

Les lacs du glacier d'Arsine

Les risques naturels associés aux glaciers et au
changement climatique



Auteur : Camille Viallon
géologue - accompagnateur en montagne
06 70 69 30 03
camille.viallon@orange.fr
www.geodes-et-gentianes.fr
www.facebook.com/geodes.et.gentianes

Table des matières

Introduction.....	4
Le glacier et les lacs d'Arsine.....	5
Géomorphologie du glacier et des lacs d'Arsine.....	5
La crise de 1986.....	5
La situation depuis 1986.....	7
La randonnée.....	8
Du village du Casset jusqu'aux abords du col d'Arsine.....	8
Des abords du col d'Arsine aux lacs.....	8
Parcours sur la moraine jusqu'au troisième lac.....	9
Roches, végétaux et animaux.....	9
D'autres exemples de risques associés aux glaciers et au changement climatique.....	11
Le glacier de Tête Rousse.....	11
Le glacier de la Marmolada.....	12
Le glacier du Giétro.....	12
Conclusion.....	14

Introduction

Le glacier d'Arsine est situé dans les Hautes-Alpes dans le Nord du Massif des Écrins, sur le territoire des communes du Monêtier les Bains et de Villard d'Arène. Il s'étend au pied d'un vaste cirque de parois rocheuses orientées vers le Nord et d'altitude comprise entre 3200m et 3600m. Des lacs sont installés entre le glacier et la moraine frontale datant du petit âge glaciaire. Ces lacs sont alimentés par la fonte des glaces et font l'objet d'une surveillance régulière afin d'éviter une submersion du hameau du Casset et du village du Monêtier en cas de rupture de la moraine.

La randonnée qui est proposée dans les pages qui suivent a pour objectif, à travers l'exemple du glacier d'Arsine, d'illustrer les risques naturels associés aux glaciers et résultant du réchauffement climatique. L'itinéraire débute au hameau du Casset, sur la commune du Monêtier les Bains, pour rejoindre les lacs du glacier d'Arsine. Mais il est également possible de rejoindre les lacs à partir du lieu-dit Le Pied du Col à Villard d'Arène ou à partir du col du Lautaret par le sentier des crevasses. Dans ce dernier cas, il convient de se renseigner sur l'état du sentier qui est souvent très dégradé à la sortie de l'hiver et pas toujours facilement praticable. La randonnée est réalisable en 5h30 à 6h00 de marche. Il convient d'y ajouter quelques temps d'arrêt pour les observations, pour profiter du paysage et pour une pause repas, soit en tout 7h00 à 7h30 de randonnée. Elle s'effectue sur un bon sentier de montagne sauf un parcours facultatif sur la moraine.

La plus grande partie de la randonnée est située dans le Parc National des Écrins. Pour préserver le milieu naturel, la collecte ou la destruction de roches, plantes ou animaux y sont interdits. Le bivouac est très réglementé.

Les caractéristiques de la randonnée

Région	Vallée de la Guisane, Hautes Alpes
Dénivelé positif	1000 m
Durée	Environ 7h00 à 7h30
Lieu de départ	Hameau du Casset sur la commune du Monêtier les Bains
Période	De juillet à septembre

Le glacier et les lacs d'Arsine

Géomorphologie du glacier et des lacs d'Arsine

Le glacier est situé au fond d'un cirque de parois rocheuses qui comprend les sommets de la Montagne des Agneaux (altitude 3664m) à l'Est et du Pic de Neige Cordier (altitude 3614m) à l'Ouest. Le glacier supérieur d'Arsine qui descend de la Montagne des Agneaux, et les couloirs neigeux logés dans les creux de la paroi rocheuse, contribuent à l'alimentation en neige et glace du glacier d'Arsine. Le glacier, prend naissance dans ce cirque vers 2900m d'altitude, s'étend sur une largeur maximale de 2,5 km et une longueur d'environ 1,6 km. Il se termine par un front glaciaire vers 2500 m d'altitude.

Le glacier d'Arsine a la particularité de se trouver à une limite de partage des eaux de sorte que l'eau de fonte du glacier se déverse, pour sa partie Ouest, dans la vallée de la Romanche (et donc gagne l'Isère) et se déverse pour sa partie Est dans la vallée de la Guisane via le vallon de Petit Tabuc (et donc gagne la Durance).

