

BULLETIN
DE LA
SOCIÉTÉ VAUDOISE
DES
SCIENCES NATURELLES

publié sous la direction du Bureau

PAR

FÉLIX ROUX



LES FLAQUES D'EAU LIBRE
DANS LA GLACE DES LACS GELÉS

par **F.-A. FOREL.**

LAUSANNE

LIBRAIRIE F. ROUGE, RUE HALDIMAND.
LIBRAIRIE DE L'UNIVERSITÉ

—
1898

BULLETIN
DE LA
SOCIÉTÉ VAUDOISE
DES
SCIENCES NATURELLES

publié sous la direction du Bureau

PAR

FÉLIX ROUX



4^e S. — Volume XXXIV

Ce volume contient les Bulletins N^{os} 127, 128, 129, 130
publiés en 1898.



LAUSANNE
LIBRAIRIE F. ROUGE, RUE HALDIMAND.
LIBRAIRIE DE L'UNIVERSITÉ

—
1898

LES FLAQUES D'EAU LIBRE DANS LA GLACE DES LACS GELÉS

par F.-A. FOREL.

Dans la séance du 4 mai 1898 de la Société vaudoise des Sciences naturelles, j'ai introduit une question d'intérêt spécial, très pressant pour les riverains des lacs qui sont pris par les glaces de l'hiver : Pourquoi, quand un lac gèle, certaines places restent-elles libres de glaces, ou se congèlent-elles les dernières ? Pourquoi, en certaines parties, la glace est-elle plus mince et par conséquent plus dangereuse pour les patineurs ? Le souvenir des nombreuses victimes que les lacs de Bret et de Joux ont faites presque chaque année, souvenir particulièrement poignant pour les professeurs de l'Université de Lausanne qui ont ainsi perdu le plus aimé de leurs jeunes collègues, nous impose d'éclaircir ce problème.

Prenons nos exemples dans le lac de Joux ; des faits similaires seraient observés dans chaque lac de congélation facile.

Quand le froid est vif, par une nuit sereine à puissante radiation, le lac se prend rapidement, presque d'un seul coup. C'est ordinairement après un temps de bise, par la partie sud occidentale du lac de Joux, du côté du Sentier, que la congélation commence ; elle s'étend bientôt jusqu'à la région de l'Abbaye et du Pont, mieux abritée, où il reste, comme nous le verrons bientôt, pendant assez longtemps, quelques flaques d'eau libre, à l'origine du canal entre deux lacs.

Dans les hivers doux, au contraire, comme l'hiver de 1897-98, la congélation est plus lente, plus irrégulière, et l'on peut voir, au milieu du lac, pendant des jours et des semaines, des espaces limités, de quelque cinquante ou cent mètres de diamètre, où la glace ne se forme pas, ou tarde à se produire. Quand ces places ont été tardivement prises par la gelée, l'épaisseur de la lame cristalline y est plus faible que sur le reste du lac ; elles

sont dangereuses ou fatales pour le patineur qui n'est prévenu par aucun signe extérieur du péril qui le menace.

De là le nom de « mauvaises places » par lequel je les ai entendues désigner. Le 26 décembre 1897, pendant que le lac Brenet avait déjà une glace épaisse de 18 centimètres, il y avait sur le lac de Joux, congelé sur les neuf dixièmes de son étendue, deux ou trois flaques d'eau libre, devant la Roche-l'endue, devant l'Abbaye, devant le Pont; ces places étaient rendues visibles de loin par les bandes noires de canards sauvages, qui, dans le mirage, y prenaient des apparences fantastiques. Plusieurs rapports m'apprennent que quelques-unes de ces flaques d'eau vive sont restées libres pendant tout le mois de janvier: le 30 janvier, M. S. Aubert en voyait encore deux, marquées par la présence des canards.

Une de ces places avait été récemment prise par la glace, quand, le 23 janvier 1898, le professeur Jacques Berney et ses compagnes la traversèrent en patinant et rompirent la glace qui n'avait que trois centimètres d'épaisseur. Et pourtant pendant tout le mois de janvier la glace s'était accrue sur le reste du lac, gelé depuis la fin de décembre; le 29 janvier, M. S. Aubert y a mesuré des épaisseurs de glace de 15, de 25, de 30 centimètres.

