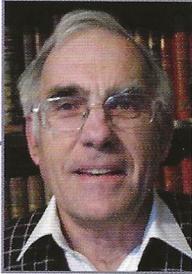


LES TROUS À GLACE DE LA CHAÎNE DES PUYs



JEAN-PIERRE COUTURIÉ,
Géolog, Maître de conférences honoraire
à l'Université Blaise Pascal de Clermont-Ferrand

Il s'agit d'une des curiosités remarquables de l'Auvergne : de la glace s'observe à une altitude voisine de 800 m dans des dépressions naturelles jusqu'au milieu de l'été.

Ces trous à glace ou glaciers naturels, figurent en deux endroits sur la carte volcanologique de la Chaîne des Puy : sur la Cheire de Côme, environ 1 km à l'est de Banières et sur la Cheire des puy de la Vache et Lassolas, 1 km à l'ouest du lac de la Cassière. Leur nombre est variable selon la saison, la rigueur de l'hiver passé et la perspicacité des observateurs.

HISTORIQUE

La plus ancienne mention d'un trou à glace dans la Chaîne des Puy remonte au XVII^{ème} siècle. Elle est due à un voyageur allemand, Abraham Golnitz, originaire de Dantzic qui signale en 1631 l'existence, dans la montagne de Côme, d'une *cave de glace, fontaine vraiment remarquable, dont l'eau est toujours gelée au mois de juillet et d'août et chaude en hiver.*

La carte de la Haute et Basse Auvergne, du Père jésuite Amable de la Fretat (1614-1683), indique près de Banières, probablement au même endroit, *une source glacée en été, chaude en hiver.*

Un siècle plus tard, ces indications sont reprises dans un ordre inversé sur la carte de Cassini

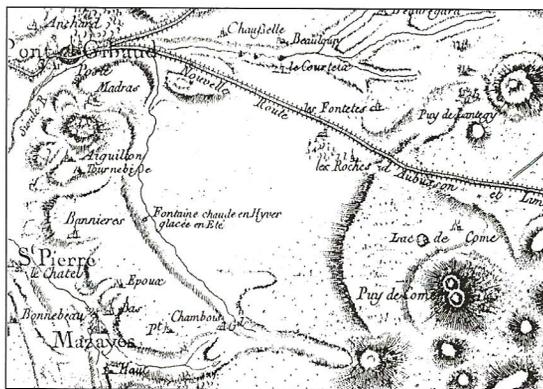


Fig. 1 - Carte de Cassini

Le site de la glacière naturelle de Banières ou de Tournebise, qui était sans doute la plus remarquable, a été profondément modifié vers 1840 en vue de son utilisation industrielle. A cette date, d'après A. Tardieu (1882), le Comte de Pontgibaud autorisa la société fromagère à capitaux lyonnais, dite de Salinas, à faire d'importants travaux de recherches et d'aménagement. Des sommes importantes (plusieurs centaines de milliers de francs) furent dépensées pour agrandir la dépression naturelle et y construire, à 6 m de profondeur, deux caves voûtées associées à plusieurs bâtiments actuellement en ruine.

