines : c'est évidemment le cas des glissements de terrain ou encore des laves

À l'échelle du monde,
de plus en plus
de parois montagneuses
s'effondrent



Le 23 août 2017, une énorme avalanche rocheuse s'est formée au piz Cengalo, un sommet de 3369 mètres d'altitude du massif de la Bernina en Suisse. En A, l'écroulement de 3,1 millions de mètres cubes de roche du versant nord-est du piz Cengalo sur le glacier Vadrec dal Cengal. En B, la même paroi après l'écroulement. En C, l'avalanche rocheuse a dévalé le fond du Val Bondasca. En D, le village de Bondo, situé à l'altitude de 800 mètres après le passage de la coulée boueuse et qu'une centaine de bâtiments ont été détruits ou endommagés.

torrentielles, ces avalanches de boues et de roches extrêmement puissantes qui se déclenchent brusquement en haut de certaines pentes déstabilisées. Dans l'Arctique, où le comportement du pergélisol affecte oléoducs, gazoducs, mines, installations militaires et autres infrastructures, son étude a commencé dès les années 1940, mais dans les Alpes, il a fallu attendre les années 1970.

C'est en effet pendant cette décennie que les recherches sur le pergélisol alpin ont débuté dans l'équipe de Wilfried Haeberli, de l'université de Zurich. À l'époque, on parlait peu encore de changement climatique, de sorte que l'idée d'une relation entre la dégradation du pergélisol et l'instabilité d'un versant paraissait osée. On s'attendait en effet *a priori* à ce que des parois rocheuses soient... solides. D'ailleurs les premières études des écroulements rocheux ne permirent pas de tirer des conclusions claires sur les processus à l'œuvre. Toutefois, plus le temps a passé plus l'impression que quelque chose de majeur était en train d'affecter les montagnes s'est renforcée partout dans le monde. En France, deux épisodes marquants déclenchèrent les recherches sur les processus géomorphologiques associés à l'évolution du pergélisol.

Le premier fut l'été caniculaire de 2003. Ses conséquences conduisirent en effet à une véritable prise de conscience, tant les alpinistes furent confrontés à de nombreuses chutes, à des crevasses bien plus ouvertes qu'avant sur les glaciers, tandis que le désenglacement des

faces nord entraînait une multiplication dangereuse des écroulements...

Le deuxième se produisit deux ans plus tard sur les Drus, deux célèbres pics du massif du Mont-Blanc. L'événement se déroula en quatre phases: à la fin de la matinée du 29 juin, un premier écroulement eut lieu, suivi de deux autres en début d'après-midi avant que, la nuit suivante, le pilier Bonatti entier ne s'effondre! Le 30 juin au matin, une poussière grise recouvrait le paysage sur des dizaines de kilomètres carrés, jusqu'au fond de la vallée de Chamonix, laissant à nu une grande cicatrice de 700 mètres de haut en lieu et place du célèbre pilier. En tout, huit itinéraires de courses classiques avaient disparu. À Chamonix, l'émotion fut forte, car, en alpinisme, cet énorme pilier granitique était emblématique depuis sa première ascension, en 1955, par l'Italien Walter Bonatti (voir la figure page 62, en haut).

Il fallait se rendre à l'évidence: une évolution notable de la haute montagne était en cours. Pour l'appréhender, l'analyse de larges corpus de données semblait nécessaire. Au laboratoire Edytem, avec Florence Magnin et Philip Deline, nous avons entrepris de réaliser cette tâche pour le massif du Mont-Blanc en recensant de la façon la plus complète possible les écroulements anciens et actuels afin de mieux évaluer la fréquence et l'intensité de ces événements.

RECENSER LES ÉCROULEMENTS

À partir de 2005, nous nous sommes attachés à recenser quasi systématiquement les écroulements anciens et actuels dans le massif et nous nous sommes particulièrement intéressés à l'ensemble du versant nord des aiguilles de Chamonix, où se trouvaient les Drus. Visibles depuis le centre-ville de la capitale historique de l'alpinisme, ces aiguilles contribuent à son environnement grandiose et sont médiatisées depuis longtemps. Ce point est important, car il implique qu'elles sont documentées depuis les débuts de la photographie de montagne dans les années 1850 (voir la figure page 62, en haut). La comparaison de plusieurs centaines de photographies nous a ainsi permis de couvrir la période allant de la fin du Petit Âge glaciaire (vers 1860) à aujourd'hui. À partir des modifications de la couleur et de la topographie des parois, nous avons ainsi pu mettre en évidence plusieurs dizaines d'événements, établissant leurs dates, les lieux d'écroulement, la topographie des secteurs affectés et les volumes concernés.

De 1862 à 2010, se sont donc succédé quelque 75 écroulements de 500 à 65 000 mètres cubes (hors celui du pilier Bonatti de juin 2005). Une très bonne corrélation existe entre ces événements et la survenue dans les Alpes de périodes chaudes (voir la figure page 64, en bas).