

PREUVES  
DE L'EXISTENCE  
D'ANCIENS GLACIERS

DANS LES VALLÉES DES VOSGES.

DU TERRAIN ERRATIQUE DE CETTE CONTRÉE,

PAR

ÉDOUARD COLLOMB,

CHIMISTE A WESSERLING, MEMBRE DE LA SOCIÉTÉ GÉOLOGIQUE DE FRANCE,  
DE LA SOCIÉTÉ HELVÉTIQUE DES SCIENCES NATURELLES.

« . . . Pendant des siècles on est demeuré en présence  
« des phénomènes les plus curieux, sans les remarquer, et on  
« est quelquefois bien étonné, lorsqu'on a eu l'attention appe-  
« lée sur un nouveau genre d'observations, d'apercevoir, dans  
« une localité regardée comme très-connue, des choses qui ont  
« été vues mille fois et qu'on n'a pas encore signalées. »

ÉLIE DE BEAUMONT, *Leçons de géologie pratique*,  
t. 1<sup>er</sup>, p. 50.

Ouvrage accompagné de 12 figures dans le texte et  
de 4 planches coloriées.

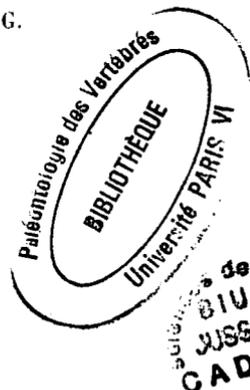
—1903—

PARIS,  
VICTOR MASSON,

LIBRAIRE DES SOCIÉTÉS SAVANTES PRÈS LE MINISTÈRE DE L'INSTRUCTION PUBLIQUE,  
PLACE DE L'ÉCOLE-DE-MÉDECINE.

MÊME MAISON, CHEZ L. MICHELSEN, A LEIPZIG.

1847.



**STRASBOURG , IMPRIMERIE DE G. SILBERMANN .**

## AVANT-PROPOS.

---

En publiant les observations qui suivent sur le terrain erratique des Vosges, j'ai voulu réunir en un volume plusieurs mémoires et fragments de mémoires épars dans différents recueils scientifiques, dans le *Bulletin de la société géologique de France*, dans les comptes-rendus des séances de l'Académie des sciences et dans la *Bibliothèque universelle de Genève*. J'ai essayé de mettre un peu d'ordre dans l'exposition de tous ces faits; j'y ai ajouté un grand nombre d'observations nouvelles. Ces faits ne forment pas un corps de doctrine, tant s'en faut; mais ils peuvent servir de renseignements, de pièces à l'appui pour l'édification d'une bonne monographie du terrain erratique, travail qui est encore à faire.

On mesure souvent le mérite d'un travail géologique à l'étendue du terrain exploré; on conçoit qu'il en soit ainsi lorsque le géologue opère dans un pays inconnu, dans une contrée vierge, où l'on est empressé de connaître la stratigraphie de la plus grande étendue de terrain possible. Mais il me semble que pour l'étude du terrain erratique, qui se présente à l'observateur sous tant de formes variées et qui n'a pas encore sa place solidement acquise au soleil de la science, il en est comme pour l'étude des glaciers, comme pour l'étude des volcans; il est certes plus utile aux progrès de la discussion d'examiner d'abord à fond un point de la surface du globe, une vallée, par exemple, et de ne négliger aucune circonstance de détail, plutôt que de se livrer en courant à l'examen d'une vaste étendue de territoire.

L'illustre de Saussure a dit quelque part qu'il ne fallait pas examiner les montagnes avec un microscope; le précepte est excellent appliqué à la géologie descriptive; mais pour bien connaître le terrain erratique, il faut le voir de très-près, il faut le toucher, et la loupe n'est pas de trop pour distinguer les accidents,

les stries, les érosions diverses dont la surface des roches qu'on rencontre dans ce terrain est sillonnée.

Il est inutile de rappeler le nom de tous les auteurs qui ont touché au terrain erratique dans différentes contrées; leurs travaux sont bien connus des géologues; nous aurons l'occasion d'en parler dans la suite; nous ne pouvons cependant pas oublier de dire que M. de Charpentier le premier a traité la question largement sur la Suisse occidentale; son bel ouvrage est de 1840. Ensuite MM. Agassiz, Guyot, Desor ont beaucoup contribué à l'avancement de la question par leurs découvertes et leurs belles publications. Dans ce pays de montagnes, où les glaciers sont encore en pleine activité, presque tous les naturalistes se sont occupés du terrain erratique. Les débats des réunions savantes de ce pays roulent presque en entier sur les phénomènes propres aux glaciers, soit que ces phénomènes se passent dans le coin où ils sont relégués aujourd'hui, soit sur les traces qu'ils ont laissées de leur passage dans les régions basses et dans les temps passés. Ces débats excitent constamment un intérêt soutenu.

Sur les Vosges, MM. Le Blanc, Hogard et Renoir ont écrit plusieurs mémoires très-intéressants que nous aurons l'occasion de rappeler par la suite.

En Angleterre et en Écosse, M. Agassiz a donné le réveil ; à sa suite sont venues toutes les illustrations de la science, elles ont apporté leur tribut d'observations.

En France nous sommes un peu en retard pour l'étude de cette branche de la géologie. Les observations relatives au phénomène erratique ne sont pas toujours accueillies avec faveur. Beaucoup de personnes instruites traitent un peu tout cela de rêve ; elles n'admettent ni les faits, ni les conséquences qui en découlent ; d'autres admettent les faits et rejettent les conséquences ; d'autres séparent des faits qui sont connexes et opèrent une disjonction au préjudice de la vérité. Et cela se conçoit ; la question est encore trop nouvelle pour que tous les faits qui s'y rattachent soient admis sans examen et prennent place dans les cadres de la géologie, sans avoir été préalablement soumis à l'épreuve de la discussion. L'existence de mers de glace qui ont dû couvrir à une époque géologique, compa-

rativement récente, des terres aujourd'hui cultivées et habitées, porte une grave atteinte à la théorie du refroidissement lent et graduel du globe; elle modifie l'ordre établi dans l'étude des phénomènes relatifs aux révolutions de la terre.

Il faut donc apporter dans leur examen un esprit dégagé de toute idée préconçue; il faut indiquer les faits tels que la nature nous les montre; il faut, pour ainsi dire, les dessiner, les copier exactement; la discussion peut s'établir ensuite sur une base solide. J'ai essayé de me rapprocher autant que possible de ce programme; j'ai été très-sobre de déductions théoriques; l'observation des faits absorbe une grande partie de ce petit écrit; je me trouverai heureux s'il peut jeter quelque lumière sur une question aussi controversée.

Wesserling, 1<sup>er</sup> juillet 1846.

E. COLLOMB.



# PREUVES

DE L'EXISTENCE

# D'ANCIENS GLACIERS

DANS LES VALLÉES DES VOSGES.

DU TERRAIN ERRATIQUE DE CETTE CONTRÉE.



## *Définition.*

M. de Charpentier appelle *terrain erratique* les fragments de roches que l'on rencontre à des distances considérables des montagnes d'où ils ont été détachés, et dont le mode de transport est encore problématique pour beaucoup de géologues. Dans ces derniers temps on a donné à la dénomination d'*erratique* une extension beaucoup plus large ; on l'a appliquée non-seulement à tous les débris restés en place par la fonte ou le retrait d'un glacier et en général à tous les matériaux mis en mouvement par leur force propulsive, mais encore on comprend sous le même terme les altérations produites à la surface de l'écorce du globe, par le séjour et le mouvement des glaciers.

Ainsi dans les hautes régions des Alpes, la marche, l'allure, le régime des glaciers ont été soigneusement observés et décrits par des savants distingués, soit dans leur sphère d'activité actuelle, soit sur les traces qu'ils laissent écrites sur le sol, lorsque, par une cause quelconque, ils abandonnent le terrain qu'ils ont occupé, et le nom de *phénomène erratique* est employé pour désigner l'ensemble de tous les faits qui se rattachent à l'existence des glaciers, aussi bien à ceux qui sont en activité aujourd'hui, qu'à ceux qui sont morts avant les temps historiques<sup>1</sup>.

Cette définition n'est du reste pas acceptée par la généralité des géologues; plusieurs se bornent à appeler erratiques les blocs seuls qu'on trouve disséminés sur certains points du globe et dont l'origine est sujette à controverse; d'autres y ajoutent des matériaux menus, affectant certaines formes, rassemblés et tassés par voie de transport.

Pour nous, le phénomène erratique est comme le phénomène volcanique, par rapport à la diversité des produits qui résultent de son action. Le terrain volcanique se reconnaît par la présence des laves, des basaltes, des trachytes, des cendres, des efflorescences, des sublimations cristallines et de mille autres

<sup>1</sup> M. Élie de Beaumont dit, à l'occasion du phénomène erratique, « que c'est sans contredit un des plus remarquables dont la géologie nous ait révélé l'ancienne existence; c'est aussi un de ceux qui occupent le plus fortement aujourd'hui l'attention des géologues. »

accidents divers; puis encore par les altérations que les déjections incandescentes des volcans font subir aux matières qui sont soumises à leur contact.

De même pour le phénomène erratique, résultat de l'action d'un grand froid; les grandes glaces ont la propriété, non-seulement de transporter des matériaux géologiques à de grandes distances, mais encore d'imprimer un cachet tout particulier aux roches qui sont exposées à leur contact.

Le phénomène volcanique prend sa source dans les profondeurs du sein de la terre; il ne se manifeste de nos jours à l'état actif que sur un petit nombre de points de sa surface; mais il est reconnu que son action s'est exercée autrefois sur de vastes étendues et dans des contrées où ses effets ne se font plus sentir aujourd'hui.