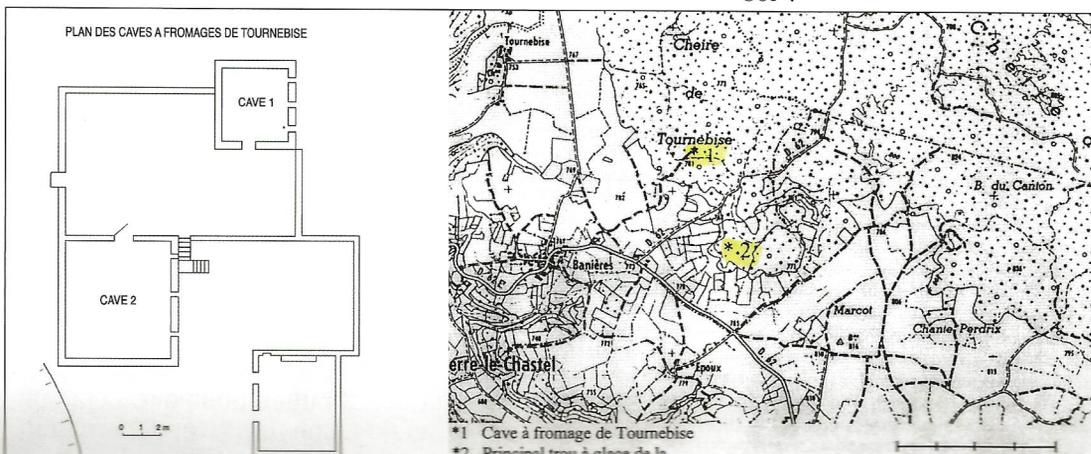
Malgré d'excellents résultats sur la qualité des fromages, la société dut rapidement cesser son activité en raison d'une mauvaise gestion. La reprise des installations par le comte César de Pontgibaud, à partir de 1848, assura pendant plusieurs décennies la réputation du « Bleu de Pontgibaud » qui séjournait entre trois et six mois dans l'atmosphère réfrigérante des caves.

H. Lecoq, dans les Epoques géologiques (1867), signale de la glace, observée le 12 août 1838, dans plusieurs entonniers de la Cheire de Côme et dans les caves à fromage de Banières. Il attribue sa formation à « des courants d'air froids qui s'échappent de la lave », sans plus d'explications.

Ph. Glangeaud (1901 et 1913) attribue la formation de la glace au froid résultant de l'évaporation de l'eau.

Cette origine, encore de nos jours couramment admise (R. Jouanisson, 1998), est déjà contestée en 1941 par Lepape et Colange, en raison de l'absence de mouvement de l'air qui est d'autre part saturé en humidité. Pour eux, le refroidissement serait dû au rayonnement nocturne.

Dans la Dépêche du parc des Volcans, J.L. et P. Rigaud publient en juin 1988 une étude, basée sur des observations répétées au cours de l'année 1982. La congélation de l'eau, déposée dans divers récipients, n'a pas été observée durant l'été dans les trous à glace. Celle-ci se formerait donc à la fin de l'hiver en raison « d'un décalage des saisons dans le sous-sol ».



En avril-juin 2000, à mon initiative, dans le cadre d'un mémoire de fin de maîtrise à l'Université Blaise Pascal, Vincent Farlay a effectué des observations sur les deux cheires, ainsi que des expériences sur l'importance du refroidissement causé par l'évaporation de l'eau dans un courant d'air. Une interprétation voisine de la précédente est proposée.

PARTICULARITÉS DES CHEIRES

Ce terme local désigne la surface rocailleuse des coulées les plus récentes dans la chaîne des Puys. Tous les auteurs s'accordent pour décrire une surface extrêmement chaotique, de parcours très difficile, compliqué par l'abondance de la végétation. Les cheires sont parsemées de dépressions naturelles atteignant une dizaine de mètres de profondeur et, de monticules formés par l'accumulation de blocs de laves plus ou moins scoriacés. De multiples cavités interconnectées existent en profondeur : espaces libres entre les blocs disjoints par la progression de la coulée ou fractures des parties les plus massives. Cette structure caverneuse facilite la circulation de l'air et des eaux d'infiltration.

CLIMATOLOGIE

Pour une altitude d'environ 800 m, la température annuelle moyenne, qui varie peu dans le sous-sol, est voisine de 9 °C. En réalité, elle pourrait être légèrement plus basse à cause de la végétation très développée :

- arbres : bouleaux, noisetiers, résineux, masquant le soleil en été ;

- épaisse couverture de mousse humide entraînant un refroidissement par évapotranspiration.

