# Observations sur les glaciers : procès-verbal d'une communication faite à la Société géologique de France, réunie à Porrentruy, Août 1838

Autor(en): **Guyot, A.**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Bulletin de la Société des Sciences Naturelles de Neuchâtel**

Band (Jahr): **13 (1882-1883)**

PDF erstellt am: **27.05.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-88186

**Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

**Haftungsausschluss**

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

**http://www.e-periodica.ch**

nes est la seule qui rende compte de tous les phénomènes et de l'arrangement des blocs erratiques.

Les nombreux détails de ce travail devaient former le second volume du «*Système glaciaire* par *Agassiz*, *Guyot* et *Desor*, » dont le premier volume fut publié en 1847, par Agassiz avant son départ pour l'Amérique. L'état politique de l'Europe en 1848, et mon propre départ pour l'Amérique, mirent un terme à cette publication, qui ne fut jamais reprise. Ma collection de plus de 5000 échantillons de blocs erratiques alpins, qui devait servir de base à ce travail définitif, est aujourd'hui exposée, avec cartes explicatives, dans une salle spéciale du musée géologique du collège de Princeton, New Jersey.

Après ces quelques notes historiques, je vous donne ici une copie du manuscrit, certifiée conforme à l'original.

---

# OBSERVATIONS SUR LES GLACIERS

Procès-verbal d'une communication faite à la

Société géologique de France, réunie à Porrentruy, Août 1838

Par A. Guyot

---

Outre l'intérêt, Messieurs, que présente l'étude des glaciers comme simple phénomène de géographie

physique, la communication de M. Agassiz, que vous venez d'entendre, nous révèle la haute portée que peut, que doit avoir cette question pour le géologue. Mais, plus les conclusions qui la terminent paraissent importantes, nouvelles, et contraires à tout ce que la science a admis jusqu'ici, plus aussi il est essentiel, ce me semble, de multiplier le nombre, si peu considérable encore, des observations exactes que nous possédons sur les glaciers, sur leur nature, leurs mouvements et sur le rôle qu'ils peuvent avoir joué dans plusieurs phénomènes géologiques dont l'explication est encore un problème. C'est ce qui me fait espérer que vous voudrez bien prêter quelque attention à l'exposé rapide de quelques observations que j'ai eu l'occasion de faire, il y a peu de semaines, sur plusieurs glaciers des Alpes. Comme elles me paraissent venir entièrement à l'appui de celles dont vous venez d'entendre le résumé, je suivrai pas à pas la communication de M. Agassiz. Et d'abord sur la marche des glaciers. Le côté géologique de la question des glaciers porte surtout sur l'ancienne extension des glaces et des glaciers et sur leur rapport avec la dispersion des blocs erratiques.

Monsieur Agassiz, avec sa sagacité ordinaire, vous a fait voir comment l'action de la glace sur les roches qu'elle polit et qu'elle strie, la présence d'anciennes moraines loin des glaciers actuels, véritables indications des maxima de leur étendue, peuvent nous mettre sur la trace de leur histoire dans des temps qui ne sont plus. Mais à quels caractères reconnaîtrons-nous pour une moraine tel amas de blocs plutôt que tel autre ? Comment distinguerons-nous les surfaces polies, ou les stries dues aux glaciers, de celles

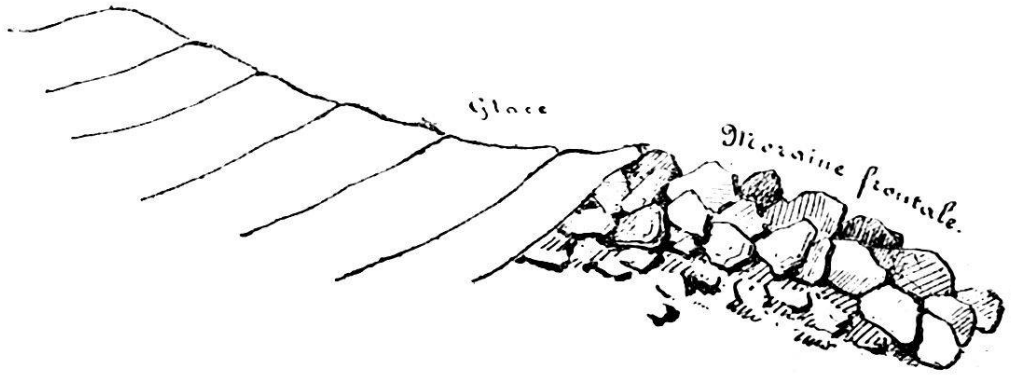
que l'on pourrait attribuer à l'action des courants? Voilà ce qu'il serait important d'examiner. Or ces questions et plusieurs autres encore ne peuvent recevoir leur solution que de la connaissance parfaite du mode de progression des glaciers, à cause du rapport intime qui existe entre le mouvement des glaciers et les apparences de la surface des glaciers, les modifications de leur fond, la forme et la structure des moraines. Je me bornerai donc ici à quelques remarques sur ce sujet, en y ajoutant le signalement de quelques anciennes moraines fort remarquables.

