

## CHAPITRE X

### LA GLACE ET SON ŒUVRE

Quoique, dans le dernier chapitre, nous ayons circonscrit notre étude à l'action de la pluie et des rivières, on se tromperait grandement si l'on supposait que ce sont là les seuls agents de dénudation. La pluie et les rivières sont sans contredit de puissants instruments de destruction, mais elles accomplissent une œuvre bien plus considérable avec le concours de la gelée. Les faces d'une roche dure peuvent être exposées à découvert à l'action de la pluie pendant des années sans souffrir aucun changement notable : l'eau peut remplir les pores et les fissures de la roche, mais, à moins que les éléments minéraux en soient aisément décomposés, elle ne creusera son chemin dans la pierre qu'avec une extrême lenteur. Que si une gelée se produit, les conditions sont entièrement changées, un nouvel élément de destruction entre en jeu. L'eau dont la roche est chargée se congèle sous forme de glace, et, pendant sa solidification, tend à se dilater, comme on l'a expliqué dans un précédent chapitre. Les pores et les fentes de la roche où séjourne l'eau résistent à cet effort ; mais les molécules en se congelant se repoussent les unes les autres dans toutes les directions avec une force telle que le roc le plus dur est forcé tôt ou

tard de céder à la pression. La roche finit par se fendre exactement comme une conduite d'eau éclate pendant une gelée. Des fragments de pierre, souvent de dimensions considérables, ainsi fendus et séparés de la roche, n'attendent pour s'ébouler que le dégel suivant, de même qu'on voit après une forte gelée le stuc dont un mur est enduit s'écailler et tomber. Mais il ne faut pas oublier que la gelée mérite bien du fermier en ouvrant les terrains les plus durs. Un sol résistant se relâche après le dégel et subit ainsi aisément l'action des autres agents de dénudation.

Outre la force mécanique déployée par l'eau durant la congélation, la glace coopère d'autres manières encore à la dégradation de la terre. Dans un pays de climat tempéré, comme celui de la Grande-Bretagne ou de la France, l'action de la glace est extrêmement faible ; cependant on ne laisse pas de l'observer même dans le bassin de la Tamise. On a expliqué au chapitre IV que quand on abaisse la température d'une certaine quantité d'eau, cette eau diminue de volume comme toutes les autres substances ; mais son volume ne diminue que jusqu'à une certaine température. En effet, quand l'eau est réduite à 4° Cent. (39° Fahr.)<sup>1</sup>, ses molécules sont plus serrées qu'à aucune autre température, en sorte que, soit qu'on élève la température au-dessus de ce point ou qu'on l'abaisse au-dessous, on produit exactement le même effet : le volume du liquide augmente. On dit donc qu'à

1. Le thermomètre dont on se sert généralement en Angleterre est gradué selon une méthode imaginée par Daniel Gabriel Fahrenheit, qui, natif de Dantzic, se fixa à Amsterdam au commencement du siècle dernier et devint un célèbre fabricant de thermomètres. Dans l'instrument de Fahrenheit, la distance entre les points de congélation et d'ébullition des l'eau est divisée en 180 parties égales ou degrés et le zéro ou point de départ de l'échelle est placé arbitrairement à 32 degrés au-dessous du point de congélation.

4° Cent. l'eau a son *maximum de densité*. C'est ce qu'on peut aisément constater en reproduisant une vieille expérience imaginée à l'origine par le docteur Hope. Introduisez (fig. 41), en les plaçant à des niveaux différents, deux thermomètres dans un vase cylindrique plein d'eau et refroidissez l'eau en entourant de glace la partie centrale du vase. En se refroidissant, l'eau devient plus dense et est donc entraînée vers le fond, en sorte que le thermomètre *inférieur* s'abaisse jusqu'à 4° Cent. Un abaissement plus considérable de température *dilate* l'eau au lieu de la resserrer, et en conséquence l'eau froide s'élève,

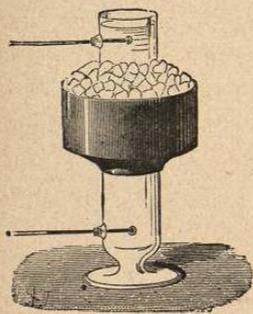


FIG. 41 — Expérience de Hope sur la contractibilité de l'eau.

en sorte qu'à son tour le thermomètre *supérieur*, jusque-là presque absolument stationnaire, commence, puis continue à s'abaisser, jusqu'à ce qu'il atteigne, comme le thermomètre inférieur, 4° Cent. La masse entière de l'eau est alors à son maximum de densité, et si l'on pousse plus loin l'abaissement de température, elle se dilate, l'eau froide devient spécifiquement plus légère et s'élève à la surface. Le thermomètre supérieur descend graduellement jusqu'au point de congélation. Cette expérience est une reproduction approximative de ce qui se passe dans une pièce d'eau, dans un lac, par exemple; la surface se congèle tandis que les couches d'eau les plus voisines du fond conservent une température supérieure de plusieurs degrés.

