

Éboulis ou glaciers cachés ? Les glaciers rocheux

François Valla, président du comité scientifique FFCAM

Vous vous êtes sûrement trouvés en montagne devant un éboulis dont l'allure vous a surpris car il n'avait pas la forme classique d'une pente régulière de cailloux dont les plus gros étaient tout en bas. Parfois même vous l'avez trouvé tout bosselé, presque animé de vagues ;

en Oisans un de ces appareils étonnants s'appelle « Casse labourée », comme si cet éboulis (casse en patois) parcouru de sillons horizontaux avait été travaillé à la charrue ! En réalité, ces éboulis un peu mystérieux sont une variété de glaciers connue surtout des spécialistes qui

les nomment glaciers rocheux (rock glaciers en anglais). Le plus célèbre en France est certainement le Marinnet au pied de la face nord des Aiguilles du Chambeyron (Ubaye), et un des plus étudiés, le glacier de Laurichard au Col du Lautaret dans le massif du Combeynot.

Comment différencier un éboulis d'un glacier rocheux ?

• Un éboulis est formé par l'accumulation des matériaux provenant de petits (ou parfois importants) éboulements issus des pentes qui le dominent. Les rochers et blocs de tailles variables descendent jusqu'à se stabiliser en trouvant une position d'équilibre. Les plus gros blocs sont ceux qui vont le plus bas car leur masse leur donne la plus grande énergie cinétique. On parle d'éboulis gravitaires, dont ▶



Forme typique de front de glacier rocheux peu actif, la quantité de glace étant en cours de disparition. Ce glacier est situé dans la vallée de l'Everest (Khumbu) au-dessus du refuge scientifique italien de La Pyramide à plus de 5200 m et il deviendra dans quelques décennies un glacier rocheux fossile. © F Valla 1999 IGS-SAD

Glacier rocheux d'Alaska dans la chaîne volcanique Wrangell près de Mac Carthy. La neige dans les creux souligne la forme tourmentée de ce glacier dans sa partie basse. Photo aérienne, mars 1988, © F.Valla

▶ la pente est régulière et les blocs classés par taille. À noter que si la chute de rochers a lieu lorsque la pente est enneigée, certains gros blocs aux formes peu arrondies peuvent s'arrêter en pleine pente. • Le glacier rocheux, quant à lui, a l'apparence d'une « coulée » (type coulée volcanique) bien délimitée, parcourue dans la zone d'arrêt par des ondulations horizontales, des sillons en vagues qui semblent peu naturels. Au printemps, la neige accumulée souligne ces

étonnantes vagues de pierre. Le long de la pente, le profil est donc bosselé et la partie terminale présente un front raide plus pentu que celui d'un éboulis naturel. Ce front apparaît souvent humide et sombre à cause de la glace sous-jacente. Bien souvent en été de l'eau suinte en pied, et une mesure au thermomètre indique une température très voisine de 0° C. Un signe qui ne trompe pas et trahit la présence de la glace. • Il faut noter que le glacier rocheux

n'est pas ce que les glaciologues appellent un « glacier noir », lequel est dans son bassin d'alimentation (la partie amont) un « glacier blanc ». Les apports en matériaux détritiques sont trop importants pour ne former que des moraines dans la partie terminale. Le glacier est alors entièrement couvert de cailloux, l'exemple le plus connu étant le Glacier Noir à Ailefroide en Oisans, voisinant avec le très visité Glacier Blanc provenant de la face nord des Ecrins.



1 Superbe glacier rocheux rouge (Kizil Koram Lednick) situé dans la chaîne de l'Alay (Pamir ex Soviétique, Asie Centrale) devant la base glaciologique Abramov à 3850 m, base qui depuis 1991 est ouzbègue. On voit nettement la glace pure qui est à la racine du glacier rocheux, reste d'une période passée plus faste pour l'alimentation des glaciers. © F Valla 1994

2 Vue de ce même glacier après une chute de neige qui fait ressortir les sillons concentriques et parallèles ainsi que la raideur du front dont la blancheur trahit la glace sous-jacente. Le sentier conduisant de la base glaciologique soviétique (Sanigmi) au glacier Abramov apparaît en noir. Au-dessus de la base, on voit très nettement deux lobes de glaciers rocheux en pied de paroi. © F Valla 1993

De quoi est fait un glacier rocheux ?

De glace et de rochers me direz-vous ! Si on pouvait en faire une coupe, on trouverait certaines fois un corps de glace recouvert d'une couche de l'ordre du mètre de rochers de tailles variées (comme pour les éboulis) ; d'autres fois, sous la carapace de blocs, l'investigateur curieux découvrirait un « béton de glace », impossible à carotter à cause de la multitude de pierres présentes. Ces deux cas de figures permettent de comprendre la formation de ces curieux glaciers.