Le glacier est largement couvert par une moraine composée de débris rocheux résultant de la chute de blocs depuis les parois rocheuses qui le dominent. Les moraines frontales et latérales principales, datant du petit âge glaciaire (période froide du 15^e siècle au milieu du 19^e siècle) sont très importantes. Au niveau du front glaciaire elles dominent la surface du glacier de près de 50 m. A l'intérieur du périmètre défini par ces moraines, on remarque des bourrelets du terrain qui sont des moraines plus récentes correspondant à des périodes de légère croissance ou stagnation du volume du glacier. En particulier un bourrelet morainique datant des années 1915-1930 est assez bien marqué en rive gauche et à l'avant du glacier.

Deux lacs allongés, d'environ 500m de long et de 80 à 140m de large, s'étendent entre le glacier et la moraine frontale. Un autre lac, très petit, est situé plus à l'ouest également entre le glacier et la moraine. Les lacs de ce type, directement en contact avec un glacier, sont appelés lacs proglaciaires.

Le lac le plus à l'Est est apparu au cours des années 1940 ou au tout début des années 1950 et est cartographié par l'IGN lors d'une mission de photographie aériennes de 1952. Sa création résulte de l'absence d'exutoire de l'eau de fonte du glacier et d'une imperméabilisation de la moraine frontale par de fines particules d'argile. Le deuxième lac allongé date de la fin des années 1980 et le troisième lac est apparu dans les années 1990.

La crise de 1986

Plusieurs catastrophes naturelles historiques résultant de la vidange brutale d'un lac proglaciaire sont connues de longue date. L'étude des conditions conduisant à ces catastrophes s'est développé dans les années 1960-1970 en particulier sous l'impulsion des travaux de Louis Lliboutry du laboratoire de glaciologie de Grenoble.

Le lac du glacier d'Arsine a fait l'objet d'un suivi à partir de 1969. L'augmentation importante du niveau du lac proglaciaire du glacier d'Arsine au cours des années 1980 et particulièrement en 1985 a amené les glaciologues de l'université de Grenoble à alerter les autorités en charge de la sécurité de la population. Le risque d'une rupture brutale de la moraine frontale libérant la masse d'eau était devenu très important. Cette rupture aurait entraîné la formation d'une lave torrentielle, c'est à dire d'un mélange dense d'eau et de matériaux solides de grande densité, dans le vallon du Petit Tabuc. La coulée était susceptible d'atteindre et de détruire les villages du Casset et du Mûnétier-Les-Bains situés dans la vallée de la Guisane. Cette rupture pouvait se produire sous l'effet d'un séisme, de l'onde de choc de la chute d'un très gros sérac dans le lac ou par entaille de la moraine lors du débordement du lac. Le niveau du lac variant de manière saisonnière, le risque était le plus important lors de la période du maximum de remplissage en été. Le rapport des scientifiques concluait à la nécessité d'une intervention rapide et si possible

