

du glacier, au lieu de l'ablation qui a lieu. Il ajoute que M. Forbes a renoncé à l'emploi de ce moyen; il s'est servi d'un procédé analogue au sien, mais sans indiquer s'il avait tenu compte de la translation du glacier, laquelle, se faisant sur un sol incliné, peut donner lieu à une erreur assez forte sur la quantité de l'ablation; la pente moyenne de la surface du glacier observé par M. Forbes était de $4^{\circ} 43'$.

On lit un travail de M. Hogard intitulé :

Note sur les traces d'anciens glaciers dans les Vosges.

Dans mes notes de 1840 et de 1842, sur les traces de glaciers qui, à une époque reculée, ont recouvert la chaîne des Vosges, j'ai négligé de citer les localités où l'on pouvait retrouver les rochers à surfaces polies et striées que l'on doit considérer comme les preuves les plus évidentes de l'action des glaciers.

Les détails dans lesquels je suis entré sur les formes et sur les dispositions des moraines et des blocs erratiques, et ceux que MM. Le Blanc et Renoir avaient donnés de leur côté sur ces dépôts, me paraissaient suffisants pour lever tous les doutes et pour démontrer que si jusqu'alors on avait pu confondre en un seul groupe tous les amas de sables, de galets et de blocs répandus dans nos vallées, sur les flancs et les sommités mêmes de quelques montagnes, il était temps enfin de séparer les nappes d'alluvion et de comblement des dépôts de mêmes matières rejetées sur les limites des glaciers; mais les objections que plusieurs géologues m'ont adressées m'imposent en quelque sorte l'obligation de revenir sur cette question, en citant de nouveaux faits à l'appui de mon opinion, fondée sur des observations répétées avec soin et sans idées théoriques arrêtées à l'avance, et en produisant de nouvelles preuves que je m'empresse de consigner dans cette note.

Dans les Vosges comme dans le voisinage des glaciers actuels on voit des sillons, des stries gravées sur les rochers les plus durs, des surfaces mamelonnées et encore parfaitement polies (1). M. Renoir en a cité plusieurs exemples (2): ainsi il en a rencontré près de Wesserling, sur la rive droite de la Thur, à des hauteurs plus ou moins grandes, tandis que sur le versant S.-O. les surfaces des rochers, étant plus exposées aux actions de l'atmosphère,

(1) H. Hogard, *Observations sur les traces de glaciers*, etc. 1840, p. 17.

(2) *Bulletin de la Société géologique de France*, t. XI, p. 57.

sont entièrement décomposées, recouvertes de débris, et déjà arrivées aux talus d'éboulement sur un grand nombre de points. Au-dessus du village d'Orbey, près de la route, ces surfaces polies ont peu d'étendue, elles sont moins bien conservées que celles de Wesserling; mais plus haut, près de l'un des tournants de la route, il a retrouvé ces surfaces mieux conservées, avec leurs stries bien visibles à plus de 500 mètres au-dessus de Wesserling, et enfin sur le versant méridional du ballon de Giromagny.

Dans les vallées de la Moselle, de la Moselotte et de Cleurie, on rencontre à chaque pas des rochers à surfaces mamelonnées, dont le poli est quelquefois encore assez net, mais dont quelques unes commencent à se décomposer, et sur lesquelles on rencontre assez fréquemment des stries, des cannelures, et, dans tous les cas, lors même que la décomposition a fait disparaître ces dernières en partie, des traces évidentes d'un frottement qui n'a pu être exercé que par un agent poussé constamment dans le même sens et suivant une direction invariable.