A défaut d'observations directes sur la marche progressive des glaciers, qui sans doute seraient fort désirables, mais que l'on ne peut attendre que de la part d'observateurs stationnaires, deux séries de phénomènes me semblent pouvoir, par les modifications qu'ils éprouvent, jeter quelque lumière sur cette question : 1° les accidents de structure du glacier, tels que les couches plus ou moins vieilles qu'on y distingue, ou les grandes fentes qui s'y forment ; 2° les blocs et les débris de roches qui, entraînés et déposés successivement par les glaces, en trahissent la marche par la disposition qu'ils affectent soit sur le glacier lui-même, soit dans ses moraines.

Si j'emploie ici le mot *couches*, je ne crois pas pouvoir l'entendre d'une manière absolue, ou à la rigueur du terme. Dans la partie inférieure des glaciers, la glace est d'ordinaire tellement homogène qu'il est difficile d'y distinguer rien qui ressemble à des couches annuelles proprement dites. Il n'en est pas ainsi dans la partie supérieure encore neigeuse ; mais on y remarque un assez grand nombre de fêlures dont quelques-unes sont assez étendues, assez régulières, pour

diviser la masse du glacier en grands bancs, simulant des couches de plusieurs mètres de puissance, comme dans les glaciers de Grindelwald, de l'Aar, etc. Ces bancs ne sont point parallèles à la surface du glacier, mais inclinés de plusieurs degrés vers l'intérieur, de telle sorte que leurs têtes viennent affleurer à la superficie sous un angle d'autant plus faible que l'on s'approche davantage de l'extrémité inférieure du glacier.

Quand le glacier est en progrès, on les voit même se redresser un peu et, pressant la moraine, l'écraser à moitié ; puis après l'avoir dépassée, se trouvant sans support de l'autre côté, on les voit s'affaisser sous leur poids et se briser en cubes immenses.




C'est encore, ce me semble, à cette disposition intérieure des glaces qu'il faut attribuer la formation de ces brillantes et majestueuses voûtes de cristal, d'où sortent la plupart des grands torrents des glaciers, telles que la voûte du glacier du Rhône, celle de l'Arveyron, au pied de la Mer de Glace, des Lütschinen aux glaciers de Grindelwald, etc. Avec ces fêlures inclinées vers l'intérieur, comme les couches d'un terrain stratifié, chaque masse qui se détache au-dessus du vide formé par le lit du torrent tend à pro-

duire ou à augmenter cette excavation qui devient ou peut devenir d'autant plus profonde et plus vaste que les couches sont plus inclinées, le glacier plus épais et le torrent plus large et plus puissant.

Ces phénomènes se présentèrent à moi d'une manière assez constante pour me faire croire qu'ils n'étaient point dus à des causes accidentelles ; voici le résultat auquel me conduisirent mes observations postérieures sur ce sujet. On vient de vous dire, Messieurs, comment un glacier, passant brusquement par des rapides d'un étage supérieur de la vallée qu'il parcourt à un étage inférieur, se brise en feuillets transversaux, séparés par de larges fentes béantes. Lorsque la pente s'adoucit, les fentes deviennent plus étroites, les lèvres opposées se rapprochent peu à peu, puis se ferment tout à fait ; mais la masse reste fêlée, et un œil attentif retrouve facilement à la surface du glacier les traces de ces ruptures, comme dans le glacier du Rhône, vu du haut de la Meyenwand, dans celui du Gries, au fond du Val d'Egine, dans le Haut-Valais, etc. Eh bien ! les fêlures que l'on retrouve à l'extrémité du glacier paraissent ne pas être autre chose que ces anciennes fentes refermées. Comme toute la masse du glacier, inférieure aux rapides, a passé par les mêmes conditions, elle se trouve divisée, dans toute sa longueur, en feuillets perpendiculaires qui doivent affecter une sorte de régularité. Mais une circonstance fort remarquable, sur laquelle j'appellerai toute votre attention, c'est le changement graduel d'inclinaison de ces feuillets qui d'abord, nécessairement perpendiculaires à la surface du glacier, se trouvent inclinés d'autant plus qu'on les observe plus bas, et finissent par présenter avec la surface un angle de quelques degrés seulement.

