

CRYOKARST ET VIDANGES GLACIAIRES AU GLACIER DE CHAUVET (HAUTE-UBAYE, ALPES FRANÇAISES DU SUD)

CRYOKARST AND GLACIAL OUTBURSTS AT THE CHAUVET GLACIER (HAUTE-UBAYE, FRENCH SOUTHERN ALPS)

Alain ASSIER* et Michèle ÉVIN**

* Université J. Fourier, Grenoble I

** Université J. Verne, Amiens

Résumé

Le glacier du fond de Chauvet (15 ha) est l'une des 35 petites masses de glace qui subsistent dans les Alpes Méridionales franco-italiennes. La décrue glaciaire du XX^e siècle s'est effectuée dans un profond ombilic au creux duquel subsiste une grande quantité de glace morte engendrant une morphologie caractéristique de cryokarst. Les eaux de fusion du glacier actuel voient leur cheminement entravé par des glaces de glacier résiduelles et par des sédiments englacés (mis en évidence par sondages électriques). La rupture de ce barrage et la vidange par un conduit intraglacière d'un lac temporaire installé sur le cryokarst sont à l'origine de plusieurs débâcles dont les deux dernières, en 1970 et 1991, ont provoqué des dégâts jusqu'à la vallée de l'Ubaye située 1 100 m en contrebas.

Mots clés

Glacier - cryokarst - vidanges glaciaires - sondages géoélectriques - Alpes françaises du Sud

Présentation

Le glacier de Chauvet présente, dans sa partie inférieure, une zone cryokarstique d'une superficie d'environ 15 ha (0,15 km²), soit à peu près l'étendue du glacier résiduel actuel. Périodiquement surviennent des débâcles glaciaires, issues de la vidange d'un lac cryokarstique, jusqu'à l'Ubaye située 1 100 m en contrebas.

Ce glacier peu connu, en raison des difficultés d'accès, s'étend dans le massif de l'Aiguille de Chambeyron (3 412 m), tout près des glaciers de Marinnet, objets de nombreuses études. Il s'agit de l'aire englacée la plus méridionale des Alpes françaises (44°33'N) avec seulement 52 ha de glace (Fig. 1).

Le glacier et le cryokarst se développent sur le versant ouest de l'Aiguille de Chambeyron entre 3 160 m et 2 775 m d'altitude, dans un petit vallon suspendu en rive gauche de l'Ubaye, qui coule ici à 1 700 m d'altitude.

Au Petit Âge de Glace (1550-1850), le glacier de Chauvet s'allongeait sur 1,5 km et s'avancait jusqu'à l'important verrou glaciaire qui ferme le haut vallon suspendu (Fig. 2). C'était le plus long glacier de cette partie des Alpes méridionales. Sa moitié inférieure était intégralement recouverte de débris rocheux (Assier, 1993). C'est actuellement le seul glacier jouxtant un cryokarst alors que les autres

Abstract

The Chauvet glacier (15 ha) is one of the 35 small glaciers which subsist in the French Southern Alps. The XXth century glacial retreat occurred in a deep hanging valley in the hollow part of which important masses of dead glacier ice still remain. Typical cryokarstic features can be seen. Melting water of the actual glacier ice is stopped by residual glacier ice and ice-cemented sediments (electrical resistivity soundings). Several glacial outbursts occurred caused by the break of this barrier and the emptying of a cryokarstic lake by an intraglacial conduit. The last two glacial outbursts in 1970 and 1991 caused damage in the Ubaye valley, 1 100 m below.

Key words

Glacier - cryokarst - glacial outbursts - electrical resistivity soundings - Southern French Alps

Presentation

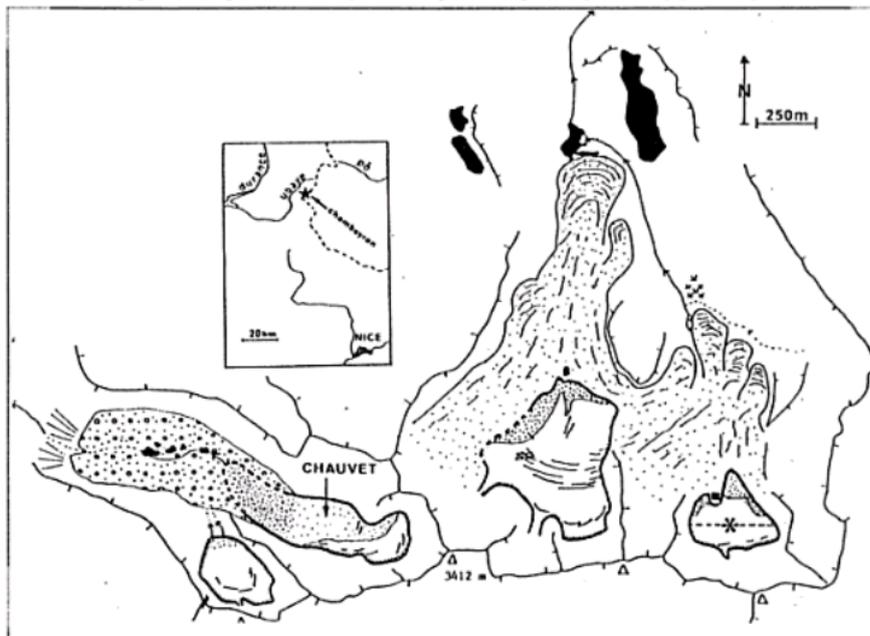
The Chauvet glacier presents, in its lower part, a cryokarst area of about 15 ha (0,15 km²), as large as the glacier itself. From time to time glacial meltwater outbursts take place from a supraglacial lake in the cryokarst to the nearby Ubaye valley, 1 100 m below.