Le phénomène erratique n'est pas d'origine terrestre; il prend sa source dans l'état de l'atmosphère; il existe en pleine activité dans les vallées des hautes régions des Alpes, dans quelques chaînes de montagnes très-élevées et dans les régions polaires. Le terrain erratique, résultat de son action, se rencontre à de grandes distances des glaciers actuels, dans des contrées cultivées et habitées, où depuis les temps historiques on n'a jamais entendu parler de grands glaciers.

Ce terrain peut se représenter, sous forme de tableau, dans l'ordre suivant :

*Tableau synoptique du terrain erratique.*

1 <sup>o</sup> Moraines . . . . .	$\left\{ \begin{array}{l} \text{frontales,} \\ \text{médianes ou super-} \\ \text{ficielles,} \\ \text{latérales,} \\ \text{par obstacle,} \end{array} \right.$	$\left. \begin{array}{l} \text{stratifiées ou non} \\ \text{stratifiées.} \end{array} \right\}$
2 <sup>o</sup> Blocs . . . . .	$\left\{ \begin{array}{l} \text{arrondis,} \\ \text{à angles vifs,} \end{array} \right.$	$\left. \begin{array}{l} \text{striés ou non striés.} \end{array} \right\}$
3 <sup>o</sup> Accumulation de débris . . . . .	$\left\{ \begin{array}{l} \text{cailloux,} \\ \text{galets striés,} \\ \text{sable,} \\ \text{boue, argile,} \end{array} \right.$	$\left. \begin{array}{l} \text{stratifiés ou non} \\ \text{stratifiés.} \end{array} \right\}$
4 <sup>o</sup> Roches striées .	$\left\{ \begin{array}{l} \text{polies,} \\ \text{moutonnées,} \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} \text{stries rectilignes.} \\ \text{stries saccadées.} \\ \text{stries cannelées.} \\ \text{stries croisées.} \end{array} \right.$

Nous allons donner une courte définition de ces différents accidents.

*Les moraines* ont été si bien décrites par M. Agassiz que nous ne saurions mieux faire que de le citer textuellement ; sa description s'applique aux moraines en voie de formation actuellement, et nous verrons plus loin qu'elle s'adapte sur tous les points à celles qui font partie du domaine erratique ancien.

« *Les moraines* sont propres à tous les glaciers.

« Les agents atmosphériques, la chute des avalanches, le mouvement même du glacier détachent constamment des parois de la vallée ; des fragments de rocher qui roulent à la surface du glacier et

« forment sur ses bords des amas, en forme de rem-  
« parts, qu'on désigne sous le nom de *moraines*, et  
« qui marchent avec le glacier, le bordent dans tout  
« son pourtour.

« On distingue trois sortes de moraines.

« 1<sup>o</sup> *Moraines latérales* ;

« 2<sup>o</sup> *Moraines médianes* ;

« 3<sup>o</sup> *Moraines terminales ou frontales*.

« Aussi longtemps qu'un glacier est simple, il n'a  
« que des moraines latérales et frontales ; mais si  
« deux glaciers, ayant chacun leur moraine latérale,  
« se rencontrent dans un lit commun, la moraine laté-  
« rale de droite de l'un se combine avec la moraine la-  
« térale gauche de l'autre, et de leur réunion naît une  
« *Moraine médiane*, qui reste au milieu du glacier.

« Si un troisième et un quatrième glacier viennent  
« affluer dans le même lit, la même combinaison se  
« répète, et il se forme une seconde, une troisième  
« moraine médiane, et ainsi de suite.

« On peut, par ce moyen, toujours savoir de com-  
« bien d'affluents un glacier est composé, puisque leur  
« nombre est égal à celui des moraines, plus un. La  
« puissance de ces remparts dépend de l'étendue du  
« glacier qui les charrie, de la hauteur des montagnes  
« et de la nature des roches. Si les rives se composent  
« de roches friables, se délitant facilement, elles four-  
« nissent naturellement des remparts plus grands que  
« si elles sont d'une roche compacte et très-massive.

« A l'extrémité des glaciers, les moraines sont sou-  
« vent d'une autre roche que les parois environnantes;  
« mais en remontant le glacier, on arrive toujours à  
« leur origine. Les moraines peuvent, sous ce rap-  
« port, être envisagées comme le répertoire de toutes  
« les roches qui existent dans le bassin du glacier. »

Nous ajouterons à cette description les moraines que nous désignons sous le nom de *moraines par obstacle*. Lorsqu'un glacier occupe le fond d'une vallée et que ce fond n'est point uni, mais présente un obstacle de roche en place, qui perce le sol et se trouve comme une île dégagée de tous les côtés, alors par leur mouvement de progression, les débris dont le glacier est chargé, viennent s'accumuler contre cet obstacle, toujours en amont, rarement sur les côtés latéraux, et plus rarement encore en aval. On retrouve dans ces amas de matériaux tous les éléments des autres moraines; nous verrons plus loin que cet accident se présente fréquemment dans les vallées des Vosges.

### *Moraines stratifiées.*

Les moraines sont ordinairement composées de blocs métriques, de sable, de galets, sans apparence de triage selon le volume. Les plus gros blocs sont souvent enveloppés des débris les plus menus, sans qu'on puisse trouver de traces de stratification; toute-

fois M. de Charpentier désigne sous le nom de *dépôts stratifiés*, des amas de débris glaciaires, disposés par strates ou couches, qu'on rencontre quelquefois sur les bords d'un glacier.

« Ces couches sont ordinairement courtes et épaisses  
« et conservent rarement une épaisseur égale sur une  
« étendue tant soit peu considérable. Elles se termi-  
« nent promptement en coin.

« On y rencontre un grand nombre de fragments  
« anguleux et bien conservés.

« Les strates sont tantôt horizontaux, tantôt incli-  
« nés parallèlement à la pente du sol sur lequel ils se  
« trouvent.

« Les dépôts stratifiés se rencontrent à l'entrée de  
« la plupart des petites vallées qui aboutissent à la  
« vallée du Rhône ou aux grandes vallées latérales. »

M. de Charpentier donne la raison de cette disposition des matériaux erratiques par couches ou strates. Ces dépôts se forment « lorsque les débris de roches  
« charriés par les glaciers, au lieu de s'accumuler sur  
« un terrain sec, tombent dans des amas ou réservoirs  
« d'eau<sup>1</sup>. »

On les retrouve dans le terrain erratique de diffé-

<sup>1</sup> Jean de Charpentier, *Essai sur les glaciers et sur le terrain erratique du bassin du Rhône*, § 49.

rentes contrées et aussi dans les vallées des Vosges, exactement pareils à ceux décrits par M. de Charpentier; nous indiquerons plus loin quelques dépôts appartenant à cette catégorie de moraines que nous avons remarqués dans des ramifications de la vallée de Saint-Amarin.

### *Blocs erratiques.*

Ces blocs ont été souvent décrits et figurés, ils ont été l'objet de nombreux travaux; presque tous les géologues s'en sont occupés.

M. d'Omalius d'Halloy en donne la définition suivante<sup>1</sup> :

« On donne le nom de *blocs erratiques* à des fragments de roche qui sont doués de dimensions plus considérables que les cailloux roulés, et qui sont même quelquefois très-volumineux.

« Ces blocs sont souvent enfouis, sans aucun ordre, dans des dépôts meubles, d'autres fois ils reposent immédiatement sur des dépôts cohérents. Ils sont quelquefois à peu près arrondis; mais le plus ordinairement ils présentent seulement des arêtes et des angles émoussés. On en trouve sur des montagnes très-élevées, notamment sur le Jura, où ils sont ordinairement composés des roches primitives qui forment une partie des Alpes.

<sup>1</sup> D'Omalius d'Halloy, *Éléments de géologie*, 3<sup>e</sup> édit., p. 239.

« Parmi les gisements les plus importants de ces  
« blocs, on peut citer la grande plaine qui s'étend  
« de la mer du Nord aux monts Ourals. Les blocs y  
« sont de nature très-variée, mais en général ils appar-  
« tiennent aux roches les plus cohérentes des ter-  
« rains primordiaux. Ils présentent ordinairement de  
« la ressemblance avec les roches qui constituent des  
« chaînes de montagnes plus ou moins éloignées des  
« lieux où ils se trouvent, et l'on y reconnaît en géné-  
« ral les diverses roches des montagnes de la Scandi-  
« navie et de la Finlande. »

Ce sont ces blocs qui ont donné leur nom au terrain dont nous nous occupons, ce sont eux qui ont été l'occasion de ces discussions savantes entre les représentants les plus éminents de la science, discussions qui ne sont point encore terminées, et dont l'objet principal est de déterminer, quel a été dans les temps passés le mode de transport de ces blocs et des autres matériaux du terrain erratique.

Les opinions les plus divergentes se sont produites à ce sujet. Les unes attribuent l'origine de ce terrain à d'immenses courants de boue, produit d'un de ces grands soulèvements géologiques qui ont modifié le relief de la croûte solide de la terre. Ces courants auraient en même temps strié les roches et transporté les blocs à de grandes distances.

D'autres pensent que ce terrain, particulièrement

dans le Nord, provient d'une grande débâcle boréale, qui aurait envahi l'intérieur des terres, entraînant à sa suite d'immenses radeaux de glace flottante; ces radeaux, chargés de blocs, les auraient déposés dans les lieux où on les retrouve aujourd'hui.

D'autres font remonter l'origine de ce terrain à l'époque d'un déluge universel, des courants d'eau d'une puissance formidable seraient partis des sommets élevés, des points culminants des chaînes de montagne; en passant ils auraient détaché des blocs et des matériaux divers, puis en formant de grands barrages dans les vallées inférieures, ils auraient donné naissance à des lacs, à des moraines et à des accumulations de blocs.