S'il en est réellement ainsi, vous confirmerez comme moi, Messieurs, la proposition de M. Agassiz, et nous arriverons par une voie toute différente, celle de l'observation directe, à conclure avec lui que la progression des glaces d'un glacier n'est point uniforme dans toute sa masse. Dans le cas que je cite ici, il est évident que la vitesse de telle couche donnée diminue en raison directe de sa distance à la surface. La partie superficielle marche donc plus vite que celle qui touche le fond.

Puisque le mot *couches* m'est échappé, je ne puis m'empêcher de signaler aux recherches des observateurs futurs un fait sur lequel je n'ose hasarder aucune explication, vu que je ne l'ai rencontré qu'une fois. C'était au sommet du glacier du Gries, à la hauteur d'environ 7500 pieds, un peu au-dessous, environ 300 pieds, de la ligne des firn, ou hauts névés, où le glacier passe à l'état de neige granuleuse. Ce glacier présente à cette hauteur une vaste mer de glace, descendant de l'ouest par une pente presque insensible, de sommités peu saillantes en apparence. Il couvre le col entier d'une nappe de glace uniforme et indivise de plus d'une demi-lieue de largeur, que traverse le chemin à mulet, qui mène du Haut-Vallais, par le val d'Egine, dans le val Formazza et au Lac Majeur. A l'origine de ces deux dernières vallées, les glaces, encore demi-neigeuses, se déversent au nord et forment le beau glacier du Gries proprement dit, et au sud, le glacier beaucoup moins considérable de Bettelmatten. En remontant à l'origine de ce dernier pour examiner la nature, la formation et les déviations des grandes fentes transversales, je vis sous mes pas la surface du glacier entièrement

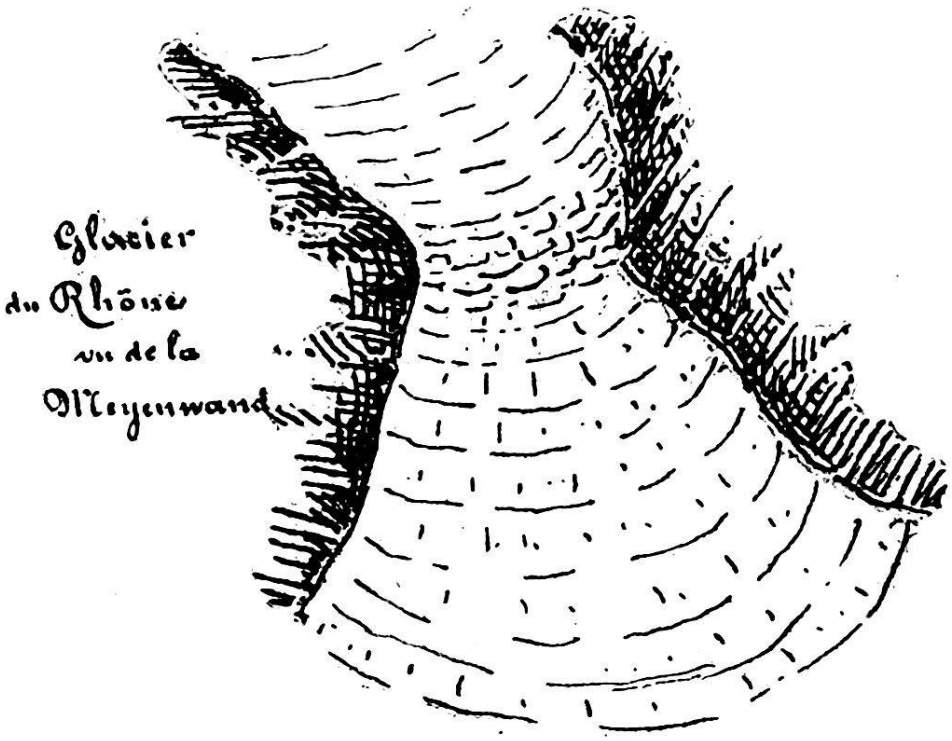
couverte de sillons réguliers, d'un ou deux pouces de largeur, creusés dans une masse à demi-neigeuse, séparés par des lames saillantes d'une glace plus dure et plus transparente. Il était évident que la masse du glacier était ici composée de deux sortes de glace : l'une, celle des sillons, encore neigeuse et plus fusible ; l'autre, celle des lames, plus parfaite, cristalline, vitreuse et plus résistante, et que c'était à l'inégale résistance qu'elles présentaient à l'action de l'atmosphère qu'étaient dus les creux des sillons et la saillie des lames plus dures. Après les avoir suivis plusieurs centaines de mètres, j'arrivai au bord d'une des grandes fentes, de 20 à 30 pieds d'ouverture qui, coupant les sillons et les lames perpendiculairement à leur direction, et découvrant l'intérieur du glacier jusqu'à une profondeur de trente ou quarante pieds, permettait d'en distinguer nettement la structure sur la plus belle coupe transversale. Alors, aussi loin et aussi profond que pouvaient atteindre mes regards, je vis la masse du glacier composée d'une multitude de petites couches de glace neigeuse, séparées une à une par autant de ces lames de glace dont j'ai parlé et formant un ensemble régulièrement stratifié à la façon de certains calcaires grossièrement schisteux. Ces couches passaient d'un des bords de la fente à l'autre, absolument comme les strates des parois opposées d'une vallée transversale. On aurait dit, non pas des couches annuelles, mais une série de couches plutôt journalières de neige tombée successivement par petites quantités, puis fondue en partie par le soleil de la journée, et couvertes chaque nuit de cet épais verglas qui, au-dessus de la région des glaces, recouvre toutes les sommités neigeuses des hautes Alpes.