Des faits analogues se voient sur tous les lacs gelés et y causent les mêmes accidents. Quelle en est la cause? Plusieurs explications ont été proposées.

L'existence de sources surgissant au fond du lac et amenant à la surface des eaux relativement chaudes. Ces sources devraient être très chaudes pour être plus légères que l'eau à 0° et pour venir s'étaler à la surface; le maximum de densité de l'eau douce étant à 4°, elles devraient avoir plus de 8°. Ce n'est pas le cas pour les sources de la vallée de Joux dont la température constante est entre 6° et 7°, la température invariable du sol profond à la haute altitude de la région, 1010 mètres et plus. Puis le lieu d'émergence de telles sources serait toujours le même; il serait désigné par la présence de brouillards pendant la saison froide; enfin, ces sources seraient connues des pêcheurs qui verraient les poissons s'y rassembler pour y chercher des eaux fraîches en été, chaudes en hiver. Ces caractères manquent aux mauvaises places du lac de Joux.

On a attribué les trous de la glace des lacs à des éruptions de gaz (gaz des marais, méthane), venant faire bulle à la surface de l'eau. Ainsi, dans le lac d'Alpnach, en 1891, « M. le di-

recteur Winkler signale l'existence de nombreuses sources chaudes, de sources de gaz des marais, nommées par le peuple *Kochbrunnen*, sources bouillantes; elles ont plus ou moins d'importance; les plus fortes, au nombre d'une dizaine, ont dominé la grande période de froid et n'ont pas été prises par la glace. Ces sources sont surtout localisées vers la rive occidentale, quelques-unes vers la rive orientale, quelques-unes enfin au milieu du lac. Ces dernières sont moins puissantes, et les trous qu'elles produisent ont tous été gelés¹. Les trous dus à l'éruption de gaz sont toujours de petites dimensions.

On a invoqué l'action de courants d'air descendant sur le lac par certaines gorges et ravins des montagnes. L'inconstance des vents et brises pendant la longue durée de la congélation d'un lac, la localisation variable des mauvaises places, différente d'une année à l'autre, nous défendent de chercher une explication dans cette direction.

Les matières grasses, apportées par les affluents, qui éteignent à la surface du lac les vagues et rides du vent, sur des espaces irréguliers, mobiles, qu'on appelle des « taches d'huile », seraient-elles un obstacle à la congélation? Auraient-elles un pouvoir émissif thermique plus faible que celui de l'eau pure et la congélation y serait-elle plus réduite. Quelques expériences faites à ce sujet² nous ont montré que cette action est d'effet minime et ne saurait expliquer les faits observés.

Des mauvaises places sont souvent localisées devant l'embouchure des affluents ou au lieu d'origine de l'émissaire. Au lac de Joux, il y en a quelquefois à l'embouchure de l'Orbe ou du ruisseau de la Lyonne; au lac Brenet, à l'entrée et à la sortie du canal, entre deux lacs. Je me rappelle en avoir vu une fort grande, en janvier 1880, à l'embouchure du ruisseau de Küssnacht au lac de Zurich. Geistbeck³ dit que le fait est constant et il cite le

¹ X. Arnet, *Das Gefrieren der Seen in der Zentralschweiz*, p. 20. Luzern, 1897.

² J'ai fait construire un bassin de zinc, divisé par une cloison partielle verticale en deux parties égales, communiquant librement par le bas : J'y ai versé de l'eau pure, et après avoir étalé une goutte d'huile d'olives sur l'une des deux moitiés, j'ai exposé l'appareil à la forte radiation d'une belle nuit d'hiver. Je n'ai pas su reconnaître de différence entre l'épaisseur de la couche de glace formée dans l'eau vive et celle de l'eau recouverte de la couche d'huile.