• Dans le premier cas, ils sont la phase terminale d'un petit glacier classique qui s'est fait recou-

vrir d'éboulis ou de moraines, ces matériaux l'ayant protégé de l'ablation en absorbant l'essentiel de l'énergie solaire. En période de réchauffement climatique (comme nous le voyons depuis quelques décennies), cet appareil glaciaire n'est plus en équilibre avec le climat. N'ayant généralement plus d'alimentation de neige en zone haute, ce glacier rocheux ne survit que parce que la couverture de blocs le protège de l'ablation ; la plasticité de sa masse de glace interne provoque une progression dans la pente de quelques dizaines de centimètres, tout au plus un mètre par année. C'est ce lent mouvement qui est à l'origine des sillons que l'on observe dans la

partie terminale en forme de lobe de cet étonnant glacier.

• Dans le second cas, le glacier est situé en pied de paroi raide et de roche sensible à l'érosion. Les variations de température et l'action du gel (gélifraction) vont petit à petit grignoter cette paroi. Des avalanches de neige et des éboulements réguliers apportent périodiquement les constituants ▶

► du béton de glace qui augmente au fil du temps et se densifie en fondant l'été et regelant l'hiver. Ce matériau gelé va lui aussi glisser doucement dans la pente.

On voit donc que les ingrédients nécessaires pour que puisse se créer un glacier rocheux sont les suivants :

- une situation en zone de pergélisol ou permafrost (température moyenne annuelle en dessous de zéro degré),
- une pente assez raide, de l'ordre de 40° et plus dans la zone haute,
- une montagne fragile, permettant sur les parois et les pentes le débitage de nombreux blocs grâce à l'action du gel.

Ces trois conditions sont nécessaires : dans le massif du Mont-Blanc, la géologie ne permet pas aux glaciers rocheux de se former alors qu'ils se rencontrent dans le Briançonnais ou l'Ubaye.



Comment explique-t-on ces curieux sillons ?

Ces sillons se trouvent dans la zone basse du glacier, lorsque la pente diminue (de l'ordre de 20 à 25 °) et que le glacier s'étalant forme un lobe. Ce changement de pente provoque un ralentissement de la vitesse de reptation et un « boudinage » en vagues, la partie basse ne pouvant absorber l'afflux de matière que la partie haute continue à transmettre. On a donc une zone de compression qui oblige la matière en excédant à se stocker en vagues en relief. À l'inverse, une zone d'étirement provoquerait des vagues en creux.

Sondage électrique réalisé à 5 500 m d'altitude (un record) dans les Andes boliviennes, sur le volcan Caquella en 1997 dans le cadre de l'expédition glaciologique IGS-SAO / IRD. Le bout du décimètre jaune montre l'emplacement d'une des 2 électrodes d'injection du courant continu, l'opérateur étant situé devant la valise de mesure (avec les électrodes de réception). Au cours de la réalisation d'un profil de mesure, les électrodes d'injection sont placées de plus en plus loin, permettant de traverser des couches du glacier de plus en plus profondes. L'atténuation du courant de réception est fonction de la nature des couches traversées (glace pure, béton de glace, rochers, sédiments...). © F. Vallà

Que se passe-t-il si toute la glace a fondu ?

Le glacier rocheux qui est dit actif (et progresse très lentement dans la pente) devient alors immobile lorsque la glace a disparu ; on le qualifie alors de glacier rocheux fossile. Il peut avoir gardé ses sillons qui vont s'émousser au fil du temps de même que son front s'avachit, la pente tendant à devenir celle d'un éboulis stabilisé. On rencontre de tels appareils à plus basse altitude, dans des positions qui seraient surprenantes pour des éboulis, par exemple au creux de vallons quelque peu éloignés de parois génératrices d'éboulis.

Comment sont étudiés les glaciers rocheux ?

Dès la fin du XIX^e siècle, la Commission française des glaciers sous l'égide du Prince Roland Bonaparte s'intéresse au glacier rocheux du Marinnet (Haute Ubaye) et le géologue Wilfrid Kilian met en place un suivi du glacier avec prises de photos en 1893 ! Des balises (piquets à l'époque) et pierres peintes sont mises en place mettant en évidence le déplacement lent de cet appareil englacé recouvert d'éboulis curieusement façonné en vagues. Des forages ont été tentés après avoir dégagé la couche pierreuse qui recouvre sur un mètre d'épaisseur ces glaciers. Mais cette méthode est difficile à mettre en œuvre et inutilisable dans un béton de glace qui bloque très vite la progression du carottier. Aujourd'hui, les équipes travaillant