Au moment où la congélation se produit, quand les molécules d'eau travaillent à se disposer et à se grouper en quelques-unes de ces formes cristallines que nous

avons notées au chapitre IV, il y a un accroissement de volume bien plus considérable que celui que nous venons de décrire.

La glace, étant ainsi relativement beaucoup plus légère que l'eau, flotte à sa surface. Cependant il y a certaines circonstances dans lesquelles la glace peut réellement se former au fond d'un cours d'eau et y rester quelque temps. On peut être témoin parfois de la formation de cette *glace de fond* dans certaines parties du cours d'un fleuve.

Le Dr Plot, le premier conservateur de l'*Ashmolean Museum*, à Oxford, publia en l'année 1677 son ouvrage célèbre sur l'Histoire naturelle de l'Oxfordshire; il y fait allusion à la congélation de la Tamise dans les termes suivants : « Je constate que tous les bateliers des environs auxquels j'ai parlé s'accordent à déclarer que la congélation de notre fleuve commence toujours par le fond, ce qui, quelque surprenant qu'il puisse paraître au lecteur, n'est ni inintelligible ni absurde. Ils conviennent tous qu'ils rencontrent fréquemment les blocs de glace venus du fond dans leur ascension même et qu'à ces glaçons adhèrent parfois en dessous des pierres et du gravier. »

Pour expliquer la formation de cette glace de fond, on a supposé que l'action du courant mêle mécaniquement la couche froide d'eau superficielle avec la couche inférieure d'eau plus chaude, jusqu'à ce que la température devienne partout uniforme; quand l'air est très froid la masse entière peut être ainsi réduite au point de congélation. La formation de glace au fond d'un fleuve est donc déterminée par la tranquillité plus grande de l'eau et par le contact de pierres que le rayonnement a refroidies jusqu'à une basse température. On trouve généralement la glace de fond sous forme de petits blocs attachés à des pierres et à des herbes, et quand la température s'élève

après le lever du soleil, ceux de ces corps qui ne tiennent pas solidement au fond sont soulevés et entraînés à la surface par la glace, exactement comme s'ils étaient soutenus par des bouchons. La glace descend alors la rivière en portant sa petite cargaison de gravier qui se déverse sur le lit du cours d'eau, quand la glace est à la débâcle ou fondue. M. J. C. Clutterbuck, qui s'est beaucoup occupé du régime de la Tamise, rapporte avoir vu « des fragments de roche, d'un poids de huit livres, soulevés du fond du fleuve par un amas de glace et emportés au fil de l'eau<sup>1</sup>. » Il y a donc ici un agent géologique qu'il ne faut point négliger, puisqu'il s'ajoute au pouvoir de transport mécanique qu'ont les rivières, en charriant lui-même de l'intérieur des terres à la mer des matières solides. Mais si l'on veut envisager pleinement l'importance géologique de la glace, il faut se détourner de ces exemples d'importance minime vers les grands spectacles que présentent les masses de glace qui se meuvent dans les régions montagneuses, sur les frontières mêmes de la France.

Quand une tempête de neige s'abat sur le bassin de la Seine, l'œuvre de la neige, en fait de dénudation, est nulle, ou presque nulle, en dehors de ce qu'elle accomplit indirectement en donnant naissance aux inondations, lorsqu'il se produit un dégel rapide. En effet la neige, en tant que neige, protège plus qu'elle ne détruit. Mais le résultat est différent dans une région montagneuse, telle que celle des Alpes suisses. La plus grande partie de la neige qui y tombe au-dessus de la limite des neiges perpétuelles, comme on l'a expliqué au chapitre IV, reste toute l'année sans se fondre; toute nouvelle chute ajoute donc nécessairement à l'épaisseur de la masse amoncelée sur le sommet de la montagne. Il est vrai que la neige s'évapore, mais l'évaporation est extrêmement lente et ne contre-