Il serait superflu de donner la description des divers rochers présentant les traces de l'action de matières dures, mises en mouvement par un agent qui a disparu, et dont les forces érosives ont dû avoir une très grande puissance pour abattre et arrondir les aspérités des roches très dures, leur donner souvent une courbure allongée dans le sens des stries, les polir, et graver enfin sur ces surfaces polies de profondes ornières, témoignant à la fois de l'énergie de l'action et indiquant la nature de l'agent qui seul a pu l'exercer. Les rochers, ainsi façonnés, existent tantôt sur les flancs des montagnes à de grandes hauteurs au-dessus du fond des vallées, tantôt se relevant en massifs isolés dans les fonds mêmes de ces dépressions, tantôt formant enfin les barrages des bassins successifs qu'elles présentaient autrefois. Nous nous contenterons de citer un seul exemple, pris à un point facilement accessible, près d'une grande route, sur le bord même de la Moselle, et dans une position telle qu'on n'aurait pas hésité, il y a quelques années, d'attribuer à l'action seule des eaux les dispositions dont nous allons rendre compte.

À l'amont du tissage des Meix, commune de Rupt, à moitié chemin à peu près de Remiremont à Saint-Maurice, près de la route royale n° 66 de Bar-le-Duc à Bâle, s'élève un petit massif de rochers granitiques au fond même de la vallée et au pied duquel la Moselle vient décrire un double coude pour tourner l'obstacle qu'il oppose à son passage.

Toutes les surfaces inclinées vers l'amont sont polies, à l'except-

tion de celles du cône supérieur, dont les flancs démantelés ont éprouvé quelques déchirements, soit par suite de la chute de quelques fragments décomposés, soit par suite de travaux exécutés de main d'homme, à diverses époques.

Sur ces surfaces polies on remarque des stries tracées en ligne droite, s'élevant ou s'abaissant sur les pentes du rocher, malgré les nombreuses inflexions du plan sur lequel elles sont projetées, conservant leur parallélisme, et suivant, sans éprouver de déviation, la direction de la vallée N. 51° 30' O. Cependant, sur un point, elles courent au N. 50° 20' O., ce qui établirait une différence bien légère et insignifiante de 1° 10', eu égard à la distance parcourue entre les directions des stries de l'une des surfaces et de celles des autres parties du rocher sur lesquelles ces directions ont été relevées (pl. VI, fig. 1).

On voit, en examinant les coupes n° 2 et n° 3, que ce massif formait dans le fond même de la vallée un obstacle qui a dû arrêter ou retarder la marche, soit d'un courant, soit d'un glacier; que du sommet au niveau du cours d'eau, son flanc gauche est incliné vers le Thalweg, et qu'à l'amont, contre le courant de la rivière, il présente un escarpement bien prononcé, tandis qu'il s'abaisse graduellement vers l'aval suivant une inclinaison beaucoup plus faible, et que dans son ensemble il affecte une courbure tracée à l'amont avec un rayon très petit, comparativement à ceux du surplus de la surface du côté d'aval.

C'est sur le côté gauche et sur les parties planes et inclinées qu'on remarque plus particulièrement les surfaces polies et striées qu'un corps dur quelconque n'aurait pu creuser suivant des lignes droites parallèles, sans dévier sur ces plans inclinés transversalement, s'il n'eût été fortement engagé et maintenu dans la direction verticale par un corps solide qui le faisait avancer en marchant avec lui, et ce n'est pas dans l'eau et avec le concours de l'eau à l'état liquide, que des galets de substances minérales dures auraient pu, même par leur passage longtemps prolongé sur ce rocher, produire ces traces de frottement et d'érosion bien conservées, et qu'on ne voit se produire que sur les masses minérales soumises à l'action des glaciers actuels.

Des galets, en roulant sur un rocher à surfaces inclinées et submergées, usent ses aspérités, entament ses parties les plus tendres, y creusent même, suivant les fissures qui le divisent, des sillons irréguliers communiquant les uns avec les autres, se réunissant et s'entre-croisant; enfin, par un mouvement de rotation longtemps prolongé, ils y creuseraient de ces cavités, des bassins cylindriques