Un des nombreux glaciers rocheux du massif de l'Emilius, dans la Vallée d'Aoste. La neige accumulée au creux des sillons accentue les rides du lobe de ce glacier rocheux italien surveillé par une équipe de spécialistes géomorphologues. © Daniele Cat Berro, juin 2010



Glaciers rocheux et prairies alpines font parfois bon ménage. Ce glacier est situé près de Mac Carthy, village célèbre il y a plus de cent ans pour l'exploitation du cuivre le plus riche du monde qui était évacué par chemin de fer (aujourd'hui disparu) jusqu'au port de Valdez, Alaska. © F Vallà 2003 IGS-SAO



Langue terminale presque horizontale du glacier rocheux Kathleen dominant le lac homonyme. L'étalement des dernières ondulations du front sont recouvertes de fine végétation, laissant supposer que toute glace a déjà disparu depuis des décennies. Yukon-Canada. © F Vallà 2003 IGS-SAO



Exemple de glacier rocheux ayant donné du fil à retordre à la société d'exploitation du cuivre Kennicott au XIX^e siècle. Les pylônes de téléphérique implantés sur ce glacier étaient à remplacer périodiquement par suite des mouvements de la surface chaotique. Alaska. © F Vallà 2003 IGS-SAO

sur ce sujet utilisent diverses techniques pour comprendre la structure de ces glaciers, leur progression et leur répartition dans les montagnes de notre planète. Voici les principaux axes de recherche :

Inventaires : des atlas et cadastres sont réalisés à la fois par des photo-interprétations de couples de photos aériennes et des visites de terrain. Les spécialistes du pergélisol sont très impliqués dans cette tâche. Ces inventaires sont réalisés à l'échelon européen, le nombre de glaciers rocheux dans les Alpes étant de l'ordre de plusieurs centaines.

Dynamique de progression : des mesures topographiques (théodolite, GPS, balises) ou photographiques (aériennes, satellitaires) sont répétées d'année en année, permettant la détermination de la vitesse moyenne de progression annuelle de ces glaciers, vitesse qui est extrêmement lente (quelques dizaines de centimètres) comparée aux glaciers « classiques » qui avancent de dizaines ou centaines de mètres chaque année. Le champ des vitesses annuelles sur l'ensemble du glacier est aussi calculé mettant en évidence d'importantes variations spatiales.

Structure interne : la méthode la plus employée est la mesure de résistance électrique du terrain. La glace est presque un isolant, l'eau un bon conducteur électrique alors

que le mélange glace-blocs-humidité est un conducteur du courant intermédiaire dont la valeur de la résistivité reflète la structure interne du glacier. Le système comprend un générateur de quelques milliers de volts en courant continu et deux jeux d'électrodes : le premier (mobile) pour l'injection du courant initial et le second (fixe) pour la réception du courant qui va traverser le terrain à étudier. Sur le profil étudié, le chercheur déplace de plus en plus loin ces électrodes obtenant des informations de plus en plus en profondeur car le courant électrique injecté suit des trajectoires de plus en plus internes. On peut même réaliser des tomographies du glacier rocheux permettant d'identifier la structure intime de ces curiosités géomorphologiques que sont les glaciers rocheux. La difficulté est parfois l'interprétation des mesures enregistrées qui varient de plusieurs millions d'ohms pour la glace pure à des valeurs vingt fois plus faibles pour des sédiments avec peu de glace. Le spécialiste découvre ainsi la constitution interne de cette « coulée de rocher » et la genèse de sa formation.

Gageons que lors de vos prochaines balades en montagne, votre œil sera attiré par ces formes étonnantes et si d'aventure vous voyez une équipe en train d'œuvrer sur ces étranges éboulis, vous aurez quelques idées sur les mystères que ces chercheurs essayent de percer. ☒



Sans doute le plus étroit des glaciers rocheux de la chaîne du Saint Elias ! Découvert lors d'un survol des immenses glaciers provenant du mont Logan, second sommet de l'Alaska-Yukon. © F Vallà 2003 IGS-SAO

Remerciements

Lors des tournées de glaciologie de la société glaciologique « IGS-SAO », nous avons pu sous l'expertise conduite du docteur Denis Fabre mesurer divers glaciers rocheux en Asie Centrale (Alay), Bolivie, Népal, Pérou, Alaska et Yukon. Qu'il en soit ici remercié. Le massif du Chambeyron est l'objet d'une monographie du géomorphologue Alain Assier publiée par l'association « Sabença de la Valeia » et abondamment illustrée. Le massif italien du Mont Emilius dominant Aoste est étudié par une équipe pluridisciplinaire italienne qui a présenté ses travaux au comité scientifique de la FFCAM en juin. Merci à l'ARPA, Umberto et Paolo, ainsi qu'à Daniele Cat Berro et Luca Mecalli pour la visite de ces beaux glaciers que nous avions découverts en 1985 déjà !