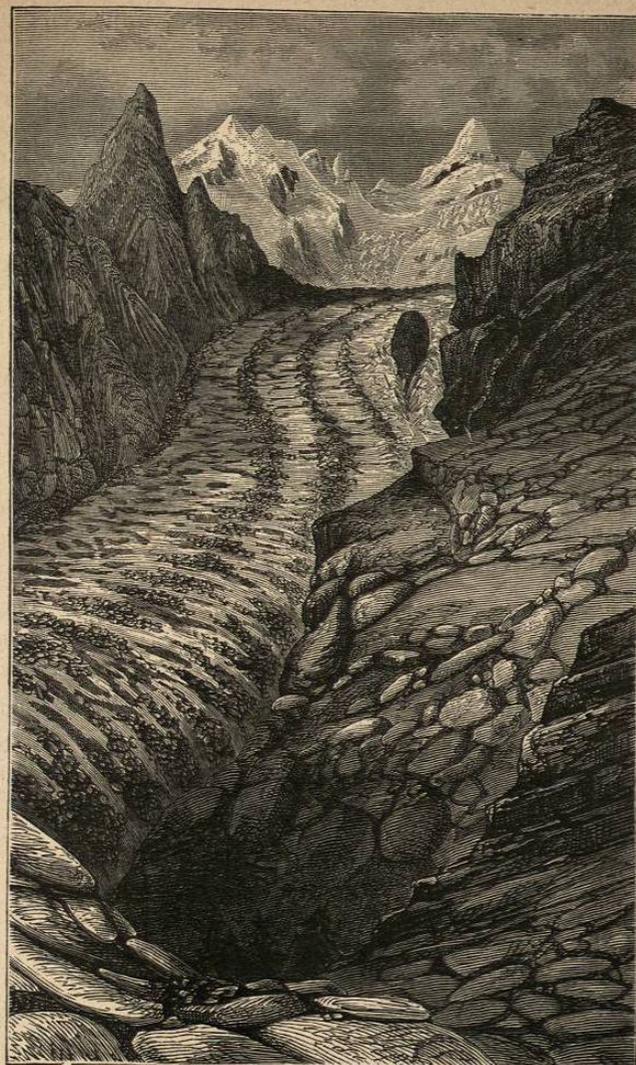


FIG. 42. — Glacière de Zermatt.

1. *Report of the Thames Commissioners. Appendice, 1866.*

balance pas, tant s'en faut, les neiges sans cesse reçues à nouveau; quoique la chaleur du soleil pendant le jour puisse fondre la couche superficielle, l'eau ainsi formée s'enfonce et se congèle dans l'épaisseur de la masse. Parfois l'amas s'allège d'un grand tas de neige qui glisse le long du flanc de la montagne en *avalanche*. Mais en général la pression de la neige entassée déverse le trop-plein, par une poussée uniforme, dans les vallées inférieures, où la masse se meut vers le bas avec une lenteur extrême. Mais elle ne descend pas sous la forme de neige blanche et opaque. On a montré dans un endroit précédent de cet ouvrage (p. 67) que la neige est blanche et opaque parce qu'il y a de l'air enfermé dans ses cristaux. Quand on roule en forme de boule une poignée de neige, une partie de cet air est expulsé et les cristaux peu serrés jusque-là commencent à adhérer les uns aux autres; on peut, en comprimant la neige fortement dans une presse hydraulique, la rendre presque parfaitement homogène et la réduire ainsi presque entièrement à la condition de glace (voir p. 180). C'est de la sorte que la pression exercée par les amas de neige dans les champs de neige des Alpes resserre les couches inférieures et les convertit plus ou moins complètement en glace. La matière imparfaitement consolidée, partie neige et partie glace, est connue en Suisse sous le nom de *névé* ou *firn*. De plus l'eau qui se produit par le dégel temporaire, sous l'action du soleil, se congèle en glace; par là et d'autre manière encore, l'eau tombée sur le sommet d'une montagne sous forme de neige blanche à texture lâche est déversée finalement dans les vallées sous la forme de glace solide. Le fleuve de glace qui sert ainsi d'écoulement aux champs de neige des montagnes est ce qu'on appelle un *glacier* (fig. 42)<sup>1</sup>.

1. Cette figure est tirée des *Études sur les Glaciers* d'Agassiz. Neuchâtel, 1840.

Quoique nous venions de parler d'un « fleuve de glace », il n'est pas facile d'admettre de prime abord qu'une matière aussi solide et aussi rigide puisse se mouvoir en aucune manière à l'instar d'un liquide. Cependant on peut aisément démontrer que le glacier se meut réellement ainsi. Fixez solidement une rangée de jalons dans la glace en travers d'un glacier et en face d'un point bien marqué, comme en A dans la figure 43, en sorte que vous puissiez connaître exactement leur position. Si vous examinez ces jalons une ou deux semaines plus tard, vous trouverez qu'ils ne sont plus en A, mais plus bas dans le glacier, par exemple en face de B. La glace a donc marché dans cet intervalle de A en B, entraînant les jalons avec elle.