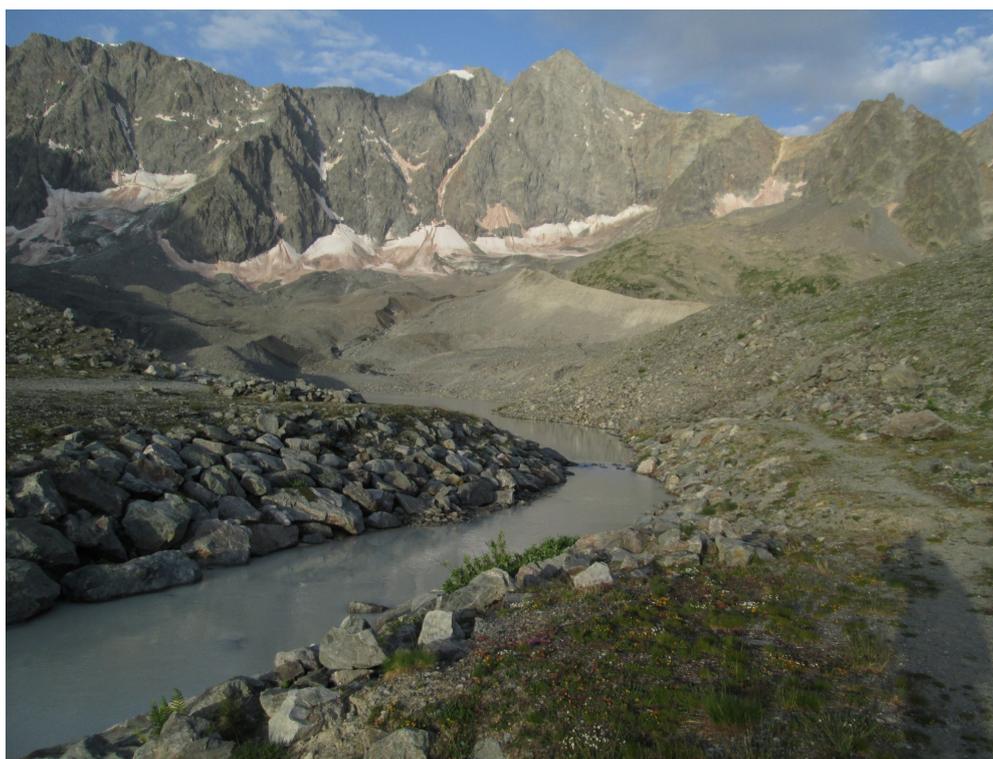
dans l'année.

Une coordination des différents acteurs concernés (sous-préfecture, mairies, directions départementales des services de l'État, université, CNRS, Restauration des Terrains de Montagne, gendarmerie...) a été mise en place fin 1985. Elle a permis d'analyser tous les aspects de la situation et de rechercher une stratégie d'intervention. Plusieurs types d'actions ont été envisagées : l'évacuation des zones concernées, une défense passive avec la formation d'un barrage et une défense active en éliminant le risque de rupture par différents moyens (pompage, création d'un exutoire...). Après étude de ces différentes possibilités, le choix s'est porté sur la création un exutoire dans la moraine frontale et en parallèle de préparer un plan d'évacuation qui ne serait activé qu'en cas d'échec des travaux ou de risque imminent. Il fut décidé d'agir avant l'été malgré les difficultés que représentait un chantier en haute altitude au printemps alors que la météo est généralement assez mauvaise à cette saison et que la couverture neigeuse est encore très épaisse.

Les équipements nécessaires ont été amenés au plus près du chantier en utilisant un tunnel EDF désaffecté, vestige d'un ancien projet de barrage hydroélectrique. Les travaux commencèrent le 14 avril et durèrent deux mois dans des conditions très difficiles. Ils aboutirent le 29 juin au déversement des eaux du lac par un canal d'évacuation réalisé en tranchée dans la moraine. Le plan d'évacuation de la population n'a finalement pas été activé.

Des études complémentaires furent réalisées pendant l'été et un renforcement du canal a eu lieu à l'automne.

La surveillance initiée en 1969, la coordination des acteurs et un esprit d'équipe salué par tous les intervenants à la fin des travaux ont permis de prendre les décisions adaptées à la situation et de réaliser les travaux rapidement malgré les difficultés liées à la situation géographique et aux conditions de neige et de météo. Une catastrophe importante a ainsi pu être évitée.



La tranchée permettant l'évacuation de l'eau des lacs, le glacier et au fond le Pic de Neige Cordier