³ X. Arnet, loc. cit., p. 45.

chenal d'eau libre qui, partant de l'embouchure de la Loisach, s'étend entre Schlehdorf et Kochel, quand le lac de Rohr est gelé. Des places d'eau libre ont été signalées à l'embouchure du Rhin et de l'Argen au lac de Constance, à l'origine des émissaires du Bodan et de l'Ammer. Richter ¹ regarde le phénomène comme constant à l'embouchure des ruisseaux dans les lacs.

Le courant des ruisseaux n'empêche pas toujours la congélation. C'est ce qui nous est affirmé par les observations du lac de Joux. En voici, d'autre part, un exemple précis tiré de la congélation du lac des Quatre-Cantons en 1891 : « L'embouchure de l'Aa à Buochs n'arrête pas longtemps la congélation; la glace se forme bientôt et très près de l'eau courante ². »

A quelle action doit-on attribuer le retard de la congélation à l'embouchure des affluents ? Richter a fort justement montré que ce ne pouvait être dû à la température plus élevée de l'eau dans l'affluent que dans le lac; en effet, dans les basses températures, l'eau plus chaude est plus dense que l'eau plus froide; elle doit donc descendre dans le fond et non s'étaler à la surface.

Richter voit dans le retard de la congélation l'effet du courant qui agite l'eau et l'empêche de se geler; Geistbeck attribue de même à l'agitation de l'eau la non congélation des embouchures d'affluents. Je suis aussi de cet avis, mais je tiens à mieux préciser mon opinion. L'agitation proprement dite de l'eau, les vagues déterminées par le courant du ruisseau affluent ou de l'émissaire qui sort du lac, sont presque nulles et s'étendent fort peu loin; leur effet est minime. Ce qui empêche la congélation, c'est le réchauffement de l'eau de la surface par le mélange avec les couches sous-jacentes plus chaudes; ce mélange est causé par les tourbillons latéraux du courant. Tout courant implique en effet une différence de vitesse entre les diverses veines d'eau qui se déplacent parallèlement, celle de l'axe marchant plus vite que les veines latérales arrêtées par les frottements contre la rive, de terre ou d'eau; ces différences de vitesse causent des tourbillons à axe vertical, doués d'un mouvement de rotation de la rive vers le milieu du courant, dans la moitié aval de la circonférence. Ces tourbillons amènent le mé-

¹ Ed. Richter, *Seestudien*, Wien 1897, p. 52.

² A Geistbeck, *Die Seen des deutschen Alpen*, Leipzig 1885, p. 11.

lauge des couches d'eau superposées, et par conséquent le réchauffement des eaux de la surface.

Ainsi s'expliquent les bandes d'eau libre à l'embouchure des affluents et à l'origine des émissaires, entre autres, au lac de Joux, les flaques d'eau à l'origine, dans le lac de Joux, du canal entre deux lacs et à son entrée dans le lac Brenet. C'est encore l'explication de la grande voie d'eau libre dans le port de Genève quand celui-ci se congèle par un temps calme¹. Mais cela ne rend nullement compte des flaques d'eau libre qui persistent dans la glace au milieu du lac de Joux.

Nous avons jusqu'à présent admis comme possible l'existence de trous formés par des bulles de gaz faisant éruption continue en un point précis du sol du lac, l'existence de flaques d'eau libre maintenue par une source d'eau très chaude surgissant dans le fond du lac; le retard de congélation localisé à l'embouchure d'un affluent ou à l'origine de l'émissaire, par le fait du courant. Rien encore dans ce qui a été dit n'explique la présence de flaques d'eau libre, persistant pendant des semaines et des mois au milieu d'un lac gelé, en un point quelconque, différent d'une année à l'autre.

L'hypothèse à laquelle nous arrivons, par exclusion des autres interprétations proposées, est que les flaques d'eau libre seraient dues à la présence des bandes de canards et autres palmipèdes sauvages; ces volatiles, par les mouvements continuels de leurs pattes et de leurs ailes, maintiennent l'eau en état d'agitation, mélangent les eaux de surface avec les couches sous-jacentes plus chaudes, empêchent, lorsque la gelée n'est pas trop intense, la formation de la nappe glacée. Sitôt que le lac est pris dans son ensemble, ils reviennent toujours à la place où, dans la première nuit de la congélation, ils ont maintenu l'eau libre, et ils conservent cette mare d'eau vive jusqu'à ce qu'ils en soient expulsés par une gelée assez violente pour dépasser leurs moyens de lutte contre la glace.