On voit par cette expérience que la glace se meut réellement. Mais cette expérience révèle quelque chose de plus; on peut en effet observer que les jalons n'ont pas seulement marché vers le bas, mais qu'ils ont aussi modifié leurs positions relatives. Au lieu de former une ligne droite en travers de la glace comme en A, ils forment maintenant une courbe en B. Les jalons placés au centre de la rangée se sont plus éloignés de A que ceux des côtés et il est donc évident qu'ils ont dû se mouvoir plus rapidement. Mais comme le mouvement des jalons est dû simplement au mouvement de la glace, si les jalons du centre se meuvent plus vite que ceux des côtés, il en résulte que le centre du glacier se déplace plus vite que ses côtés. On peut faire une observation exactement semblable sur une rivière : les corps légers flottant

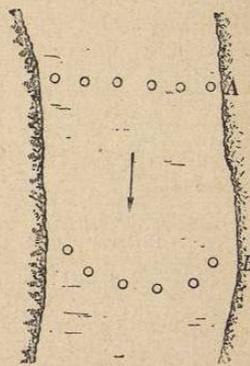


FIG. 43. — Mouvement d'un glacier.

sur un cours d'eau se meuvent comme les jalons qu'entraîne le glacier. Or il n'est pas difficile de voir pourquoi dans une rivière le courant se meut plus vite au milieu que près des bords. Les molécules d'eau les plus voisines des berges frottent les rives et par conséquent ne sont pas aussi libres dans leurs mouvements que les molécules du milieu du courant. De même le frottement contre les murailles de la roche qui se produit le long des flancs d'un glacier, force la glace à se mouvoir plus lentement sur les côtés que dans la partie médiane. En outre on sait que dans une rivière les molécules du fond glissant le long du lit se meuvent moins rapidement que celles de la surface. La glace d'un glacier agit de même. On peut donc conclure que le mouvement d'un glacier est semblable au mouvement d'une rivière. Si le glacier entre dans une gorge, il est resserré et son cours est rapide, tandis que si son lit s'élargit, il s'étale et son mouvement de translation devient plus lent. La marche d'un glacier ressemble véritablement de point en point à celle d'une rivière; le mouvement est chez les deux de même nature, mais diffère en degré, la vitesse de translation d'un glacier n'étant peut-être que de quelques centimètres ou, au plus, d'un mètre ou deux par jour. C'est ainsi que la mer de glace du Mont Blanc (figure 46) qui a 20 kilomètres de longueur sur 4 de largeur, s'avance avec une vitesse moyenne de 70 à 75 mètres par an.

Ce lent déplacement des glaciers et la manière dont leur marche se conforme à toutes les inégalités de la surface sur laquelle ils chevauchent firent il y a longtemps supposer que la glace est une substance plastique ou molle, comme la pâte de farine pétrie ou même la mélasse. C'est cette plasticité qui lui eût permis de glisser dans une dépression ou de monter sur une éminence sans perdre sa continuité. Mais en réalité la glace est si

fragile, que si on la tire avec force, ou si l'on s'efforce à la faire plier, elle se casse sans s'être étendue d'une manière appréciable. Comment donc concilier la plasticité apparente de la glace avec son indubitable fragilité? M. Tyndall<sup>1</sup> a résolu le problème.

Quand un écolier veut faire une boule de neige, il presse une poignée ou deux de neige légère de manière à former une petite masse dure et compacte; et il est digne de remarque que si la neige est justement au point de dégel, il pourra la pétrir en une masse beaucoup plus ferme qu'il ne ferait d'une neige parfaitement durcie et desséchée. La neige, comme nous l'avons vu, n'est qu'un amas confus de cristaux de glace; et la boule de neige se durcit, en partie parce qu'elle contient moins d'air, en partie parce que les petits fragments de glace dont elle est composée, au lieu de demeurer en une texture lâche, adhèrent fortement les uns aux autres. Mais comment peuvent-ils être pétris ainsi en un bloc? L'expérience montre que quand on comprime deux morceaux de glace, ils se soudent immédiatement en une seule masse solide. Faraday observa ce fait curieux il y a trente-cinq ans et on a donné à ce phénomène le nom de *regel*. Voilà pourquoi, quand on comprime fortement de la neige, ses particules se soudent en une substance compacte; et pourquoi la neige qui est la source d'un glacier, comprimée par le poids des couches supérieures, est transformée en une masse durcie plus ou moins semblable à la glace véritable. Un certain nombre de morceaux de glace fortement comprimés par une presse hydraulique se soudent bientôt pour former un bloc solide; de même l'on peut, après avoir brisé un bloc de glace, recomposer avec les fragments un bloc de forme différente. C'est ainsi que

1. Voir *Les glaciers et les transformations de l'eau*, par John Tyndall, Bibliothèque scientifique internationale (Félix Alcan, éd.)