ou coniques dont nous avons tant d'exemples dans les Vosges, et dont l'étude est d'autant plus facile que nos rivières torrentueuses laissent leurs lits presque entièrement à sec pendant une partie de l'année. Mais toutes les formes modifiées ou produites par cette action des eaux se reproduisent dans toutes les localités avec les mêmes caractères. On n'y voit rien de heurté, de régulier, de tranché. Ces contours mollement arrondis, ces ondulations, ces protubérances irrégulièrement groupées, ces cavités à rebords émoussés et sinueuses indiquent un frottement favorisé par un agent qui peut acquérir dans certains cas une certaine puissance, une force d'érosion très grande, et opérer avec une grande énergie, mais dont l'excessive mobilité permet aux débris, lancés contre les rochers, en glissant à leurs surfaces, de tourner sans cesse sur eux-mêmes, de s'écarter latéralement dans tous les sens, et de tomber dans toutes les dépressions ou les cavités qu'ils rencontrent.

Les eaux de la Moselle ne pourraient recouvrir le rocher dont il est question que dans le cas d'une crue extraordinaire, et dont on n'a jamais eu d'exemples, puisqu'il faudrait qu'elles s'élevassent de 10 mètres au-dessus de leur niveau habituel pour atteindre le point *a*, et de 18 mètres pour couvrir le sommet (fig. 2). Mais si elles parvenaient à ces hauteurs, que dans aucun temps sans doute elles n'ont atteint, il est bien certain qu'elles se comporteraient comme elles le font aujourd'hui, c'est-à-dire qu'elles viendraient avec force se jeter contre la tête du rocher, puis le contourneraient; enfin si un galet mis en mouvement parvenait au pied du rocher, soit en *a*, soit en *b* (fig. 2), il serait évidemment entraîné suivant la pente du terrain sur les bords du rocher; mais dans aucun cas il ne marcherait, en montant et en descendant successivement suivant les irrégularités de la roche et *en ligne droite*, comme ont marché pendant les blocs et les galets anguleux et non émoussés qui ont creusé les sillons et les stries dont nous nous occupons.

A l'amont, près de l'aqueduc conduisant les eaux dans le canal de l'usine (fig. 1), le rocher présente un escarpement de 30° 28', soit une rampe de 58 p. 100 et une surface polie et recouverte de stries profondes moyennement de 10 centimètres au pied même du talus, et dont la largeur et la profondeur diminuent graduellement en montant (fig. 4 *a* et fig. 5). Ces stries sont d'autant plus profondes que les pentes opposées à l'agent qui les a produites sont plus fortes. Elles sont moins fortes en *b* qu'en *a* (fig. 4), en *c* qu'en *b*: en *b* elles sont à peine visibles; en *b'* et en *c'* elles sont

de nouveau aussi profondes qu'en b et en c : elles disparaissent au point o . Elles sont un peu plus profondes en c'' qu'en c' , et en d elles sont légèrement marquées, moins larges, plus serrées et plus déliées.

Ainsi elles sont à peine marquées sur les surfaces inclinées dans le sens de la vallée, et elles disparaissent entièrement dans tous les plis, dans les anfractuosités découpant naturellement la roche transversalement, pour reparaitre ensuite quand les surfaces remontent de nouveau.

Au point a (fig. 2 et 4), elles ont la forme d'entailles coniques (fig. 5) qui auraient été creusées par un instrument d'abord fortement engagé dans la roche ou pressé contre elle, au point où la résistance était le plus considérable, et qui ensuite aurait enlevé une couche moins épaisse, à mesure que cette résistance et l'effet exercé pour la vaincre diminuaient et que le glissement du corps frottant et corrodant devenait plus facile et moins lent. De l'extrémité de ces premières entailles partent toujours, suivant la même direction, d'autres stries produites par l'action de corps de diverses formes, semi-circulaires ou prismatiques, et souvent à arêtes supérieures très vives. Mais ces formes bien accusées, ces découpures en lignes droites parallèles entre elles avec leurs arêtes bien dessinées, ne rappellent en aucune façon ces ondulations, ces sillons arrondis et irréguliers de rochers exposés à l'action érosive des eaux, qui n'a rien de la fixité de celle d'une masse de glace avançant graduellement, toujours dans un même sens et avec cette immuable persistance d'un corps solide obéissant à des lois invariables, et marchant entre des masses qui s'opposent à toute déviation et le resserrent dans une voie dont il suit forcément la direction.