Ces couches avaient évidemment été formées beaucoup plus haut et dans une position toute différente. Comment se trouvaient-elles ici redressées sur une étendue aussi considérable? Elles étaient parfaitement incorporées à la masse du glacier, et rien à l'extérieur n'annonçait dans cet endroit un bouleversement particulier. Est-ce un pan immense d'une muraille de neige glacée qui, précipité du haut de quelque sommet, s'est trouvé dans cette position englobé dans la masse du glacier? L'étendue, la profondeur, la régularité de ces masses stratifiées rendront difficile l'admission de cette hypothèse. Les couches, d'abord horizontales, ou du moins parallèles à la surface du glacier, accomplissent-elles, pendant sa marche, des évolutions encore trop peu connues, analogues cependant à celles que j'ai signalées plus haut? C'est ce qui mérite l'examen et des observations suivies, minutieuses et aussi nombreuses et universelles que possible. Malheureusement, un épais brouillard et un temps menaçant me forcèrent à cesser toute recherche ultérieure avant que j'eusse pu m'assurer si cette structure appartenait à toute la masse du glacier pris à cette hauteur, ou si elle était restreinte à cette localité particulière, quoique déjà fort étendue. Il ne tiendra pas à moi que ces observations ne soient continuées par la suite. En attendant, j'y invite instamment les observateurs des Alpes en leur rappelant que c'est en même temps travailler à jeter du jour sur la question de la formation originaire des glaciers, comme sur celle de leur recroissance annuelle, questions qui, l'une et l'autre, à mon avis sont encore loin d'être éclaircies, surtout dans leurs détails.

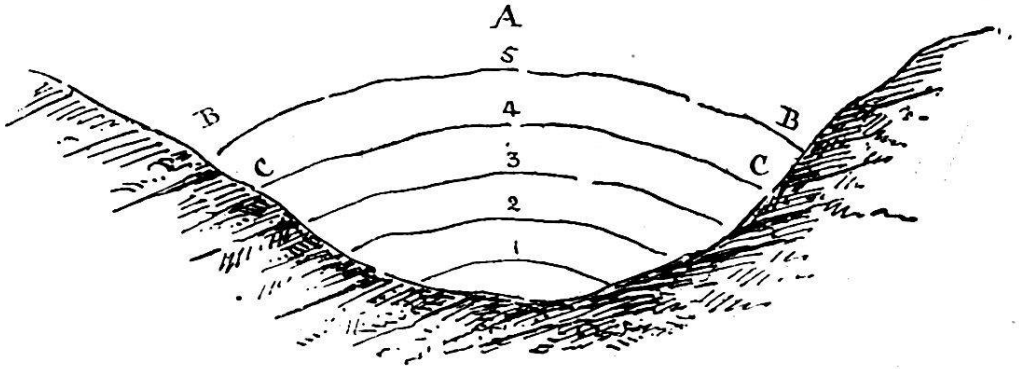
Plusieurs observateurs déjà ont signalé, sans l'expli-

quer, la disposition en forme d'éventail que présentent les grandes fentes longitudinales d'un grand nombre de glaciers. Je citerai entre autres le glacier du Rhône.