La situation depuis 1986

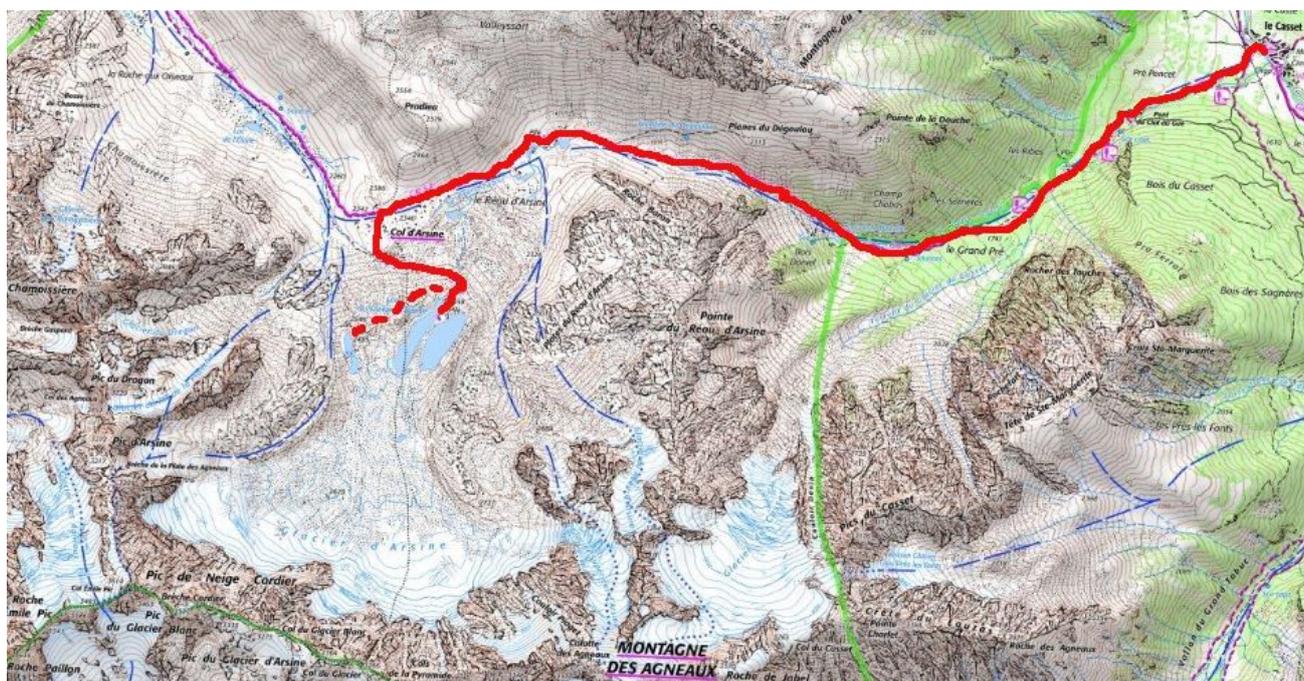
Les études réalisées pendant l'été 1986 avaient mis en évidence la présence d'une zone, à l'ouest du lac et sous le canal dans laquelle une grande plaque de glace morte se trouvait sous une couverture morainique. Cette glace morte, c'est à dire sans nouvel apport de neige, était susceptible de fondre progressivement et donc d'abaisser le niveau du sol. C'est effectivement ce qui s'est produit et dès le début des années 1990, le second lac a pris naissance à l'ouest du premier, dans cette zone surbaissée. Il est drainé, comme le premier lac, par le canal creusé dans la moraine.

Un troisième lac est apparu à la fin des années 1990 beaucoup plus à l'ouest, également entre le glacier et la moraine frontale. Il reste nettement plus petit que les deux lacs principaux, et jusqu'à aujourd'hui ne constitue pas un risque sérieux.

L'autre évolution majeure de la géographie locale est bien évidemment l'important recul du front glaciaire depuis 1986. Alors qu'en 1986 le glacier était en contact direct avec le lac, il est situé maintenant largement plus en arrière des deux lacs. Le front glaciaire a pris la forme d'un biseau et l'ablation se produit uniquement par fonte et plus par la chute de séracs.

Les lacs du glaciers d'Arsine font toujours l'objet d'une surveillance régulière pour se prémunir d'évolutions de la situation qui pourraient faire à nouveau croître le risque de rupture de la moraine frontale.

La randonnée



Le parcours de la randonnée du Casset aux deux lacs en trait plein rouge et des deux lacs au troisième lac en trait pointillé rouge

Du village du Casset jusqu'aux abords du col d'Arsine

La randonnée démarre du village du Casset, dans la vallée de la Guisane. On peut se rendre au départ de la randonnée en navette autocar depuis le village du Monétier-Les-Bains ou de tout autre village de la station de Serre-Chevalier. On peut s'y rendre en automobile et stationner au parking situé à l'entrée du hameau du Casset.