Les dépressions constituent des pièges à neige en hiver, et des pièges à air froid en toutes saisons. Les mesures de températures réalisées en été dans les trous à glace montrent l'existence d'une stratification de l'air, avec un fort gradient vertical de température

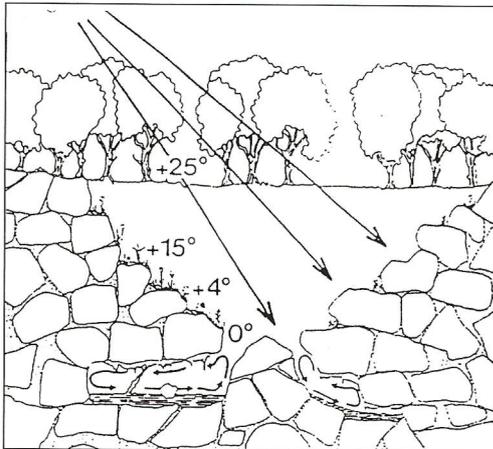
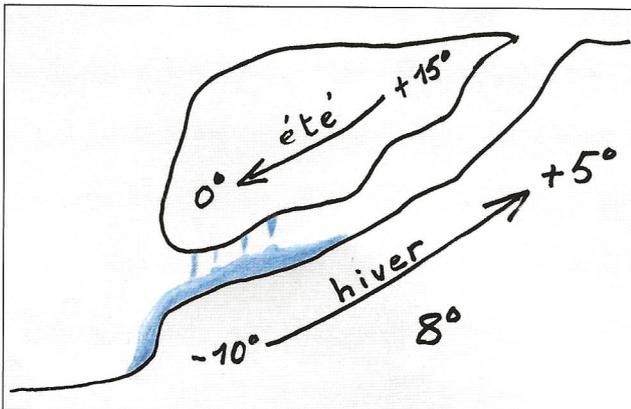


fig. 4 - Schéma du trou à glace de Banières, d'après J.L. et P. Rigaud

La relative stabilité de la température du sous-sol explique l'importance des courants d'air souterrains, observés entre des ouvertures d'altitudes différentes.

Ces mouvements d'air s'inversent en fonction de la température extérieure : courant d'air ascendant en hiver (l'air extérieur se réchauffant sous terre) et descendant en été.



En cette saison, un air très froid s'échappe de certains orifices et s'écoule dans les *vallées glacées*, autre particularité des cheires.

Comme pour le tirage d'une cheminée, la pression motrice qui détermine l'intensité du courant d'air souterrain est proportionnelle :

- d'une part à l'écart des températures externe et interne qui déterminent la différence des densités du gaz ;

- d'autre part à la différence d'altitude entre les deux extrémités du conduit souterrain.

Particularités de l'eau

L'eau possède des propriétés thermodynamiques étonnantes et même anormales. Elles s'expliquent par la polarité électrique de sa molécule qui entraîne une forte liaison hydrogène intermoléculaire.

Sa chaleur massique est très élevée (1 cal /g à 0°C ou 4,18 kJ/kg ; 0,5 cal /g pour la glace). Par comparaison, celle d'une roche est 5 fois plus faible.

Les changements d'états font intervenir de grandes quantités d'énergie :

- chaleur latente de fusion de la glace : 80 cal/g ;

- chaleur latente de vaporisation : 538 cal/g, soit presque sept fois plus.

Théoriquement, le froid produit par l'évaporation d'une masse d'eau devrait permettre d'en congeler une quantité sept fois plus grande. L'interprétation de Ph. Glangeaud trouve ainsi sa justification théorique.

PRODUCTION DU FROID

En 1811, un physicien écossais, J. Leslie (1766–1832) a pu obtenir de la glace par évaporation de l'eau sous vide. La réussite de l'expérience nécessite d'absorber la vapeur produite à l'aide d'un puissant déshydratant, l'acide sulfurique concentré, placé dans un récipient sous la capsule contenant l'eau.