D'autres géologues, tout en admettant l'existence d'anciens glaciers, pensent que leur origine est due à une plus grande élévation des montagnes au-dessus du niveau des mers, à une époque géologique antérieure. Si les montagnes étaient plus élevées, un plus grand froid devait y régner et par conséquent donner naissance à des glaciers. Puis ces montagnes et même des continents tout entiers venant à baisser de niveau, ces terres ont acquis une température plus douce, d'où est résulté la fusion des glaces et le dépôt du terrain erratique.

Nous ne rapporterons pas toutes les hypothèses plus ou moins ingénieuses qui se sont produites à l'occasion du transport de ces blocs; nous aurons occasion d'en discuter quelques-unes.

Parmi ces blocs on distingue ceux qui sont à angles vifs de ceux dont les arêtes sont émoussées, arrondies. La distinction est sur le terrain, souvent tranchée d'une manière fort nette, c'est-à-dire qu'on rencontre à côté d'une accumulation de blocs arrondis et usés, quelques-uns qui ont conservé la vivacité de leurs angles; ailleurs ces blocs sont seulement usés et frottés sur une seule de leurs faces, et sur les autres côtés ils ont des arêtes vives.

En classant les blocs erratiques suivant une échelle qui les comprendrait tous, depuis ceux qui sont tout à fait polis, lisses, ronds, ou ovoïdes, jusqu'à ceux qui présentent des faces polyédriques à cassure fraîche avec toutes les rugosités naturelles à la roche, on trouve une infinité de degrés intermédiaires.

M. de Charpentier donne l'explication de ce phénomène, tout en faisant remarquer qu'il n'y a aucune différence entre les débris du terrain erratique et les débris que déposent les glaciers actuels.

« Nous trouvons dans les moraines comme dans  
« les dépôts erratiques, dit-il, des fragments arron-  
« dis et lissés comme les galets de torrents; d'autres  
« légèrement frottés et écornés; d'autres enfin, ayant  
« la surface raboteuse, et les arêtes et les angles  
« vifs et tranchants. Ces derniers sont ceux qui,  
« ayant été éparpillés sur le dos du glacier, ont été  
« transportés par son mouvement progressif, quel-

« quefois fort au loin , sans éprouver de frottement.

« Cela nous explique la bonne conservation de beau-  
« coup de fragments erratiques , quoiqu'on les ren-  
« contre à des distances fort considérables des mou-  
« tagnes d'où ils ont été détachés. Ces fragments sont  
« tombés sur le dos du glacier , et y sont restés tout  
« le temps de leur voyage. Lorsqu'ils y ont été espa-  
« cés , c'est-à-dire peu ou point en contact avec d'au-  
« tres débris , ils ont pu faire des soixantaines de lieues  
« sans éprouver aucune dégradation. On conçoit faci-  
« lement que , plus un bloc tombé sur un glacier se  
« trouve loin des bords , c'est-à-dire rapproché du  
« milieu , plus aussi il aura de chances de rester long-  
« temps sur la glace et de faire un grand trajet avant  
« d'atteindre l'un des bords. Ce fait , peu important  
« par lui-même , est cependant intéressant à consta-  
« ter , parce qu'il explique pourquoi les plus gros blocs  
« sont généralement les mieux conservés. En effet ,  
« lorsqu'un éboulement de rochers tombe sur une  
« pente rapide , les débris , au lieu de glisser ou de  
« rouler , la descendent en bondissant. Arrivés au bas  
« du talus , les plus gros blocs , qui font les bonds  
« les plus considérables , s'en éloignent aussi davan-  
« tage. Si la pente aboutit à un glacier , il est bien  
« clair que les gros blocs sauteront plus loin que ceux  
« de petit volume. Se trouvant ainsi plus en avant sur  
« la glace , ils feront , sans éprouver de frottement ,  
« un bien plus long trajet avant d'atteindre les bords ,

« que ne pouvaient faire les petits fragments qui se  
« seront arrêtés plus près de la montagne. <sup>1</sup> »

Dans le terrain erratique des Vosges, on peut remarquer des blocs, qui sont usés, à tous ces différents degrés de l'échelle.

On trouve aussi des blocs erratiques de roche cristalline dont une des faces est couverte de cannelures, de stries de plusieurs millimètres de profondeur, qui sont quelquefois rectilignes, mais qui d'ordinaire ne sont ni rectilignes, ni parallèles, mais qui divergent en rayonnant d'un centre commun. Au centre de rayonnement on aperçoit un certain nombre de trous peu profonds, de petites esquilles de roche enlevée, qui imitent l'effet qu'on produirait en la frappant fortement avec la pointe d'un marteau.

Ces blocs cannelés ne sont pas très-abondamment répandus dans les Vosges; j'en ai cependant trouvé un certain nombre dans la vallée de Saint-Amarin. M. Hogard en a observé de pareils sur le versant occidental de la chaîne<sup>2</sup>. Son observation est accompagnée d'un dessin figurant un de ces blocs. M. Agassiz en a vu aussi en Écosse.

#### *Accumulation de débris.*

Ces dépôts sont comme les moraines quant à la

<sup>1</sup> De Charpentier, ouvr. cité, p. 250.

<sup>2</sup> *Bulletin de la Société géologique de France*, t. II, p. 254.

composition de leurs matériaux ; la différence n'existe que dans la forme qu'ils affectent à la surface du sol, ils ne sont point tassés sous forme de monticule, mais ils sont répandus en bandes horizontales sur le flanc des montagnes, ou bien accumulés dans les plis du terrain.

C'est dans ces dépôts que l'on rencontre le plus fréquemment des amas de sable avec une stratification grossière, puis des amas de terre argileuse et des galets striés. Ces galets n'étant encore que peu connus, nous allons nous arrêter un moment sur leur origine et leur formation.

*Qu'est-ce que les galets striés?*

Pour répondre à cette question, nous n'avons qu'à consulter notre correspondance, et nous y trouverons une lettre de M. Agassiz<sup>1</sup>, qui nous en donne une définition fort claire.

« Partout où j'ai rencontré des dépôts glaciaires, » dit M. Agassiz, « j'y ai trouvé un grand nombre de « galets arrondis, polis et rayés, comme les roches « polies en place, avec cette seule différence que les « galets qui étaient mobiles entre le glacier et la « roche en place, offrent des raies croisées dans tous « les sens. On en trouve de semblables sous tous les « glaciers actuels, mais jamais dans les torrents, ni « sur les rivages de nos lacs où le galet est battu par

<sup>1</sup> De Neuchâtel, le 4 février 1845.

« la vague. Ce caractère est, à mes yeux, le guide le  
« plus sûr pour distinguer les terrains glaciaires des  
« dépôts de cailloux transportés par des courants.

« Un fait curieux à l'appui de cette distinction, c'est  
« que les galets rayés qui sont entraînés par les tor-  
« rents des glaciers, perdent leur burinage à peu de  
« distance de leur origine, pour prendre l'aspect mat  
« et uni des galets de transport aqueux.

« Tous les galets qui ont été charriés sous les gla-  
« ciers ont ces raies croisées; leurs surfaces peuvent  
« être plus ou moins planes et leurs angles avoir con-  
« servé certaines saillies, lorsqu'ils proviennent de  
« roches schisteuses; alors les plus grandes surfaces  
« sont les plus fortement rayées; ou bien ils sont ronds  
« et rayés dans tous les sens et sur toutes les faces  
« lorsqu'ils proviennent de roches qui se cassent en  
« fragments cuboïdes et qui tournent facilement sur  
« eux-mêmes, tandis que les premiers s'enchâssent  
« facilement dans la glace par leurs larges faces. »

M. Agassiz pose les principes, il nous démontre la loi générale de la formation de ces galets; toutefois il ne faut pas perdre de vue que cette loi est sujette à un certain nombre d'exceptions. Ainsi dans le phénomène de la production des galets striés, nous prendrons en considération la nature de la roche dont ils sont formés et aussi la nature de la roche qui encaisse un glacier. Si le galet est d'une roche tendre et qu'il

se trouve pendant son mouvement en contact avec une roche également tendre et friable, il ne sera point rayé.

Si, d'un autre côté, le galet provient d'une roche dure comme le granite, et que dans son mouvement de translation par les glaces, avec pression et avec toutes les circonstances favorables, il ne rencontre sur le trajet parcouru que des roches aussi dures que lui, il ne sera pas rayé, il sera simplement usé et poli. En recherchant le galet strié dans le terrain erratique, on en recueillera, ou on n'en recueillera pas, suivant la qualité des roches qui existent dans le bassin.

Dans les débris géologiques du glacier inférieur de l'Aar, les galets striés sont fort rares, parce que la roche en place de tout le bassin supérieur, n'est composée que de granite, de gneiss et de différentes espèces de mica-schiste. Cette dernière roche, qui forme souvent des amas considérables de matériaux pas plus gros que des galets ordinaires, entraînés et poussés par le glacier, n'est pas de nature à recevoir des empreintes striées; cette roche est trop tendre, trop friable, elle n'a pas le degré de consistance nécessaire pour conserver un burinage quelconque.

Parmi les débris erratiques provenant du glacier du Rhône (j'entends ceux qui sont immédiatement au pied de son talus terminal actuel et non pas ceux qui ont été poussés à de grandes distances, et qui appartiennent au glacier du Rhône anté-historique), les

galets striés sont excessivement rares, parce que les parois de ce bassin sont presque en entier de formation granitique. Granite sur granite ne se raie point, il s'use, il se polit.

Au glacier de Rosenloui, les galets striés sont, au contraire, excessivement abondants, et l'on peut y recueillir des types variés de l'espèce, parce que le calcaire noir compacte des Alpes forme la charpente des montagnes supérieures; il est entraîné par le glacier, ses débris sont en contact pendant leur période de mouvement avec des roches plus dures, des granites, des quartz, etc., et ce calcaire se trouve précisément dans des conditions de dureté nécessaire pour recevoir et conserver des stries et des burinages tels que M. Agassiz les décrit.