La randonnée empreinte le GR 54 en direction de Villard d'Arènes. Depuis le parking, le GR traverse le hameau puis tourne à gauche pour passer le pont sur la Guisane. Il suit le vallon du Petit Tabuc en passant d'abord entre quelques prés puis dans les bois et débouche au niveau du charmant petit lac de la Douche. Ensuite, toujours en suivant le GR 54 une montée raide permet de rejoindre la partie haute du vallon. On longe quelques petits lacs et zones humides et à l'approche du col d'Arsine la grande masse de la moraine frontale du glacier d'Arsine apparaît à gauche. Elle mesure plus de 100m de hauteur sur une largeur de 1,2 km.

Des abords du col d'Arsine aux lacs

Quelques dizaines de mètres avant le col d'Arsine, un sentier part sur la gauche et serpente entre des petits reliefs, restes de moraines antérieures au petit âge glaciaire plus ou moins modelés par le passage des torrents. Quitter le GR et suivre ce sentier pour rejoindre la base de la moraine frontale du glacier d'Arsine. Prendre alors le sentier qui monte le long de la moraine. Un peu en dessous du sommet de la moraine une passerelle permet de passer le torrent issu de l'exutoire des lacs. Un peu plus loin on longe la tranchée pratiquée dans la moraine et qui sert d'exutoire aux deux lacs. Cette tranchée est consolidée par de très gros blocs sur ses bords pour éviter l'érosion de la moraine. Enfin on arrive aux deux lacs.

Le lac de gauche est le lac initialement formé au cours de la fin des années 1940 ou au début des années 1950. Le lac de droite est le lac formé au cours des années 1980 par fonte de la glace

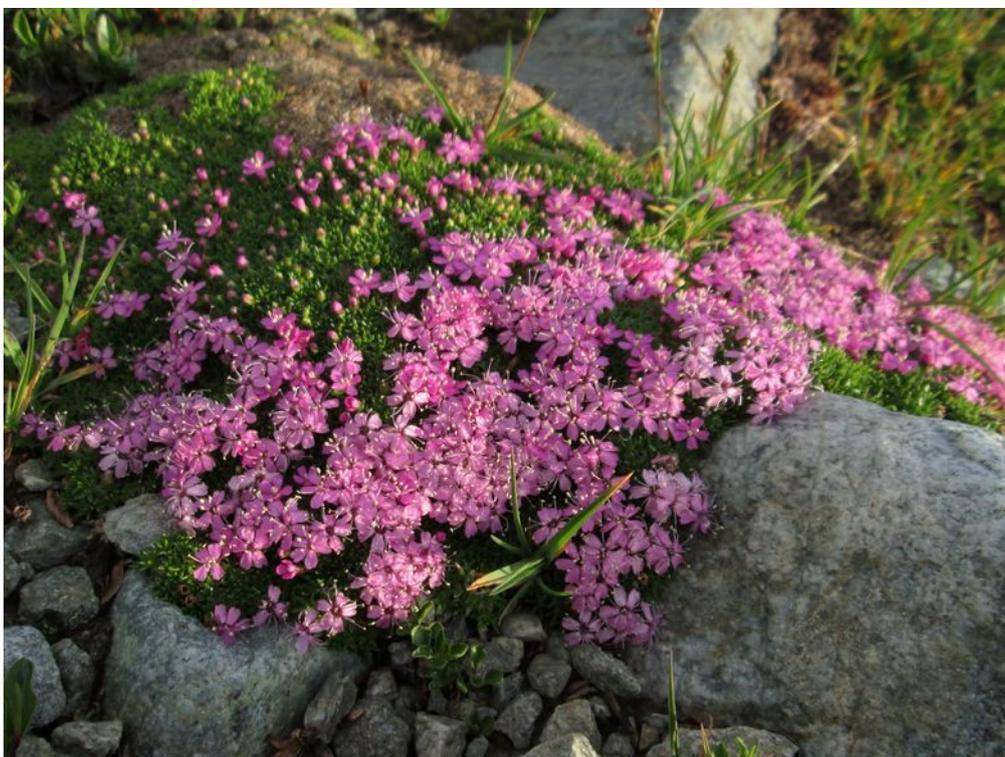
située sous les amas de roches et qui a ainsi abaissé la topographie de la zone. Au fond des lacs on voit le front du glacier en forme de biseau et surmonté par l'importante moraine recouvrant le glacier.