Descendu des sommets resplendissants du Galenstock, il arrive resserré dans une sorte de défilé au bord de son dernier étage, se brise dans ses rapides et s'épanouit bientôt jusqu'au fond qu'occupe son extrémité inférieure. Ses nombreuses fentes transversales se referment peu à peu en partie, et il n'en reste que des lignes peu marquées. Ces lignes, d'abord droites, commencent à s'arquer un peu plus bas. Leur courbure, tournée vers la partie inférieure, augmente graduellement, en sorte que les dernières sont à peu près concentriques à l'extrémité semi-circulaire du glacier. Les fentes longitudinales, dont je ne chercherai point ici l'origine, restant perpendiculaires aux transversales, prennent nécessairement



alors une position inclinée vers le centre par en haut, et divergente par le bas, ce qui constitue l'éventail. Que conclure encore de cette disposition particulière, que j'ai retrouvée fort bien exprimée dans le glacier du Gries et ailleurs, sinon que non seulement la partie superficielle d'un glacier se meut plus rapidement, mais j'ajouterai encore que la *partie centrale se meut plus vite que les bords*, absolument comme dans le courant d'un fleuve le mouvement est plus rapide que vers les bords. Je dis même qu'en admettant sur la cause du mouvement des glaciers la théorie exposée tout à l'heure par M. Agassiz, on devrait déjà arriver presque nécessairement à une conclusion pareille. En effet, vu la forme convexe de la surface des glaciers, un glacier est d'ordinaire un solide dont la coupe transversale serait celle d'une lentille ou d'un disque, c'est-à-dire que l'épaisseur en est beaucoup plus considérable au milieu que sur les bords. Supposant donc la masse divisée, par des lignes d'égale vitesse, en couches parallèles à la surface, animées à




partir de la surface de vitesses décroissantes, figurées dans le diagramme ci-contre par 5. 4. 3. 2. 1, il est évident que le point A, au milieu de la surface,

se mouvra avec la somme des vitesses représentées par 15, tandis que les points B et C, sur les bords, ne se mouvront qu'avec une vitesse de 9 représentant la somme des deux premières seulement.

C'est à ce mouvement particulier des glaces qu'il faut attribuer, ce me semble, la forme des grandes moraines terminales. On vous a dit tout à l'heure qu'elles étaient d'ordinaire semi-circulaires ; j'ajouterai que, dans une moraine normale, la partie moyenne de l'arc, faisant face à la partie centrale du glacier, est souvent plus élevée, tandis que les extrémités du croissant vont en diminuant de hauteur et finissent même par se diviser en petits monticules ou en courtes traînées longitudinales. Le talus intérieur est plus rapide et montre à découvert des fragments plus petits. Le talus extérieur, moins déclive, est couvert de gros blocs anguleux. Le fonds qui précède la moraine intérieurement est formé de cailloux roulés et aplani en pente très douce (Kandersteg, Eginenthal, Spitalboden, etc.). Cette forme de croissant, qui marque la limite du glacier, dont la moraine fait la bordure, prouve que la partie centrale du glacier est animée d'une vitesse plus grande que les bords, puisqu'elle les dépasse. La plus grande hauteur et largeur de la moraine, au milieu de son arc, est encore un résultat de cette même inégalité de vitesse ; car on conçoit que, dans un temps donné, le centre du glacier, en vertu de son mouvement plus rapide, déposera un plus grand nombre de fragments de roches que les bords, qui d'ailleurs en seront d'autant plus pauvres qu'une certaine quantité a déjà été déposée, pendant la descente, dans les moraines latérales. Le talus est plus fort à l'intérieur, parce que c'est sur la face tour-

née vers le glacier que s'exerce la pression qui pousse la moraine en avant. Cette face est souvent couverte de fragments plus petits, sur lesquels roule la partie inférieure du glacier et qui ont été refoulés par son mouvement. Les gros blocs anguleux enfin sont à l'extérieur et à la surface, parce qu'ils y ont glissé à mesure qu'ils arrivaient au bord du glacier. Les petits monticules et les traînées allongées qu'on trouve parfois vers les cornes du croissant sont dues à ces fentes longitudinales dans lesquelles les fragments venant à tomber s'entassent, dans les fentes courtes, en masse qui se façonne en cône irrégulier après le retrait des glaces, ou de prisme en traînée dans les fentes très allongées.