Ainsi donc, pour que le galet se couvre de stries, il faut nécessairement admettre dans le terrain erratique l'existence simultanée de deux roches d'un degré de dureté différent, l'une faisant l'office de burin et l'autre assez tendre pour recevoir l'empreinte.

Dans celles des vallées des Vosges, qui sont toutes granitiques, les galets erratiques sont arrondis, usés, quelquefois plats et anguleux, mais on n'y aperçoit point de stries. Dans les vallées où la roche de sédiment compose toute la masse des montagnes, on ne rencontre également pas de cette espèce de galets.

La vallée de Saint-Amarin et les vallons latéraux sont dans une position qui réunit toutes les conditions

nécessaires pour que le galet strié s'y soit produit dans les temps erratiques. Le terrain est formé de roches schistoïdes sédimentaires, en couches relevées presque verticalement. Cette roche se rapproche de l'ardoise, par son grain et par la superposition de ses feuillets, elle passe parfois à une roche jaune ayant l'aspect et la consistance de la pierre à rasoir; ailleurs c'est une grauwacke fort dure à cassure brillante. Toutes ces roches stratifiées sont traversées par des masses considérables de roches cristallines de différentes espèces, par du granite à gros grains, du granite grain fin, soit blanc, gris, rosé, gris-bleu; puis par du granite porphyroïde, du porphyre rose, rouge, des eurites, des mélaphyres, des pegmatites; toutes ces roches sont coupées d'innombrables filons où la famille des silicides se rencontre sous mille formes diverses.

On conçoit que de pareils matériaux, lorsqu'ils ont été déplacés et mis en mouvement par la force locomotive d'un glacier, lorsqu'ils ont été empâtés dans sa masse, ou lorsqu'ils ont servi de roulettes sous le glacier, ont dû exercer les uns sur les autres une action erosive, qui a donné lieu à ces masses considérables de débris où les galets striés sont si abondamment répandus.

Ceux que je recueille sur les anciennes moraines frontales ou latérales des vallées des Vosges, sont exactement pareils à ceux que j'ai recueillis dans les débris des glaciers en activité de la Suisse. Quoique

la roche ne soit pas de même espèce, pourvu qu'elle ait le même degré de résistance, de ténacité, le trait de burin dont ces pierres sont sillonnées, est tout à fait identique<sup>1</sup>.

Pour m'assurer par une expérience directe, si effectivement les raies dont ces galets sont sillonnés, étaient détruites par le mouvement et le frottement,

<sup>1</sup> M. Agassiz a pu aussi comparer les galets striés des Vosges avec ceux de provenance helvétique. Je lui avais, dans ce but, envoyé une collection recueillie dans les environs de Wessering, dans la vallée de Saint-Amarin. Il me répondit : « Je viens de recevoir l'envoi de cailloux roulés que vous m'avez adressés. Rien ne pouvait m'être plus agréable que de retrouver sur ces galets tous les caractères distinctifs des accumulations de débris glaciaires, tels que je les ai signalés il y a bientôt cinq ans, après les avoir trouvés constamment les mêmes dans les Alpes, dans le Jura et dans les Iles Britanniques.

« . . . Aucun de vos échantillons n'est douteux.

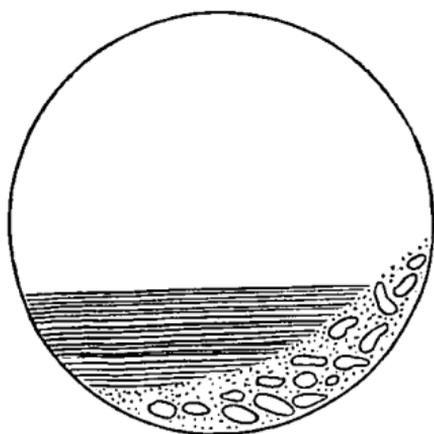
« . . . J'ajouterai que, à de très-petites distances des glaciers, lorsque ces galets, sortis rayés de dessous les glaces, sont entraînés par les torrents, ils perdent bien vite leur burinage; on ne trouve nulle part dans les torrents des Alpes des galets rayés, pas plus qu'au pied de nos cascades, ni sur les bords de nos lacs. D'où je conclus que partout où l'on trouve des galets rayés, on a affaire à des accumulations de débris glaciaires qui n'ont point été remaniés depuis leur déposition par les glaciers; ce qui nous prouve aussi, d'un autre côté, que le phénomène des grands glaciers est le dernier phénomène géologique de quelque importance qui ait travaillé la surface du globe.

« . . . Assurez-vous bien qu'on n'en trouve pas de semblables (des galets rayés) dans vos ruisseaux et qu'ils sont propres aux dépôts morainiques, afin que vous puissiez insister, pour votre localité, sur l'importance que j'ai attachée à ce caractère et qui se confirme partout d'une manière si éclatante.

amenés par un courant d'eau et de graviers, j'ai essayé de produire artificiellement une petite rivière, et de soumettre à son action un certain nombre de ces cailloux. Cette expérience est rapportée dans les comptes-rendus des séances de l'Académie des sciences dans les termes suivants.

« Une cinquantaine de galets rayés, de roche  
« schisteuse bleue, assez dure, recueillis sur la mo-  
« raine de Wesserling, ont été mis dans un grand  
« cylindre horizontal, creux, en fonte, de 1<sup>m</sup>,30 de  
« longueur, sur 0<sup>m</sup>,50 de diamètre, fermé aux extré-  
« mités par deux disques en fonte et tournant sur son  
« axe. Ces galets ont été préalablement mélangés avec  
« un volume égal de sable de rivière et vingt-cinq  
« litres d'eau ; puis on a imprimé au cylindre un mou-  
« vement lent de quinze tours par minute seulement.

Coupe transversale de ce cylindre.



« Ce mouvement de rotation, en agitant les galets,  
« le sable et l'eau dans tous les sens, imite l'action pro-  
« duite dans la nature par le frottement de ces cailloux  
« les uns contre les autres dans un courant de rivière.

« Après six heures de mouvement on en a retiré  
« quelques-uns : les stries les plus délicates avaient  
« déjà disparu ; il restait encore la trace des raies plus  
« profondément dessinées.

« Après vingt heures de mouvement les stries ont  
« complètement disparu ; il n'en reste pas trace sur les  
« galets, ils ont pris l'aspect mat des galets de rivière.

« Un exemplaire de ces galets, partagé avant l'expé-  
« rience en deux parties, dont l'une a été soumise au  
« frottement et l'autre conservée à part, représente  
« très-bien, lorsqu'on réunit les deux morceaux après  
« l'expérience, l'action produite par le mouvement.<sup>1</sup>»

Pendant le cours de cette expérience, l'eau que j'avais mêlée aux galets et au sable n'est point restée limpide, le frottement de ces corps les uns contre les autres, en détachant des parcelles de matières excessivement fines, ont rendu l'eau d'abord trouble, puis, vers la fin de l'expérience, elle est devenue tout à fait boueuse. Le sable employé dans cette circonstance, était un sable de rivière imparfaitement lavé, composé d'une infinité de fragments de quartz, de feld-

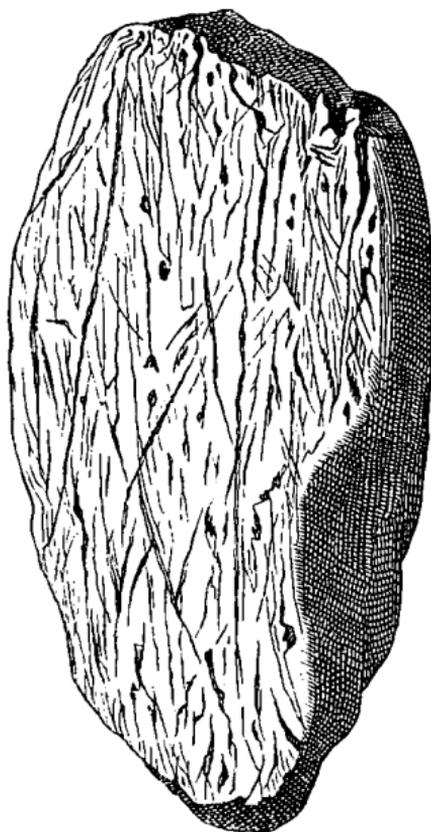
<sup>1</sup> *Comptes-rendus*, t. XX, p. 1718. Extrait d'une lettre de M. Édouard Collomb à M. Elie de Beaumont.

spath et de mica, résultat de la décomposition des granites.

Si un courant d'eau et de boue, chargé de fragments de quartz, eût été susceptible de rayer la pierre schisteuse, toutes les conditions étaient réunies dans cette expérience. Et l'on vient de voir que le résultat a été négatif sous ce rapport, et positif relativement à la manière de voir de M. Agassiz.

Ces galets appartiennent donc bien véritablement aux dépôts glaciaires; hors des limites de ces dépôts, hors des frontières du terrain erratique on n'en trouvera plus.

Galet strié de la moraine de Wesserling (1/4 de grandeur naturelle).



Dans les Vosges nous avons vu qu'ils étaient fort abondamment répandus, particulièrement dans la vallée de Saint-Amarin. Dans celle de Massevaux et de Giromagny ils s'y trouvent aussi, mais ils y sont moins abondants. Dans les vallées du versant occidental, M Hogard, qui le premier a décrit les accidents erratiques de cette contrée, n'en fait pas mention. Ces galets doivent y être fort rares, parce que la chaîne des montagnes de ce côté est presque tout entière de formation granitique.