Nous avons dit que les stries étaient interrompues dans toutes les anfractuosités transversales (fig. 4); nous devons ajouter que, dans ces plis, le rocher a conservé toutes ses aspérités : n'est-ce pas une preuve évidente de l'action, sur le rocher, d'une masse de glace qui a franchi, sans y pénétrer, ces cavités dans lesquelles l'eau, à l'état liquide, aurait agi sans difficultés, qu'elle aurait creusées, élargies, arrondies? n'est-ce pas enfin un fait qu'on n'observe que sur les bords des glaciers, et dont on chercherait vainement des exemples dans les lits des ruisseaux et des torrents?

Immédiatement au-dessus de ce rocher on ne rencontre plus de traces de moraines; celle qui probablement fermait la vallée entre le tissage des Meix et Maxonchamp, a été entièrement dé

truite, et les matériaux dont elle se composait ont été entraînés dans ces bassins inférieurs où nous retrouvons ces nappes de comblement qui se succèdent depuis Remiremont jusqu'à la sortie des Vosges.

Mais à l'amont, sur la rive droite, nous avons cité les moraines de Rupt, dans un vallon qui descend de Longegoute; à l'aval, sur la rive gauche, la moraine terminale du lac de Fondromé et les blocs erratiques disséminés sur les flancs des montagnes voisines; enfin, sur la même rive, entre la filature de Lette et le col du Mont-de-Fourches, sur les flancs très inclinés de la montagne, au col même et sur les crêtes de cette partie de la petite chaîne, nous avons retrouvé une assez grande quantité de blocs à arêtes émoussées et arrondies: du col au pont de Lette les débris d'une moraine latérale renferment beaucoup de blocs.

Ces blocs, si on les rencontrait dans le fond de la vallée, dans les lits de la Moselle et de ses affluents, on ne manquerait pas de les considérer comme des blocs transportés et arrondis par un frottement prolongé dans le sein des eaux; mais aux points où ils se trouvent placés on ne saurait admettre qu'ils aient pu être entraînés par un courant, attendu qu'ils se trouvent placés à plus de 200 mètres au-dessus du niveau de la Moselle, et que, s'ils avaient été mis en mouvement par les eaux, ils seraient naturellement tombés au fond même de la vallée.

Cependant, en parcourant la distance entre le lieu où ils ont été déposés et le point d'où ils sont partis, leur translation ne s'est pas opérée sans qu'ils fussent soumis à un frottement qui, pour quelques uns de ces blocs, a dû être assez fort, à en juger d'après leur poli et leurs formes arrondies. Mais en les examinant attentivement, on reconnaît bien vite qu'ils ont dû marcher sans s'écarter de la direction initiale qui leur avait été imprimée, qu'ils ont avancé sans tourner sur eux-mêmes et sans éprouver ce roulement continu que les galets et les blocs subissent dans les lits des torrents. En effet, les surfaces sur lesquelles ils reposaient tout en cheminant, sont généralement planes, et, de plus, elles sont souvent striées (*a, b, fig. 6*). Ces formes, ces stries, autant que leurs positions sur des plans très inclinés, hors des limites que jamais les eaux courantes aient pu atteindre, ne laissent pas de doute sur les causes auxquelles on doit attribuer leur transport, aussi bien que la formation des stries, des sillons et des surfaces polies dont nous avons parlé.

Des glaciers seuls ont pu autrefois, comme ils le font encore

sous nos yeux , imprimer au sol qu'ils recouvraient , les marques de la puissance de leur action , et celles-ci n'en sont pas moins évidentes et caractéristiques , quoique , pendant trop longtemps , on ait négligé d'en tenir compte , ou que leur existence ait été méconnue ; mais aujourd'hui , et quelles que soient les modifications à introduire dans certaines théories élevées sur des observations faites pendant les ténèbres , il faut bien enfin que la vérité soit connue et enseignée . On a même prétendu que nos moraines pourraient bien n'être que des débris isolés de nappes d'alluvion ou de comblement , et que leurs formes si caractéristiques pourraient bien n'être que les résultats d'accidents locaux , aussi bien que les surfaces polies du rocher et les stries qui y sont gravées .