Ceux qui répètent depuis de Saussure que les glaciers avancent parce qu'ils glissent sur le sol en vertu de leur propre poids, ne se sont peut-être pas rendu compte des difficultés qu'on éprouve à accorder cette idée, si simple et si naturelle au premier coup d'œil, avec les observations de détail un peu exactes. Comment expliquer, dans cette hypothèse, ce mouvement uniforme, sans secousses, toujours lent et graduel, sur des pentes aussi différentes et souvent aussi fortes que celles que l'on observe dans une foule de glaciers ? Comment se fait-il qu'après les rapides où les grandes fentes transversales opèrent une véritable solution de continuité, la partie inférieure tout entière ne glisse pas à la fois, par avalanche, dans le fond de la vallée ?

On ne peut pas dire que c'est parce que le bas repose sur un sol plat ; ce qui n'est vrai que de quelques-uns : car plus de la moitié des glaciers restent suspendus sans appui sur des pentes très fortes. Le

glacier de Bettelmatten, branche sud du glacier du Gries, est arrêté sur une pente d'environ 45° ; celui de la Sabbia, à peu près de même. J'ai vu au-dessus du lac de l'alpe Duanina, entre le val Formazza et le val Antigorio, un glacier dont les lambeaux restaient suspendus sur une pente de 52° ; un autre, à l'origine du val Bina, en Valais, sur un talus de 55° ; le glacier du Geisvat, ou Remi, au sud de Feld, dans la même vallée, paraissait même avoir une pente de 56° dans sa partie inférieure ; je dis paraissait, car les localités et la distance rendent cette mesure un peu moins sûre. On peut même dire que le cas où les glaces sont appuyées à leur extrémité inférieure est plus rare que le cas contraire.

Mais rien ne prouve mieux, ce me semble, l'inexactitude de cette opinion que la manière dont les glaces se comportent quand elles rencontrent sur leur passage quelque obstacle, comme un rocher isolé, un monticule. Les glaces, au lieu de s'accumuler ou de se fendre violemment, à la rencontre de l'obstacle, se répandent à l'entour et l'englobent étroitement, sans fracture, comme on en voit un bel exemple dans les deux rochers isolés qui surgissent du milieu du grand glacier de la Brenva, dont la masse descend du sommet du Mont-Blanc, vers le sud-est, dans le val d'Entrèves, et qui sont nommés les yeux du glacier.

La même chose s'observe au Jardin du Talèfre, véritable île au milieu d'une mer de glace, entourée d'une bordure de blocs de rochers, ou d'une moraine rejetée sur ses bords par la marche du glacier, comme les dunes côtières dans une île baignée par l'océan.

Non ! s'il est vrai que les diverses parties d'un glacier se meuvent avec des vitesses différentes, si le gla-

cier se modèle sur la forme de sa vallée et en remplit les infractuosités sans que sa masse cesse d'être continue, si rencontrant un obstacle, au lieu de s'y briser, il le contourne et l'enclave étroitement et sans fracture dans sa masse, comme le ferait un fluide qui s'épanche, on peut affirmer que ces mouvements ne peuvent avoir lieu qu'en vertu d'un déplacement moléculaire, et il faut abandonner, au moins comme cause unique, l'idée d'un glissement lent de la masse sur elle-même comme incompatible avec les phénomènes que présente la marche des glaciers.

La théorie du mouvement des glaces, que j'avance ici, est-elle la véritable? Elle aura sans doute à répondre à bien des objections ; mais elle rend compte des phénomènes que j'ai décrits ; les observations subséquentes, plus nombreuses et plus prolongées, décideront la valeur qu'il faut y attacher.

Le côté géologique de la question glaciaire est celle des anciennes moraines et de la distribution des blocs erratiques. Au sujet des premières, je désire signaler une série de moraines anciennes que j'ai observées dans la vallée de la Kander, de Kandersteg au col de la Gemmi.

---

Ici s'arrête le manuscrit dont la rédaction finale fut interrompue, comme je l'ai dit plus haut, par une longue indisposition.

*Pour copie en tout conforme à l'original,*

HENRY C. CAMERON,

Professeur au Collège de New-Jersey.