Les parois qui dominent le glacier comprennent de gauche à droite le glacier supérieur des agneaux qui descend de la Montagne des Agneaux (3664m), la Pointe Cézanne (3365m), le Pic du Glacier d'Arsine (3364m) le Pic du Glacier Blanc (3527m) et, séparé du pic précédent par un long couloir de neige, le Pic de Neige Cordier (3614m). Ce sont ces parois rocheuses qui, par les blocs qui s'en détachent, alimentent les moraines du glacier.

Pour profiter d'une vue plongeante sur les lacs, il est possible de remonter le vague sentier qui empreinte la moraine latérale droite (donc sur notre gauche) du glacier. Depuis cette moraine, on mesure la perte de volume de glace depuis le milieu du 19^e siècle. A cette époque la glace arrivait au niveau du sommet de la moraine et même légèrement au dessus.

Parcours sur la moraine jusqu'au troisième lac

Il est possible de traverser la tranchée qui sert d'exutoire si le niveau de l'eau n'est pas trop haut. Après avoir traversé, en marchant sur la moraine, il est possible d'aller jusqu'au troisième lac situé plus à l'Ouest presque contre la moraine latérale gauche. C'est un lac très modeste dont les dimensions varient d'une année sur l'autre et qui occupe le fond d'une dépression.



Silène acaule dans la moraine

Roches, végétaux et animaux

Les roches présentes dans les parois surplombant le glacier et dans les moraines sont des gneiss et migmatites d'âge précambrien (antérieures à 500 Millions d'années). L'érosion chimique en présence d'air et d'eau décompose le gneiss en sable et argiles. C'est ce mélange de blocs de toutes tailles, de sable et d'argiles qui compose la moraine.

La moraine est parsemée de plantes de haute montagne tels que le silène acaule, la dryade à huit pétales, la linnaire des Alpes ou la campanule du Mont Cenis. Malgré l'extrême dureté des

conditions de vie, de très nombreux insectes sont présents, en particulier des papillons et des coléoptères. Quelques araignées tissent leur toile entre les rochers. Il peut arriver, de temps en temps, qu'un groupe de chamois parcourt le glacier ou ses abords.

Le retour au hameau du Casset se fait par le même itinéraire qu'à l'aller.

D'autres exemples de risques associés aux glaciers et au changement climatique

Parmi les risques naturels associés aux glaciers et au changement climatique deux types de risques apparaissent comme particulièrement importants. L'un d'eux est le risque de lave torrentielle issue de la rupture d'une digue morainique ou autre sous la pression grandissante d'une accumulation d'eau de fonte du glacier comme dans le cas du glacier d'Arsine. L'autre type est la rupture d'un glacier et la chute de grandes masses de glaces. Ces risques existent en l'absence de changement climatique, mais celui-ci est un facteur fortement aggravant du fait de la production plus importante d'eau de fonte dans le premier cas et par la fragilisation de la masse de glace dans le second cas.

Un exemple de risque de lave torrentielle est donné ci-dessous avec le cas du glacier de Tête Rousse pour lequel l'eau n'est pas retenue dans un lac à l'air libre mais dans une poche d'eau à l'intérieur du glacier. On trouvera également un exemple de risque de rupture d'une masse de glace avec le glacier de la Marmolada.

Inversement, un refroidissement climatique peut aussi être source de risque, la catastrophe du glacier de Giéthro, appelée aussi catastrophe du val de Bagnes, en est un exemple.

Le glacier de Tête Rousse

Le glacier

Le glacier de Tête Rousse est un petit glacier situé au pied de l'Aiguille du Goûter dans le massif du Mont-Blanc à 3200 m d'altitude sur le versant du Val Montjoie. Il est à l'origine de la catastrophe connue sous le nom de catastrophe des bains de Saint Gervais en 1892. Grâce à la surveillance du glacier et à une intervention de vidange préventive une nouvelle catastrophe a pu être évitée en 2010.