*Des roches polies et striées.*

Elles sont décrites par M. Agassiz dans les termes suivants :

« Les glaciers exercent aussi une action continue  
« et très-marquée sur les flancs et le fond des vallées  
« qui les encaissent. Ils les nivellent par le frottement  
« et en arrondissent les angles et les grandes inéga-  
« lités; souvent ils les polissent aussi parfaitement  
« que pourrait le faire la main du marbrier, coupant  
« les corps fossiles et les concrétions qui s'y rencon-  
« trent, et exerçant leur influence sur la tranche des  
« couches aussi bien que sur leurs plans. En même  
« temps les particules les plus dures de la couche de  
« boue, entre autres les petits cristaux de quartz,  
« agissent comme un émeri sur le rocher que le gla-

« crier recouvre, et gravent sur les surfaces polies une  
« multitude de *stries rectilignes*, plus ou moins fines  
« et sensiblement parallèles entre elles. Ces stries sont  
« absolument indépendantes de la structure de la  
« roche, ainsi que du clivage et de la stratification ;  
« elles suivent, au contraire, toujours la direction  
« que les formes du terrain ont dû imprimer aux glaces.

« Outre ces fines stries on remarque souvent, sur  
« les surfaces polies, en contact avec les glaciers, de  
« larges sillons longitudinaux, dont la surface est aussi  
« parfaitement lisse et polie. Il est probable qu'ils sont  
« occasionnés par les gros cailloux empâtés dans la  
« glace et qui, à raison de leur volume, doivent user  
« davantage la roche en la frottant.

« Les divers phénomènes que je viens d'énumé-  
« rer, ne se rencontrent pas seulement dans le do-  
« maine des glaciers actuels : on les retrouve dans une  
« foule de localités où, de mémoire d'homme, on ne  
« se souvient pas d'avoir vu des glaciers.

« Les roches polies et striées nous permettent de  
« suivre, comme à la piste, les anciens glaciers, jus-  
« qu'en des lieux où on ne les aurait jamais soup-  
« çonnés. »

Il est donc incontestable que les glaciers ont la propriété d'user et de rayer les roches qui sont en contact avec eux. Deux savants observateurs ont, pour ainsi dire, pris le glacier sur le fait pendant qu'il usait

et travaillait la roche. MM. A. Bravais et Ch. Martins, lors de leur voyage scientifique en Suisse, racontent « qu'au glacier inférieur de Grindelwald, ils ont pu « détacher de grands échantillons de rochers calcaires « polis et striés, dont les uns étaient en contact avec « les parties latérales, les autres avec la surface inférieure de ce glacier. La position de ces rochers, « leur forme, la direction et la nature des stries, « prouvent incontestablement qu'elles sont un effet « de l'action de la glace et du gravier interposé sur la « roche qu'ils recouvrent<sup>1</sup>. »

J'ai pu, de mon côté, observer le même fait cette année (1846) au glacier de Rosenlauri. Ce glacier, pendant le courant de l'été, s'est retiré ou fondu à sa partie terminale d'environ 17 mètres; il a laissé en avant de son front, sur le sol qui lui a servi de lit, de larges dalles de calcaire en place, fraîchement striées et burinées, exactement comme nos roches des Vosges. J'ai même pu pénétrer sous le glacier par une galerie naturelle de 25 à 30 pas de longueur, formée par une ancienne crevasse refermée par le haut. J'ai pu voir le travail du glacier sur la roche; le sable et la boue, ou, pour mieux dire, le burin était en pleine activité entre les masses de glace et la roche.

<sup>1</sup> Rapport adressé au ministre de l'instruction publique, sur leur mission scientifique dans les Alpes, par MM. A. Bravais et Ch. Martins.

On a reconnu de ces roches, non-seulement dans la sphère d'activité des glaciers, mais à des distances très-considérables de leur origine; d'abord en Suède et en Norvège, en Écosse, dans le Jura, dans les Pyrénées, puis sur toute la ligne de la chaîne des Alpes, depuis la Savoie jusqu'en Tyrol, etc.

Dans le Nord, dans l'intérieur de la presque île scandinave, sur la route de Christiania à Ringerige, M. P. Schimper a trouvé de ces roches « dont les stries  
« sont en lignes droites, simples, fortement burinées,  
« exactement parallèles entre elles, se continuant sur  
« une longueur considérable, de deux à trois mètres,  
« sans s'interrompre et sans changer de direction; on  
« dirait la roche travaillée par un rabot monstre à proé-  
« minences inégales. Les bords des fissures qui tra-  
« versent la pierre sont restés parfaitement tran-  
« chants; les rognons siliceux poreux sont coupés en  
« deux, comme les nœuds de branches d'une planche  
« rabotée; les rognons compactes, au contraire, ayant  
« réagi sur la masse rabotante, font saillie et sont  
« suivis d'une proéminence prolongée en ligne droite  
« et ne s'aplanissant qu'insensiblement, ce qui prouve  
« à l'évidence que le creux produit dans l'agent ra-  
« botant par le rognon, s'est encore conservé pen-  
« dant quelque temps après avoir dépassé ce der-  
« nier<sup>1</sup>. »

<sup>1</sup> *Comptes-rendus des séances de l'Académie des sciences*, t. XXII, p. 44.

On a aussi observé dans différentes contrées des stries erratiques sur des roches dont les parois surplombent de manière à former des voûtes. M. Agassiz dit « qu'on « remarque, sur les bords des glaciers de Rosenloui, « de l'Aar, de Viesch, des parois qui surplombent « fortement, et dont la face inférieure, reposant sur « le glacier, est aussi bien polie et rayée que le fond « même sur lequel le glacier repose, et cela se con- « çoit facilement, lorsqu'on sait comment les glaciers « suivent toutes les sinuosités des vallées qui les con- « tiennent, et se moulent dans toutes leurs anfrac- « tuosités. La plus belle voûte dans laquelle j'ai vu « le bord d'un glacier s'engager, est située au-dessous « du grand plateau de névé qui s'étend du col de « l'Oberaar, jusqu'à l'endroit où le glacier de Viesch « s'encaisse dans la vallée par laquelle il s'écoule. Elle « se trouve sur la rive droite du glacier, près d'un « petit lac au pied de l'Æggishorn; on en voit une « semblable près de l'extrémité du glacier de Rosen- « laui, également sur son flanc droit; enfin, je puis « en citer une troisième sur le flanc gauche du glacier « de l'Aar, au pied de la cime du Rothhorn de l'Aar<sup>1</sup>. »

Dans les Vosges l'existence des roches striées n'a été reconnue que tout récemment. Celles qu'on y a signalées sont bien identiques aux roches striées des

<sup>1</sup> Extrait d'une lettre de M. Agassiz à M. Élie de Beaumont. *Comptes-rendus*, t. XXI, p. 1551.

lieux où les glaciers sont en pleine activité, et nous verrons plus loin que dans quelques-unes de ces vallées j'ai trouvé de ces roches qui ne laissent rien à désirer sous le rapport de leur ressemblance parfaite avec celles qu'on a pu détacher sous les glaciers; elles ont un caractère erratique irréfutable.

Cette identité est un point de théorie géologique important à constater, parce que les observations auxquelles ces roches ont donné lieu, sont encore sujettes à contestation; et les faits relatifs au phénomène erratique se rattachent plus ou moins directement au grand problème de l'histoire de la terre.

Par une étude attentive de ces surfaces, j'ai eu l'occasion d'y remarquer quelques accidents, dont les auteurs ne font pas mention; j'ai été ainsi conduit à distinguer sur ces roches trois systèmes de stries différents.

1° Des *stries rectilignes* ;

2° Des *stries saccadées* ;

3° Des *stries cannelées*.

Ces trois variétés de l'espèce se rencontrent fréquemment sur le même échantillon.

Les *stries rectilignes* ne sont pas toujours droites et parallèles entre elles, elles décrivent fréquemment une courbe, mais comme c'est toujours une courbe à grand rayon, elles peuvent conserver leur dénomination de *rectilignes* ; elles sont parfois *croisées*, les

unes relativement aux autres, et se coupent sous un angle aigu.

Les *stries saccadées* sont particulières à la roche schisteuse ; elles sont interrompues, intermittentes ; leur trajet, leur sillon se compose d'une infinité de temps d'arrêt, comme si le burin qui les a produites eût été interrompu dans son travail. A l'extrémité de chacune des sections dont ce sillon se compose, on voit un petit éclat de roche enlevé. Le burin paraît avoir labouré la pierre en l'attaquant de haut en bas sous un angle aigu et sur un trajet de huit à dix millimètres seulement, pour recommencer sa course un peu plus loin.

Les *stries cannelées* sont connues en Suisse sous le nom de coups de gouge, parce qu'en effet, elles rappellent l'effet produit par cet outil, ou par un rabot, sur une surface plane ; elles sont plus fréquentes sur la roche dure, sur le granite, que sur nos roches de sédiment.

Nous aurons l'occasion plus loin de décrire en détail certaines roches striées où ces différents accidents se trouvent tous réunis, nous verrons aussi qu'ils varient dans leur forme et dans leur direction, suivant la position et la nature de la roche qui a servi, dans les temps passés, de planche au burin.

Ces observations préliminaires, ces détails sur le terrain erratique en général, étaient indispensables avant d'entrer dans l'observation des faits particuliers

aux Vosges. Les questions qui s'y rattachent n'étant point encore épuisées, sont non-seulement sujettes à controverse, mais les observations les plus simples ne sont pas encore reçues comme des faits acquis à la science. J'ai donc pensé qu'il était nécessaire d'exposer en peu de mots l'état actuel des choses, afin que chacun puisse juger en connaissance de cause. Et maintenant que nous connaissons les principaux éléments qui constituent le terrain erratique, nous pouvons procéder à son examen dans le massif des Vosges, en commençant par la vallée de Saint-Amarin, que nous avons plus particulièrement étudiée avec une attention scrupuleuse.