This glacier, like the nearby well-studied Marinnet glacier, lies in the Chambeyron Massif, the Southernmost glacierized area in the Southern French Alps with only 52 ha of ice (Fig. 1).

The glacier and cryokarst are located on the western face of the Aiguille de Chambeyron (3 412 m) between 3 160 m and 2 775 m in a small high hanging valley on the left side of the Ubaye river, flowing here at only 1 700 m.

During the Little Ice Age (A.D. 1550-1850), the glacier was 1.5 km long and extended to the high rock bar which closes the narrow upper valley (Fig. 2). It was the longest glacier in the French Southern Alps and appeared partially debris-covered (Assier, 1993). It is at the present time the only glacier in the area showing cryokarst while the other glaciers are related to active rock glaciers (Évin, 1987). The presence of cryokarst can be explained by the important debris cover, the shadow of rock walls, the altitude, all of which reduce ablation.

Figure 1 : Les glaciers du Massif de Chambeyron - The glaciers of the Massif of Chambeyron



glaciers sont associés à des glaciers rocheux actifs (Évin, 1987).

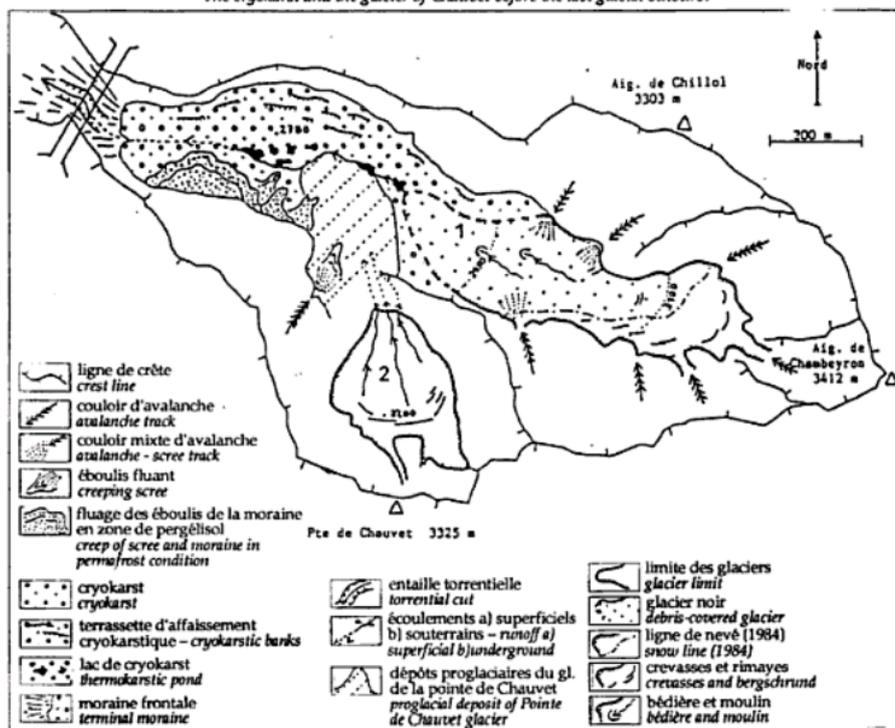
Dans la partie supérieure du vallon, un petit glacier peu dynamique subsiste entre 3 160 m et 2 820 m d'altitude comme l'indiquent rimaye, crevasses et moulins qu'on peut y observer. Son front se dissimulant sous un épais manteau de débris rocheux, il est difficile de savoir avec précision où se termine le glacier et où commence le cryokarst.