A partir de 1862, le français F. Carré a commercialisé un appareil pour fabriquer de la glace basé sur ce principe.

Une expérience un peu différente se réalise dans le cryophore de H. Wollaston (1766–1828), physicien britannique.

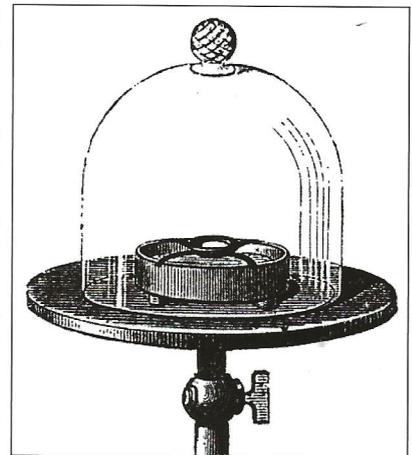


Fig. 6 - Expérience de Leslie

Un tube en verre, doublement coudé et terminé par deux boules contient un peu d'eau. Avant de sceller le tube, l'ébullition de l'eau a permis d'obtenir un vide relatif. On plonge la boule vide dans un mélange réfrigérant pour fixer la vapeur par sublimation inverse, et l'eau contenue dans l'autre boule se congèle par évaporation.

L'alcarazas est un vase en terre poreuse qui permet d'obtenir de l'eau fraîche par simple évaporation, à la pression atmosphérique, d'une faible partie de son contenu.

Pour apprécier l'ampleur de cet abaissement de température, Vincent Farlay a réalisé des mesures sur diverses substances poreuses imbibées d'eau et placées dans un courant d'air de 0,03 m/s produit par un petit ventilateur, à la température ambiante de 24°C.

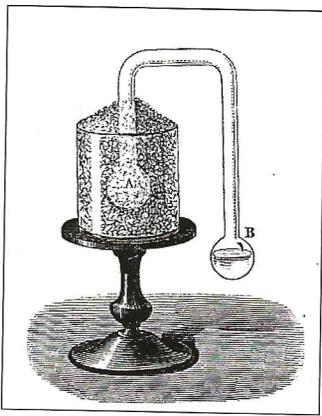


Fig. 7 Cryophore de Wollaston

Un thermomètre, placé dans le milieu imbibé d'eau à la même température initiale, a donné les résultats suivants :

■ coton hydrophile
abaissement de 5°C après 20 minutes ;

■ tissu replié en forme de mèche, 8,4°C après 12 minutes

■ mousse provenant d'un trou à glace : 7,8°C après 10 minutes.

Avec un ventilateur plus puissant (vitesse de l'air : 1m/s), un abaissement de

8,8°C a été obtenu au bout de seulement 6 minutes dans le tissu replié.

Ce refroidissement par évaporation forcée reste insuffisant pour permettre l'obtention de glace en été. Cependant l'évapotranspiration des végétaux ombrophiles joue probablement un rôle non négligeable dans le microclimat des glacières naturelles et retarde la fusion de la glace.

CARACTÈRES GÉNÉRAUX DES TROUS À GLACE

La glace est visible au fond de certaines dépressions de 5 à 10 m de profondeur, ombragées et tapissées de mousse. Plus précisément elle se trouve dans de petites cavités annexes, entre les blocs de lave.



Fig. 8 - Stalactites de glace de Banières (16/06/2006, photo JPC)

Leur diamètre ne dépasse pas quelques dizaines de centimètres. On découvre quelquefois la glace sous un amas de feuilles mortes qui constitue une couverture isolante.

Au fond de la dépression contenant de la glace, la température de l'air est proche de 0°C.

A Banières, le 8 juin 2000 elle était de 0,3 °C ; 6,3° à + 1,5 m ; 10,8° à + 3 m et 14° à + 5 m avec une température d'une vingtaine de degrés à la surface de la Cheire.