Mais après tout , il faudra bien convenir que ces accidents se sont reproduits dans des contrées éloignées avec les mêmes circonstances , ce qui indique qu'ils ont été déterminés par des causes , des lois communes et invariables . Enfin , on le sentira , ce n'est pas assez d'opposer des dénégations aux observations présentées par les naturalistes qui ont fait des observations sur divers points éloignés des glaciers actuels , et dans des chaînes de montagnes dont les sommités sont de beaucoup au-dessous de la limite des neiges perpétuelles ; il faudra , par des explications basées sur des calculs solides , leur démontrer la fausseté de leur théorie et leur expliquer comment ont pu se produire ces phénomènes , bien simples quand on les étudie en abandonnant toute idée systématique arrêtée à l'avance , mais qui seraient des plus extraordinaires , si l'on parvenait à établir que l'eau , à l'état liquide , a pu produire les traces que nous attribuons à d'anciens glaciers .

M. Paillette , sans vouloir contredire les conclusions de M. Hogard , pense que des effets plus ou moins analogues pourraient être dus à d'autres causes . Il dit que la vallée de la Têta , dans les Pyrénées-Orientales , dont il a déjà parlé (*Bull.* , t. XIII , p. 231 , 1842) , a été cette année même inondée par une trombe d'eau descendue du Canigou . La gorge des Graous-d'Olette , qui a 25 mètres de largeur sur au moins 60 mètres de profondeur , ne suffisant pas momentanément à l'écoulement de l'eau , il s'est produit de véritables cascades sur plusieurs points . Le courant avait une telle force que des ponts ont été arasés d'un seul coup et des voussoirs transportés tout entiers à 100 mètres de distance , ainsi que des blocs de granite de 5 à 6 mètres cubes . Il existe même une

chronique d'après laquelle le couvent de Saint-Martin-de-l'Exalada, élevé de 60 mètres environ au-dessus de la Tête, aurait été détruit par les eaux; mais peut-être qu'à cette époque la gorge était moins profonde.

M. Paillette ajoute que la Moselle même, d'après les rapports des ingénieurs, présente quelquefois des crues très brusques et dénivelées.

Séance du 3 février 1845.

PRÉSIDENTE DE M. DE VERNEUIL, VICE-PRÉSIDENT.

M. Martins, vice-secrétaire, donne lecture du procès-verbal de la dernière séance, dont la rédaction est adoptée.

M. le Président annonce trois présentations.

DONS FAITS A LA SOCIÉTÉ.

La Société reçoit :

De la part de M. Teissier Rolland (Jules) : *De Nîmes et de ses eaux*, in-8°, III^e partie, p. 431 à 812, et XL p., 1 pl. Nîmes, 1844.

De la part de M. Simms (F.-W.) : *Practical Tunnelling* (Traité pratique de la construction des tunnels), in-4°, 174 p.; 12 pl. et fig. intercalées dans le texte. Londres, 1844.

De la part de M. Carlo Porro : *Malacologia, etc.* (Malacologie terrestre et fluviatile de la province de Côme); in-8°, 140 p., 2 pl. Milan, 1838.

De la part de M. Pilla (Léopold) : *Sopra la produzione, etc.* (Sur la production des flammes dans les volcans et sur les conséquences qu'on peut en tirer); in-4°, 28 p., 2 pl. Lucques, 1844.

Comptes-rendus des séances de l'Académie des sciences; 1845. I^{er} semestre, n^{os} 3 et 4.

Bulletin de la Société industrielle d'Angers; 15^e année, n^o 6, 1844.

Bulletin de la Société de géographie; 3^e série, t. II; n^o 12. Décembre 1844.