Voici à ce sujet ce que je trouve dans Buffon: « Il y a une saison où l'on voit les cygnes se réunir et former une sorte d'association républicaine pour le bien commun; c'est celle des grands froids. Pour se maintenir au milieu des eaux, dans le temps qu'elles se glacent, ils s'attroupent et ne cessent de battre

¹ Vide: F.-A. Forel, *Le Léman*, Lausanne 1895, II, 888.

l'eau de toute la largeur de leurs ailes, avec un bruit qu'on entend de fort loin et qui se renouvelle avec d'autant plus de force dans les moments du jour ou de la nuit que la gelée prend avec plus d'activité; leurs efforts sont si efficaces qu'il n'y a pas d'exemple que la troupe des cygnes ait quitté l'eau dans les plus longues gelées, quoiqu'on ait vu quelquefois un cygne seul et écarté de l'assemblée générale pris par la glace au milieu des canaux ¹. (Note de M. Grouvelle ².)

Et encore: « Je crois, dit Baillon, que les Millouins appartiennent au nord. Les miens restaient dans l'eau pendant la nuit, même lorsqu'il gelait beaucoup; ils s'y agitaient assez pour empêcher qu'elle ne se glaçât autour d'eux ³. »

Voici sur le même sujet une note de M. Eug. Delessert-de Mollins: « Je vous relaterai les observations que j'ai eu l'occasion de faire jadis sur certains canaux de la Hollande et aussi dans le département du Nord (France), et cela durant plusieurs années consécutives. Les grands jardins du parc de Barbicux, à Roubaix, sont ornés de pièces d'eau; presque chaque hiver j'étais frappé de voir que les charmants volatiles qui animent ces étangs n'étaient pas obligés de quitter le lieu de leurs ébats et continuaient d'évoluer sur un espace que la nature leur laissait libre, malgré l'inclémence du temps et l'envahissement de la glace sur tout le reste de l'étang. Cet espace était plus ou moins circonscrit, suivant la rigueur de l'hiver, et je remarquais que la surface en devenait plus restreinte à mesure que le froid augmentait; cependant, il leur restait toujours suffisamment de place pour ne pas être gênés dans leurs mouvements. Notez que la glace était alors épaisse de 20 à 25 cm., parfois même davantage, et qu'elle supportait les centaines de patineurs qui y prenaient leurs ébats. Les rebords s'épaississaient à tel point qu'ils formaient de véritables bourrelets, qui augmentaient de volume par suite de l'eau rejetée sur les bords de l'espace libre, grâce aux ébats des cygnes et des canards... Ces flaques d'eau ne se trouvaient pas chaque année à la même place. Signalons encore

¹ Le fait de la prise par la glace d'un cygne isolé a été observé dans le port de Morges le 13 janvier 1878. Dans cette nuit, le thermomètre sur le sol était descendu à — 14.5°.

² Buffon, article Millouin.

³ Buffon, article Cygne.

l'existence de deux espaces vacants dans la même étang; cela provient sans doute de ce que nos palmipèdes, avant d'être surpris par l'arrivée du gel, s'étaient séparés momentanément en deux bandes, ou bien avaient élu domicile, depuis un certain temps, dans des localités distinctes du petit lac ¹. »

J'ai fait moi-même des observations analogues à celles de M. Delessert sur les lacs du Bois de Boulogne, à Paris, en janvier 1864.

Donc, dans un étang, les cygnes, canards et autres palmipèdes, savent garder, souvent pendant des jours et des semaines, une place d'eau libre au milieu de la glace qui envahit le reste du bassin. Pourquoi n'en serait-il pas de même dans nos lacs? Des observations ultérieures et la communication des observations du passé que je demande aux riverains des lacs gelés, nous diront si cette supposition est plausible, et si elle suffit à expliquer les faits que nous voudrions arriver à comprendre.

¹ Eug. Delessert, in litt., 11 mai 1898.