Ces chiffres sont voisins de ceux relevés par J.L. et P. Rigaud en juillet 82 au même endroit. (Voir fig. 3)



Fig. 9 Stalactites de glace de Banières (16/06/2006, photo JPC)

Dans les dépressions voisines, apparemment dépourvues de glace, on est saisi par la basse température et par le courant d'air froid (4 à 6° C, avec une hygrométrie de 70 à 90 %) qui s'échappe de certaines ouvertures.

La quantité de glace visible peut atteindre plusieurs dizaines de kilos, et la masse glacée paraît se prolonger dans les parties inaccessibles. Elle se présente sous la forme d'amas recouvrant le plancher ou les parois de la cavité avec souvent des stalactites et des stalagmites évoquant la congélation des eaux d'infiltration. (Voir fig. 9)

Dans tous les cas, la glace fond très progressivement et disparaît totalement avant la fin de l'été.

Dans l'ancienne cave à fromages, de la glace se forme aussi dans les conduits naturels situés en arrière des étroites ouvertures de ventilation par lesquelles s'échappe, après l'hiver, un courant d'air très froid.

ORIGINE DE LA GLACE

La glace observée dans les trous à glace et dans les caves de Tournebise provient de la congélation hivernale de l'eau d'infiltration. Cet englacement se produit, quand la température extérieure devient fortement négative, sous l'influence de l'air très froid qui stagne dans les dépressions. Un courant d'air souterrain ascendant s'établit alors dans les cavités à plusieurs mètres à partir de l'ouverture inférieure et aussi un refroidissement de la masse rocheuse.

Quand la température extérieure devient supérieure à celle du sous-sol, le courant d'air s'inverse et la glace fond, en commençant par l'intérieur, la partie visible étant la dernière à disparaître. (Voir fig. 5)

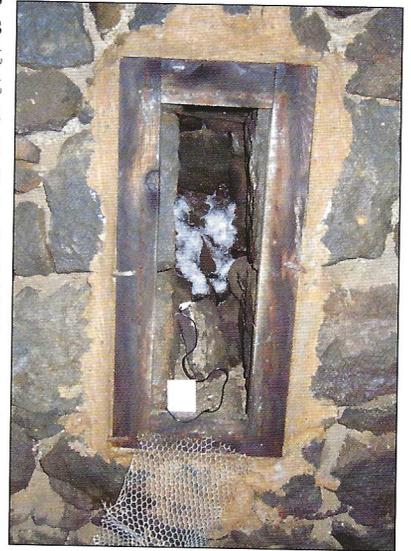


Fig. 10 - Glace dans un conduit d'aération de la cave de Tournebise (16/06/2006, photo JPC)

BIBLIOGRAPHIE

EARLAY V. (2000) - Les trous à glace des cheires de Côme et d'Aydat, travail d'étude et de recherche en maîtrise des sciences de la terre, université Blaise Pascal, 20 p (inédit).

GLANGEAUD Ph. (1913) - Les régions volcaniques du Puy-de-Dôme, tome II, la chaîne des Puys, Librairie polytechniques, Ch Béranger éd.

GUILLEMIN A. (1884) - Le monde physique, tome IV : la chaleur, librairie Hachette.

FIGUIER L. (1880) - Les merveilles de l'industrie ; Furne, Jouvet et Cie éditeurs.

JOUANISSON R. (1998) - Les glacières naturelles, Auvergne Sciences, bulletin de l'ADASTA, n° 42

LECOO H. (1867) - Les époques géologiques de l'Auvergne, tome V, Baillièrre et fils à Paris

LEPAPE et COLANGE (1941) - Comptes rendus de l'Académie des Sciences, Paris

RIGAUD J.L. et P. (1988) - Les trous à glace de la cheire de Côme, dépêche du Parc des Volcans d'Auvergne, n° de juin.

TARDIEU A. (1882) - Pontgibaud en Auvergne : la ville, le château, le comté, les mines. (réimpr. 1992), 144 pages.