#### *Vallée de Saint-Amarin.*

Cette vallée est encaissée entre deux ramifications de la chaîne des Vosges; les points culminants sur la rive gauche sont : le Ballon de Guebwiller, élevé de 1426 mètres au-dessus du niveau de la mer, et sur la rive droite : le Rossberg, 1196 mètres; le Drumont, 1226 mètres, et le Grand-Ventron, 1209 mètres. Elle est fermée au fond par le Rothenbach, 1319 mètres, et par le col du Bramont. Elle commence à Wildenstein, situé au pied de ce col, et vient déboucher à Thann, dans la plaine de l'Ochsenfeld, plaine qui fait elle-même partie du grand bassin du Rhin.

Sa longueur est de vingt-trois kilomètres et sa largeur moyenne est de mille mètres, sauf sur quelques

points où le pied des montagnes avance dans la vallée comme une décoration de théâtre, et donne lieu à des étranglements qui en rapprochent les bords à la distance de quelques centaines de mètres.

Son niveau au-dessus de la mer est :

	Mètres.
A Thann, à la croisée de la route d'Aspach . . .	342
A Willer, entre Willer et Bitchwiller. . . . .	377
A Moosch, à la filature. . . . .	400
A Saint-Amarin, à Hirschenbach. . . . .	403
A Wesserling, au pont <sup>1</sup> . . . . ., . . . . .	424
A Fellingring, au pont rouge. . . . .	442
A Odern, au moulin . . . . .	453
A Krüth. . . . .	509
A Wildenstein, entre le vieux château et Plaune	549

Ainsi, sur une ligne de 23 kilomètres, la pente est de 207 mètres, soit 0,009.

La différence de hauteur entre le sol de la vallée et le sommet des montagnes encaissantes est d'environ 1000 mètres.

<sup>1</sup> Ces chiffres sont pris sur les indications de la carte du dépôt de la guerre. Le chiffre Wesserling, 424 mètres, n'est pas d'accord avec celui obtenu par M. Marozeau avec un baromètre de Buntén, sur une moyenne barométrique de longue haleine et comparée avec les tableaux de l'Observatoire qui sont publiés tous les mois.

Nos calculs souvent répétés, d'après les tables de l'Annuaire et en tenant compte de 65 mètres pour la hauteur de l'Observatoire de Paris, nous donnent 415<sup>m</sup>,4 pour la hauteur de Wesserling. C'est donc 10<sup>m</sup>,6 inférieur au chiffre indiqué sur la carte de France.

Cette vallée, dont la direction générale est N.-O.-S.-E., est tout entière livrée à la culture; la vigne et le châtaignier prospèrent à Thann; plus haut ces cultures sont remplacées par des céréales et des prairies avec des arbres fruitiers, au fond par des pâturages et des champs de pommes de terre. La température moyenne de l'année, déduite de longues observations faites à la filature de Wesserling, peut être établie à  $+ 9$  centigrades<sup>1</sup>.

La nature du terrain a été suffisamment étudiée par les savants ingénieurs qui ont dressé la carte géologique de cette partie de la France; il est formé sur la rive droite, presque en entier, surtout à partir de Wesserling en amont, de roche cristalline, de granite, porphyre, diorite, eurite, et sur la rive gauche la roche de sédiment stratifiée, le schiste ancien et la grauwacke prédominant.

Le cours d'eau principal de cette vallée est la Thur, qui prend sa source sur les flancs du Rothenbach; elle alimente de nombreuses et importantes usines, puis va se jeter dans l'Ill près de Colmar.

<sup>1</sup> Cette température est déduite d'un tableau qui comprend les années 1851 à 1845, quinze ans. Elle a été notée par le directeur de la filature, M. Dirwell, le matin, à midi et le soir, avec un thermomètre placé à l'ombre et au nord, à deux mètres au-dessus du sol, dans une cour de la filature. Il n'y a dans ce tableau ni maximum ni minimum; l'observation de midi est exacte, mais l'observation du matin et du soir n'a pas été régulière; par conséquent, la moyenne de  $+ 9$  n'est qu'approximative, mais elle ne doit s'éloigner du chiffre exact que d'une petite fraction de degré.

## MORAINES FRONTALES.

*Moraine de Wesserling.*

Quand on remonte cette vallée depuis la plaine d'Alsace, la première moraine qui se présente à l'observateur est celle de Wesserling, à douze kilomètres en amont de Thann. Elle barre la vallée dans le sens transversal, elle est triple, elle forme trois ondulations principales, elle a été coupée par les eaux de la rivière, et six fragments restent sur place, trois sur la rive droite et trois sur la rive gauche. Ces fragments se correspondent exactement. Le point culminant de cet amas est situé à 35 mètres au-dessus du niveau de la rivière. J'ai mesuré l'ensemble de ces matériaux, il y a encore 12,759,000 mètres cubes sur place; si l'on y ajoute ceux qui ont été enlevés par les eaux et qui forment la coupure, le vide actuel qui sépare les fragments de moraine entre eux, on arrive au chiffre de 18 millions de mètres cubes.

Les plus gros blocs répandus sur cette surface sont anguleux, les moyens sont arrondis et les menus débris sont presque tous striés et rayés, quand ils proviennent de roche tendre de sédiment; quand ils sont de granite ou d'autre roche cristalline dure, ils ne sont pas rayés. Dans les coupures pratiquées dans cette moraine pour extraire des matériaux de construction, on remarque une absence complète de stratifi-

cation, absence de triage selon le volume. Les sables qu'on y recueille sur certains points, sont disposés en amas, en sacs, sans qu'il y ait de couches bien prononcées.

Le terrain étant en grande partie couvert de constructions, de fabriques, de jardins, de plantations, les gros blocs ont été successivement déblayés de la surface; il en reste cependant un certain nombre sur le dernier pli du terrain en aval, et d'un assez fort calibre. Un de ces blocs entre autres est remarquable par sa position sur le revers méridional de la moraine; il sert de pierre-borne, de limite entre la commune de Ranspach et celle de Hussern; il a 15 mètres cubes; le sol qui le supporte est incliné de 30 degrés. Ce bloc est posé légèrement sur une de ses petites faces; sa forme est polyédrique et ses arêtes ne sont que médiocrement usées; un faible effort suffirait pour le faire changer de place et le précipiter au bas du talus.

Cette moraine possède encore une propriété caractéristique qu'on ne rencontre pas sur tous les dépôts glaciaires: elle est remplie dans son intérieur de vides qui forment voûte, de petites cavernes, d'interstices qui séparent les blocs entre eux, comme si ces pierres fussent tombées une à une d'une certaine hauteur les unes sur les autres; il y a de ces vides où l'on peut enfoncer un bâton à plusieurs décimètres de profondeur sans toucher les cailloux.

On voit de ces espaces creux dans les talus d'éboulement qui sont au pied des montagnes ; mais il est assez extraordinaire d'en rencontrer dans l'intérieur d'un amas de matériaux mobiles, isolé, séparé des montagnes voisines par un petit vallon, enfin dans une position telle qu'il est impossible d'admettre que cette accumulation de pierres et de sable soit tombée là des flancs latéraux de la montagne. Dans les terrains qui ont été remaniés par les eaux, on ne trouve pas non plus de ces vides. On n'en a rencontré jusqu'à présent dans cette position que dans les débris transportés par les glaciers.

Les matériaux qui forment cette moraine<sup>1</sup> sont bien conformes à la description que les auteurs font de cette espèce de terrain ; on y trouve un répertoire complet de toutes les roches qui font partie du bassin supérieur.

Coupe dans le sens de l'axe principal de la vallée.



Coupe dans un sens perpendiculaire à l'axe principale de la vallée.



M Moraines.

D'un bord de la vallée à l'autre,  
800 mètres.

T Terrain de transition.

Hauteur du point culminant de la  
moraine, 35 mètres.

<sup>1</sup> Cette moraine a été remarquée par plusieurs observateurs :  
Par M. Le Blanc, *Bulletin de la société géologique*, t. X, p. 577.  
Par M. H. Hogard, *Observations sur les traces de glaciers qui*,

*Moraine de Krüth.*

Si de Wesserling nous remontons la vallée, nous rencontrons une quantité d'accidents erratiques, tels que roches polies, roches striées, moraines par obstacle, accumulations de débris, dans les conditions les plus favorables à l'hypothèse du glacier; nous en donnerons plus loin une description détaillée; en attendant nous allons examiner une seconde moraine frontale à cinq kilomètres en amont de Wesserling. Elle est située au village de Krüth, elle est triple comme la précédente; son premier pli en amont a la forme d'un arc de cercle, dont les deux extrémités s'appuient sur les flancs de la montagne; une large échancrure, produite par le mouvement des eaux, forme le lit actuel de la rivière; le second pli, parallèle au premier, n'en est distant que d'une centaine de mètres; puis, le troisième mouvement du terrain s'écarte de la parallèle et se prolonge au sud jusqu'en face de la petite vallée latérale de Saint-Nicolas; il se termine par une longue traînée de cailloux roulés et de blocs erratiques, qui forment arête au milieu de la vallée dans le sens de sa longueur.

Cette traînée, d'après les matériaux qui la com-  
*à une époque reculée, paraissent avoir recouvert la chaîne des Vosges. Épinal 1840.*

Par M. N. Leras. Ce dernier en donne même un plan et une coupe; mais son plan ne comprend que les portions de moraines situées sur la rive gauche de la Thur.

posent, pourrait avoir été produite par les moraines latérales du petit glacier qui descendait de la vallée de Saint-Nicolas, glacier qui débouchait à angle droit dans la vallée principale. On peut aussi attribuer sa formation au moment où la moraine supérieure de Krüth a été démantelée par la fusion des glaces. Ces deux hypothèses ne sont contraires ni l'une ni l'autre à l'existence des anciennes glaces.

La moraine de Krüth n'est pas aussi considérable que celle de Wesserling, son point culminant n'a guère au delà de dix à douze mètres d'élévation au-dessus de la rivière; mais elle forme un barrage naturel tout aussi bien dessiné, barrage perpendiculaire à l'axe principal de la vallée. Cette disposition transversale, comme si l'on eût voulu établir sur ce point une défense militaire, lui donne un caractère frontal irrécusable.