La catastrophe de 1892

Dans la nuit du 11 au 12 juillet 1892 le front du glacier se rompt libérant une poche d'eau précédemment emprisonnée dans le glacier. Environ 200 000 m³ d'eau et de glace descendent la vallée jusqu'au hameau du Fayet, 14 km en aval. Avec les terrains emportés lors de la descente de la vallée, ce sont 1 000 000 de m³ de matériaux qui sont mobilisés et déposés dans le bas de la vallée. Le hameau de Bionnay est détruit ainsi que deux bâtiments des thermes de Saint-Gervais et quelques maisons au Fayet. On déplore 175 victimes.

A la suite de cette catastrophe, une surveillance régulière du glacier a été mise en place et modernisée au cours du temps.

La crise de 2010

Le service de restauration des terrains de montagnes (RTM) de Haute Savoie décide en 2007 de mener une étude pour s'assurer de la pertinence de la surveillance réalisée sur le glacier de Tête Rousse et de l'éventuelle nécessité d'adapter celle-ci. Cette étude, réalisée en 2007 et 2008 par des laboratoires de l'université de Grenoble, met en évidence une zone d'anomalie sur des images obtenues par détection radar. Une étude complémentaire permet d'identifier cette anomalie comme due à la présence d'une poche d'eau dont le volume est estimé à 65 000 m³. Le 24 mars 2010, un rapport est remis à la préfecture.

L'enjeu de sécurité est important. Plusieurs milliers de personnes vivent en contrebas et des établissements recevant du public (thermes, gare SNCF..) sont présents dans la zone potentiellement impactée.

De mai à juillet 2010, une prospection complémentaire par méthode radar et forages permet de

préciser les contours de la poche d'eau, le risque de rupture et de faire le choix de la solution technique : la vidange de la poche d'eau par pompage.

En parallèle un plan d'évacuation est conçu pour le cas où la rupture se produirait au cours des travaux. Ce plan a été communiqué à la population et un exercice en vraie grandeur a été réalisé le 16 septembre 2010.

Le pompage de l'eau de la cavité a eu lieu d'août à la mi-octobre 2010. Tout danger a ainsi été écarté. Pour la première fois, une cavité intraglacière remplie d'eau a été détectée et vidangée avant la survenue de la catastrophe.

La cause de présence de la poche d'eau

Les études menées entre 2007 et 2010 ont permis de comprendre la formation de la poche d'eau dans le glacier.

Le glacier de Tête Rousse a la particularité d'être un glacier tempéré dans sa partie haute et un glacier froid dans la partie basse. On appelle glacier tempéré un glacier donc la masse de glace est à une température proche de 0°C et pour lequel il y a donc présence d'eau de fonte. La base du glacier est alors parcourue par des filets d'eau. La plupart des glaciers alpins sont de ce type. Certains glaciers situés en altitude et orientés au Nord, ont une température inférieure à -2°C, il n'y a pas de fonte, et la glace adhère directement à la roche sans présence d'eau au contact glace-roche. Ce sont les glaciers froids.

L'eau de fonte de la partie haute du glacier s'est trouvée bloquée dans la partie basse. Elle y est restée stockée sous la forme d'une grande poche d'eau intraglacière. Le réchauffement climatique qui accélère la fonte augmente la vitesse de stockage et donc le risque de rupture.

Le glacier de la Marmolada

Le glacier de la Marmolada est le plus grand glacier du massif des Dolomites en Italie. Il est situé vers 3000 m d'altitude sur le versant Nord de la Marmolada, sommet culminant à 3300 m.

Le 3 juillet 2022, au cours d'un épisode de chaleur intense, il faisait 10°C au sommet de la Marmolada, un immense sérac se détache du front du glacier et dévale dans la pente. Le volume de glace qui s'est détaché est estimé à 300 000 m³. Six personnes sont décédées et huit autres ont été blessées dont certaines gravement. D'autres pans du glacier pourraient s'écrouler dans les semaines et les mois qui vont suivre.