La zone cryokarstique occupe le secteur plat de la partie inférieure du vallon suspendu (Fig. 2). En plus de ce critère topographique favorable, l'existence du cryokarst peut être expliquée par l'épais manteau de gélifracis couvrant la glace, l'ombre fournie par les hautes parois encadrantes, l'altitude élevée, facteurs qui réduisent considérablement l'ablation. Habituellement, la glace ne peut pas être observée en dehors de quelques affleurements visibles sur les bords de petites mares logées dans la partie centrale du cryokarst. Les eaux de fonte du glacier s'écoulent dans un étroit chenal creusé dans la glace du cryokarst avant de disparaître vers l'aval. La partie centrale du cryokarst est déprimée, les bords montrant à la fois des formes d'affaissement et de fluage : terrassettes d'affaissement sur le versant exposé au sud, bourrelets de fluage sur le versant nord. À l'aval, le cryokarst semble se terminer sur le verrou rocheux dans les mêmes limites que le glacier au Petit Âge de Glace.

In the upper part, a slightly active glacier remains between 3 160 m and 2 820 m where glacial features such as bergschrund, crevasses and moulins can be seen. The snout disappears under a rather thick debris cover so it is difficult to see where the glacier ends and cryokarst begins.

The long and narrow cryokarst area lies in the lower part in a flat area between high rock walls. Usual ice cannot be observed except in a few melt ponds in the middle part. A narrow channel crosses the cryokarst with running water only in the upper section (Fig. 2). The central area is low lying and the sides show both collapse and creep features: bars on the south-facing side, ridges on the north-facing side. The cryokarst seems to end on the rock bar which was also the limit of the Little Ice Age glacier.

Figure 2 : Le cryokarst et le glacier de Chauvet avant la dernière vidange glaciaire
The cryokarst and the glacier of Chauvet before the last glacial outburst



Les vidanges glaciaires

Ce phénomène survient régulièrement avec une intensité variable. Indices morphologiques et témoignages mettent en évidence quatre vidanges récentes. Celles 1936 et 1956 sont connues uniquement à partir de photographies sur lesquelles des cônes d'épandage sont visibles. Les deux dernières vidanges (1970 et 1991) sont mieux documentées.

Plusieurs semaines avant l'événement, un lac se forme dans la partie déprimée du cryokarst (Fig. 3). F. Combes (RTM) a évalué le volume du lac formé en 1991 à 50 000 m³. Ce lac se vidange par un conduit ouvert en son fond. Cet orifice de vidange (diamètre 4 m) est creusé dans la glace massive de glaciers sur plus de 20 m de longueur. La forme circulaire de la section du boyau ainsi que l'aspect lisse de la glace de ses parois semblent indiquer un façonnement par les eaux. Leur cheminement intraglacière s'est effectué sur quelque 350 m au sein du cryokarst, suivant le tracé de l'ancien chenal central, jusqu'au verrou fermant le haut vallon. À la fin de la vidange, le toit de la galerie s'est localement effondré laissant apparaître la glace sous une couverture de débris instables.

The glacial outbursts

This phenomenon occurs regularly with variable intensities. We have information about four recent outbursts. Those of A.D. 1936 and 1956 are known by the means of photographs on which alluvial fans can be seen. For the two recent ones (1970 and 1991) the processes are well known.

Several weeks before the event, a lake forms in the hollow part of the cryokarst (Fig. 3). F. Combes (RTM) evaluated the volume of the lake which formed in 1991 at about 50,000 m³. The lake empties by a conduit at the bottom of the lake. This conduit (diameter 4 m) is carved in massive glacial ice for more than 20 m. The circular section and the smooth appearance of the ice show the water's flow. The runoff then flows through the cryokarst for 350 m to the rock bar. At the end of the outburst the roof of the conduit collapses exposing stratified ice under an unstable debris cover.

On July 14th 1991 the flood occurred between 6.30 a.m. and 8.00 a.m. carrying away the rocky material in the small valley blocking the Ubaye river 1 100 m below. The outflow of muddy water carried blocks which lodged three meters high

Le 14 juillet 1991 la vidange s'est produite entre 6h30 et 8h30 du matin, le flot entraînant avec lui une grande quantité de matériel rocheux prélevé le long des versants jusqu'à barrer l'Ubaye 1 100 m plus bas. Le flot d'eau boueuse charriait des blocs dont certains ont cassé ou écorcé des arbres jusqu'à une hauteur de plus de trois mètres alors qu'une grande quantité de limons poudrait les branches jusqu'à plus de cinq mètres.