Les matériaux qui la composent sont en grande partie granitiques et porphyriques, les blocs et galets de grauwacke y sont rares; aussi y trouve-t-on fort peu de galets striés.

Entre la première moraine en amont et la rivière, il y a une belle carrière de sable, exploitée principalement pour la verrerie de Wildenstein; ce sable n'est autre que du granit broyé, la couche a trois mètres d'épaisseur; il est si fin et si bien tassé, qu'il se coupe au couteau en tranches minces; il repose sur d'énormes blocs de granit, il est recouvert d'un peu

de gravier roulé et d'une chétive couche de terre végétale; il est grossièrement stratifié en lignes horizontales. Il n'est peut-être pas inutile d'insister sur la place qu'occupe ce sable, entre une couche de gros blocs et une couche de gravier.

Le travail de défrichement étant moins avancé à Krüth que dans les parties basses de la vallée, cette moraine a conservé une partie de son caractère primitif. La plupart des gros blocs ont été respectés de la main des défricheurs; ils existent intacts, tels qu'ils ont été déposés dans les temps erratiques. J'en ai mesuré un certain nombre de six à huit mètres cubes. Les uns sont à angles vifs, les autres arrondis, ces derniers sont en majorité. Ces blocs sont du reste si nombreux que l'on conçoit que les cultivateurs reculent avant de les faire disparaître; ils enlèvent d'abord les blocs de moyenne taille et les galets, ils en font de grands tas, puis, à force de travail, ils obtiennent quelques maigres champs, cultivés en seigle ou en pommes de terre. Nos terrains de moraines ne sont toutefois pas stériles tant s'en faut; si les cultures annuelles y sont chétives et n'y réussissent qu'à force de soins, les arbres y prospèrent à merveille, leurs racines peuvent pénétrer avec facilité dans les profondeurs de ces amas. C'est en général sur notre terrain erratique que l'on remarque les plus beaux chênes et les plus beaux charmes. Les tilleuls et les marronniers de la moraine de Wesserling,

plantés en 1760, sont remarquables par leur vigueur et leur belle venue.

Nous venons de voir, dans la vallée de Saint-Amarin, deux moraines qui ont un caractère frontal incontestable, et qui font échelle à une distance de cinq kilomètres, sur un sol qui a été occupé par le même glacier. Nous retrouverons cette même disposition dans les autres vallées des Vosges, et nous aurons occasion d'en déduire des conséquences théoriques relatives au phénomène erratique en général.

Nous allons examiner maintenant les moraines de cette même vallée, que nous avons indiquées sous le nom de *moraines par obstacle*. Nous nous bornerons à transcrire, avec quelques détails de plus, le mémoire que nous avons envoyé à ce sujet à la Société géologique de France<sup>1</sup>.

#### MORAINES PAR OBSTACLE.

Nous avons vu, page 8<sup>14</sup>, que les moraines par obstacle sont des amas de matériaux mobiles, adossés contre des roches en place. Cette forme du terrain erratique, que je ne trouve décrite nulle part, mérite une attention particulière. Dans la vallée de Saint-Amarin les moraines par obstacle sont au nombre de sept ou huit; tous les monticules isolés, coniques, de roche en place de trente, quarante, cinquante à

<sup>1</sup> *Bulletin de la société géologique*, 2<sup>e</sup> série, t. III, p. 180.

cent quatre - vingts mètres qui surgissent du sol ,  
comme des îles , en amont de Wesserling , en sont  
pourvus.

### *Le Bärenberg.*

Entre le village d'Odern et celui de Krüth, le monticule noté sur ma carte sous le nom de Bärenberg , de 80 mètres de hauteur , peut servir de type comme étude du genre. La roche est un schiste argileux ancien , cambrien ou silurien , stratifié en couches relevées presque verticalement, qui alternent avec des masses fondues porphyroïdes.

Sur le côté nord ce mont est couvert jusque près du sommet d'un revêtement de détritiques mobiles, dont la composition est identique à celle des autres moraines de notre vallée. Les accumulations de sable fin sont de préférence disposées par bandes dans la région inférieure de ce mont ; puis les matériaux d'un plus fort volume sont plus abondants dans la région moyenne, ensuite les blocs métriques sont dans la région basse, empâtés dans le sable et la terre. A cinquante mètres plus haut ces mêmes blocs sont un peu mieux dégagés, puis près du sommet ils sont tout à fait libres, découverts, dégagés de galets et autres menus débris ; ils reposent directement sur la roche en place.

Il faut distinguer parmi ces blocs et débris, ceux qui ont été déplacés plus tard par la main de l'homme

pour préparer le sol à la culture. La plupart de nos moraines étaient, il y a cinquante ans, couvertes de chênes, hêtres et sapins; le sol mobile de ces amas de débris se prête fort bien à la culture des arbres de haute futaie, mais pour les besoins de la population on les a fait disparaître, et la plupart de nos moraines sont aujourd'hui transformées en champs cultivés.

Au Bärenberg les blocs métriques sont en grande majorité, arrondis, émousés, ceux qui ont conservé des angles vifs sont plus rares, les uns et les autres sont en granite ou en beau granite porphyroïde, quelques blocs de quartz blanc saccharoïde et de silex cornaline s'y remarquent aussi. La roche schisteuse ne se trouve que dans les menus débris. Il est facile de remonter à l'origine de tous ces matériaux.

La roche cristalline, le granite et le granite porphyroïde identiques, se trouvent en place à 6 kilomètres en amont, auprès du col du Bramont, à la montagne de la Tête-Ronde qui ferme la vallée dans cette direction, et dans les environs de Wildenstein, sur la rive droite. Les quartz et silex font partie de ce même massif, où ils figurent en qualité de roche de filon.

La roche de sédiment similaire est en place sur toute la rive gauche de la vallée en amont.

Comme étude de roches et de galets striés, le Bärenberg n'est pas dépourvu d'intérêt. Les galets striés y sont abondants, j'en ai recueilli de fort beaux exemplaires, dans une ouverture pratiquée dans cette mo-

raîne du côté nord-ouest, pour l'extraction du sable. Les galets recueillis ainsi au milieu d'une tranche de sable en exploitation, ont des stries d'une netteté parfaite; ceux que j'ai trouvés sous les glaciers ou bien enchâssés dans les masses même de glace, ne sont pas mieux burinés; le travail de gravure qui sillonne leur surface est du reste dans les deux circonstances exactement identique. En comparant des galets striés que j'ai rapportés des glaciers en activité avec ceux que je recueille sur les moraines des Vosges, il est impossible d'apercevoir aucune différence, quand bien même la roche n'est pas de même nature. Les calcaires noirs compactes des Alpes ont beaucoup d'analogie sous le rapport de l'aspect extérieur et de la dureté du grain avec nos schistes anciens; le burin erratique y a produit le même résultat.

J'ai trouvé la roche striée en place sur quatre points différents du Bärenberg.

On ne la découvre pas tout d'abord au premier aspect, j'ai consacré plusieurs séances à la recherche de cette roche; elle est cachée par les mousses et les bruyères. Ensuite la roche porphyroïde, qui fait partie de ce petit massif, n'est pas susceptible de recevoir des empreintes nettes: ce n'est guère que sur les roches à pâte fine que les stries conservent ce caractère de netteté qui les rend si remarquables.

Ce mont, dont le plan a la forme d'un ovale, a sur les deux extrémités du grand axe des points où

la roche offre des stries suffisamment prononcées. D'abord du côté de l'est, derrière les dernières maisons du village d'Odern, la roche, sur un plan très-incliné, se montre à découvert; elle est polie et striée, les stries qui la sillonnent sont longues et sensiblement parallèles, leur direction s'éloigne peu de l'horizontale. Sur le côté ouest le poli et les stries se trouvent aussi imprimés sur une roche à forte pente, dans un terrain nouvellement défriché; elles ne sont pas dans la direction de l'axe principal de la vallée, ni horizontales; cette roche étant dominée en amont par une masse montonnée, sur un point où la vallée s'élargissant un peu, après avoir été resserrée dans des limites fort étroites, les stries ont une direction qui plonge de haut en bas, sous un angle de 25° à 30° avec l'horizon; elles n'ont au surplus aucun rapport avec le sens du clivage ou le sens des feuilletts du schiste.

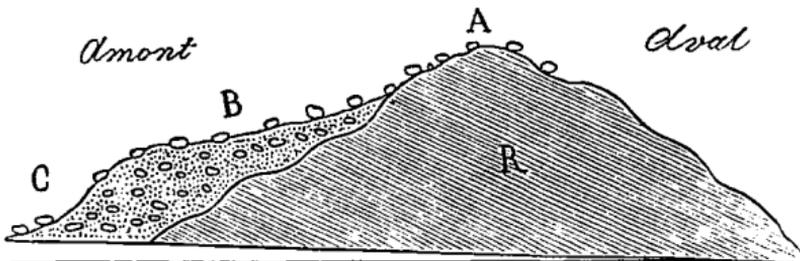
En examinant la configuration du terrain environnant, cette direction inclinée des stries s'explique naturellement si l'on admet l'hypothèse du glacier; dans l'hypothèse contraire, un courant d'eau ou de boue aurait conservé son horizontalité; les stries qu'il aurait pu produire n'auraient pas la direction inclinée qu'on remarque ici.

Au sommet, les couches du schiste deviennent tendres, jaunâtres; il passe à l'état de pierre à aiguiser; les défrichements en ont détruit une grande partie; il en reste toutefois assez pour pouvoir y recueillir

encore de beaux exemplaires striés avec délicatesse. Le moteur qui les a produites n'étant pas gêné dans son allure comme à la base de ce cône, la position des stries n'a pas subi d'altération dans sa direction normale, direction qui se remarque partout dans notre vallée : elles sont horizontales et dans le sens de l'axe principal.