Cette catastrophe illustre la fragilité de certaines langues glaciaires situées sur des pentes raides et susceptibles de se détacher du reste du glacier sous l'effet de l'accroissement des températures estivales. Dans le massif du Mont Blanc, le Glacier de Taconnaz présente également un risque important de rupture et constitue une menace pour les villages de Taconnaz et des Houches. Il fait l'objet d'une surveillance étroite.

Le glacier du Giétro

Si le réchauffement climatique actuel est une source de risque de catastrophe d'origine glaciaire, les épisodes de refroidissement climatique peuvent également être à la source de risques. La catastrophe du Val de Bagne, dans le Valais Suisse, en est une illustration.

La première moitié du 19^e siècle est l'une des périodes les plus froides du petit âge glaciaire qui s'est étendu du 15^e siècle au milieu du 19^e siècle. C'est particulièrement le cas de la période 1816-1818. Du 5 au 15 avril 1816 l'explosion du volcan Tambora en Indonésie envoie des millions de tonnes de matériaux volcaniques dans l'atmosphère, obscurcissant le ciel et provoquant un refroidissement planétaire. Cet événement intensifie encore d'avantage le caractère déjà très froid de la période.

En 1817, le front du glacier du Giétro, en rive droite du val de Bagnes, progresse au dessus d'une barre rocheuse dominant la vallée. et des séracs issus du front du glacier s'écroulent dans

la vallée. L'amas de glace accumulé fait barrage à la dranse de Bagnes qui draine la vallée. Un lac se forme en amont de ce barrage. En 1818 le phénomène s'amplifie et le lac retenu par le barrage de glace fait 3 km de longueur.

Le risque de rupture catastrophique de la digue de glace est bien identifié par l'ingénieur en chef du canton du Valais, Ignace Vienetz. Il décide de faire creuser un chenal pour vidanger progressivement le lac. Les travaux commencent en mai 1818. Le chantier est particulièrement difficile, les ouvriers creusent le chenal à la pioche sous la menace permanente d'une nouvelle chute de sérac depuis le glacier qui les domine. Le 13 juin, le chenal atteint le niveau du lac et le lac commence à se vider. Mais le 16 juin, érodé par le flux d'eau du chenal, le barrage de glace cède. Une lave torrentielle de 10 à 15 m de haut atteint les villages jusque dans la plaine du Rhône. Le système d'alerte mis en place au moyens de feux et de tirs de fusils ne fonctionne que partiellement. Une quarantaine de personnes trouvent la mort dans cette catastrophe et les dégâts matériels sont considérables.



Campanule du Mont Cenis

Conclusion

Le réchauffement climatique actuel accroît de manière très significative les risques naturels associés aux glaciers de montagne. Outre les risques de laves torrentielles et de rupture des langues terminales des glaciers d'autres risques liés au recul des glaciers ou à la réduction du pergélisol (le sol gelé en permanence) sont accrus ou créés par le réchauffement climatique. L'un de ces risques est le risque d'instabilité des versants et de glissements de terrains. Le recul du glacier de la Pilatte dans le massif des Ecrins est à l'origine de la fissuration des massifs rocheux bordant le vallon avec entre autres conséquences la fissuration du refuge de la Pilatte qui devient dangereux et est fermé en 2021. Un autre risque est l'accroissement en intensité et en fréquence des chutes de blocs dans les parois rocheuses parcourues par les alpinistes. Les impressionnantes chutes de blocs des dernières années à La Meije (massif des Ecrins) ou aux Drus (massif du Mont blanc) en sont des exemples.

Face à ces nouveaux risques les politiques publiques d'aménagement et de sécurité civile ainsi que les pratiques des habitants et des usagers de la montagne doivent être adaptées. Pour autant, il ne faut pas s'interdire de jouir des paysages magnifiques et sauvages que nous offre la montagne. Le contact avec la montagne, et plus généralement avec la nature, contribue à la prise de conscience de la nécessité de changer nos comportements et nos sociétés pour préserver la nature et assurer un avenir durable à nos enfants.



L'un des deux lacs et le glacier d'Arsine. Le deuxième lac est partiellement visible au fond à droite.