On ne peut expliquer ces vidanges par des conditions météorologiques exceptionnelles. Dans l'année qui a précédé les vidanges, on n'a pu relever ni fortes chutes de neige, ni abondantes précipitations liquides, ni températures très élevées. Même durant la grande crue de 1957 dans les Alpes du Sud, il n'y avait aucun écoulement dans le vallon de Chauvet. En fait, les vidanges de Chauvet surviennent lors de la période habituelle des vidanges glaciaires dans les Alpes (juin, juillet, août) qui est la saison principale de fusion glaciaire (Haerberli, 1983). L'explication du phénomène doit être recherchée dans la structure interne du cryokarst.

La structure interne du cryokarst

Trois sondages géoélectriques utilisant la configuration Schlumberger (AB/2 = 70 m à 125 m) ont été conduits en 1992 sur le glacier et le cryokarst (Fig. 3).

Sur le glacier (sondage 1) l'interprétation de la courbe permet de mettre en évidence au moins 20 m de glace massive d'une résistivité de $4.10^6 \Omega m$.

Sur le cryokarst (sondage 2), sous un niveau sans glace de 3 m d'épaisseur ($7.000 \Omega m$), on trouve une épaisse couche de glace (35 m) avec une résistivité élevée ($1.10^6 \Omega m$). Il s'agit de la glace massive visible près de la surface le long du chenal de vidange effondré. Un écoulement profond peut exister dans ou sous cette masse de glace.

À l'extrémité du cryokarst (sondage 3) la structure apparaît plus complexe avec trois niveaux : un niveau sans glace de 2,5 m d'épaisseur ($4.000 \Omega m$), des lentilles de glace (pas de valeur de résistivité : effet de surpente), enfin un épais niveau (plus de $40 m - 150.000 \Omega m$) correspondant à des sédiments cimentés par de la glace interstitielle.

Discussion

D'après ces premières investigations, la structure interne la plus probable du cryokarst du Chauvet correspondrait à la présence de 35 m de glace massive de glacier reposant sur au moins 40 m de matériel rocheux noyauté de glace. Avec ces différents types de glace présents dans ce vallon largement surcreusé plusieurs cheminements des eaux sont possibles : intraglacière comme dans le conduit de vidange, sous la glace, sur le lit rocheux calcaire avec des phénomènes karstiques, etc.

L'endroit le plus propice à un blocage périodique des eaux nous paraît être la zone de contact entre la glace basale de glacier et les sédiments englacés sous-jacents.

amongst the trees, barking them ; silt was also deposited on the branches.

It is not possible to explain these outbursts only by meteorological conditions. During the previous year in every case neither heavy snowfall nor abundant rainfall or high temperatures occurred. Even during the heavy floods of 1957 in the Southern Alps there was no runoff in the dry Chauvet valley. The outbursts of Chauvet take place in the usual period for glacial outbursts in the Alps (June, July, August) which is the time for snow and ice melting (Haerberli, 1983). The explanation has to be found in the internal structure of cryokarst.

The internal structure of the cryokarst

Three electrical resistivity soundings have been conducted in 1992 with the Schlumberger configuration (AB/2 = 70 m to 125 m) on the glacier and cryokarst (Fig. 3).

On the glacier (sounding 1) the interpretation gives at least 20 m of ice with a resistivity of $4.10^6 \Omega m$.

On the cryokarst (sounding 2) under an ice-free layer of 3 m ($7.000 \Omega m$), we find a thick ice layer (35 m) with high resistivity ($1.10^6 \Omega m$). This ice is the massive glacier ice visible near the surface along the outburst conduit. Deep runoff can take place in or under this mass of ice.

At the snout of the cryokarst (sounding 3) the structure appears more complex, with three layers: a free ice layer thick of 2.5 m ($4.000 \Omega m$), lenses of ice (no value for the resistivity: oversteepening effect), then a thick layer (more than 40 m - $150.000 \Omega m$) corresponding to ice-cemented sediments.

Discussion

According to these preliminary results, the most probable structure of the Chauvet cryokarst would include 35 m of massive glacial ice above at least 40 m of ice-cemented material lying in a large overdeepening. With these different kinds of ice such a large hollow (1.5 km) many outlets are possible for water: intraglacial, as in the outburst conduit, on the calcareous bedrock with karst phenomena, etc.

The easiest place for the water to be held is the contact between the basal glacier ice and the ice-cemented sediments.

As in the case of the outburst of lake number 3 Gruben (Wallis - Haerberli, 1992), the mixture of buried glacial ice and frozen sediments is an efficient barrier to the glacial melt runoff which then makes its way by progressive channel enlargement causing outbursts comparable to those of Chauvet in volume and discharge ($200.000 m^3 / 50.000 m^3 - 15 m^3 s^{-1} 12 m^3 s^{-1}$).

With such thick ice layers and internal structure recurrent outbursts can be expected for a long time at the Chauvet cryokarst.