Sur le versant sud du Bärenberg tous les accidents erratiques disparaissent, pour faire place à différents talus d'éboulements, qui ont sans doute été produits par la forte pente et la nature de la roche de ce monticule; ces talus n'ont aucun rapport avec ceux de la face opposée.

Coupe du Bärenberg, dans le sens de l'axe de la vallée.



- A Blocs métriques.
- B Blocs métriques et débris moyens.
- C Blocs métriques, débris moyens et sables fins.
- R Roche en place.

Nous trouvons donc sur ce monticule, qui n'a pas cinq cents mètres de diamètre, des blocs métriques évidemment erratiques, des débris composés de cailloux, de sable grossier, de sable fin et des galets striés, disposés dans un ordre qui ne permet pas d'ad-

mettre que les eaux soient intervenues d'une manière quelconque dans leur mode de transport. Puis pour complément, la roche striée en place sur les côtés latéraux et au sommet.

### *Wildenstein.*

Les autres moraines par obstacle les mieux caractérisées de notre vallée, sont situées à peu de distance du Bärenberg. A 4 kilomètres en amont, le rocher qui porte les ruines de l'ancien château féodal de Wildenstein est revêtu sur son revers nord-ouest d'un manteau de débris, en tout point identiques à ceux que nous venons d'explorer.

Ce rocher, de 180 mètres de haut, est séparé des montagnes voisines par deux couloirs; dans l'un passe la route et dans l'autre la rivière. Il est presque tout entier formé d'une masse de granite porphyroïde; on n'y trouve nulle part de stries délicates, mais seulement des parois de roc plus ou moins bien polies et arrondies. Ce rocher, occupé par une garnison dans les temps féodaux, est maintenant couvert d'une végétation luxuriante; la nature a repris ses droits. Parmi toutes ces broussailles et même ces grands arbres, on a de la peine à débrouiller la trace de l'ancien chemin. Le roc se montre peu à découvert, sauf du côté sud-est; mais là il est un peu difficile au géologue d'aller l'observer, parce qu'il est

pour ainsi dire vertical, comme un mur de cent à cent vingt mètres de hauteur.

Du côté sud ce rocher se termine en promontoire surbaissé, où les blocs sont venus s'accumuler en grande quantité; ils sont erratiques, ils ne proviennent point d'un éboulement supérieur, parce que leur position et leur qualité s'opposent à l'admission de cette hypothèse. Au pied du rocher du côté du sud-est, les blocs de granite et les débris erratiques sont accumulés en assez grande quantité pour constituer une véritable moraine latérale. La route coupe cette masse de débris, et l'on peut voir dans la coupure des blocs d'un assez fort volume; ils sont en général d'un beau granite blanc, d'une qualité bien différente du granite posphyroïde de la roche en place.

Tout auprès du torrent la roche est sillonnée par de larges cannelures de 7 à 8 décimètres de largeur et de plusieurs mètres de longueur, décrivant une courbe qui n'est point parallèle au cours de l'eau. Ces sillons sont-ils erratiques? sont-ils produits par une autre cause?

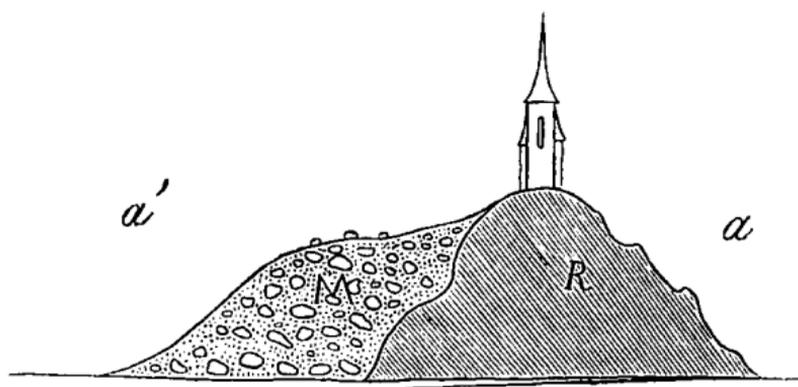
#### *Odern.*

En aval du Bärenberg, à la distance de quelques centaines de mètres, nous trouvons encore une moraine par obstacle tout aussi bien prononcée. C'est le rocher au sommet duquel est bâtie l'église du village d'Odern. Du côté d'aval ce rocher est très-escarpé, presque vertical, complètement dénudé; il a con-

servé toutes ses aspérités naturelles. Du côté opposé il est plaqué d'un revêtement de détritits erratiques considérables, composé de blocs, de sable et de galets. Le cimetière du village, avec quelques plantations d'arbres, est établi sur cet amas; on peut juger de sa composition lorsque ce terrain est remué pour creuser des tombes.

Cette moraine se distingue des précédentes par l'existence d'amas de terre rougeâtre argileuse, qui font partie intégrante de sa masse, amas où les blocs sont venus s'empâter à différentes profondeurs. Sur les points où la rivière a entamé cette moraine, ces blocs sont suspendus à une certaine hauteur et ne tiennent à la masse que par la force agglutinative de cette terre. Le plan de ce mont a la forme d'une ellipse; vers l'un des sommets de la courbe le roc n'est pas strié, mais il est usé, frotté et arrondi.

Coupe de la moraine par obstacle d'Odern, dans le sens de l'axe de la vallée.



R Roche en place.  
M Moraine.

a aval.  
a' amont.

En descendant notre vallée nous trouvons encore un monticule isolé qui s'appelle le *Marlen*, entre le village d'Odern et celui de Fellingring. Ce Marlen est dans les mêmes conditions que le Bärenberg, etc. Son revers nord est couvert de débris erratiques, de galets striés, terre argileuse, blocs métriques de granite et de granite porphyroïde. Ces blocs sont au sommet de ce mont posés légèrement, supportés par des corniches de roche en place, ou engagés sur des pentes de trente à quarante degrés; le moindre effort suffirait pour les déranger d'une position aussi peu stable.

### Le *Hasenbühl*.

En se rapprochant de Wesserling, après avoir dépassé le village de Fellingring, on rencontre sur la rive gauche un petit ballon de 70 mètres d'élévation au-dessus de la rivière; il se détache de la montagne voisine, dont il n'est séparé que par un petit vallon pierreux. Cette protubérance s'appelle le *Hasenbühl*; elle est non-seulement remarquable par la présence des débris qui sont tassés sur un des côtés, mais encore par les belles stries dont toute la calotte supérieure de ce rocher est couverte.

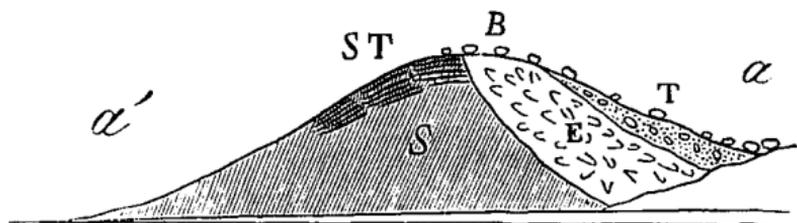
Ces stries ne sont pas longues, ni rectilignes; elles rentrent dans la catégorie de celles que nous avons désignées sous le nom de *régime saccadé*. Elles sont fines et fort nettes, et la roche a conservé son poli

sur les points où les agents extérieurs n'ont pas pu exercer leur action à cause de la couche épaisse de mousse qui la recouvre. Sur les points découverts où ces mêmes agents ont pu exercer leur action depuis des siècles, le poli brillant a disparu pour faire place à un grain mat, mais les stries sont restées intactes, elles ne sont point entamées. Les galets striés sont abondants parmi les débris de cailloux du revers nord-ouest.

Des blocs erratiques de granite blanc sont dispersés sur le sommet de ce petit ballon. Il n'est pas tout entier de roche schisteuse de sédiment; il est en partie formé de roche cristalline d'eurite, non stratifiée. Cette roche, dure comme du silex, est bien susceptible de se polir, mais elle n'est pas de nature à recevoir des empreintes fines, burinées.

Les stries sur la roche schisteuse sont dans la direction de l'axe principal de la vallée.

Coupe du Hasenbühl, 70 mètres au-dessus du niveau de la rivière.



S Schiste.

E Eurite.

T Débris erratiques avec galets striés.

B Blocs erratiques de granite.

ST Stries erratiques.

a amont.

a' aval.

Au pied du Hasenbühl, du côté du village, on trouve dans un petit chemin creux, de gros blocs de granite qui ont été employés pour faire un mur sec; ces blocs ont été extraits d'un champ voisin; leur volume primitif étant de plus d'un mètre cube, on les a cassés en plusieurs fragments; on remarque sur ces fragments un grand nombre de stries, de cannelures de plusieurs millimètres de profondeur, qui ne sont pas précisément parallèles, mais qui divergent en rayonnant d'un centre commun. Ces blocs cannelés se trouvent encore sur différents points de la vallée; ils font partie de la variété erratique dont nous avons parlé page 17, et que M. Hogard a signalés sur le versant occidental de la chaîne des Vosges.

En jetant un coup d'œil sur la coupe longitudinale de la vallée de Saint-Amarin, on peut voir d'un seul coup toutes les *moraines par obstacle* qui tapissent les rochers du fond de cette vallée. Elles sont remarquablement bien disposées pour satisfaire à toutes les exigences de l'hypothèse des anciens glaciers.

#### ROCHES STRIÉES.

##### *Le Glattstein.*

Outre les roches striées en place que nous venons de voir au Hasenbühl et au Bärenberg, la vallée de Saint-Amarin en renferme encore d'autres, fort remarquables par leur belle conservation et leurs larges

surfaces encore intactes. Nous citerons celles qui sont d'un abord facile.

A 500 mètres en amont de la moraine de Wessering, sur la rive droite, à quelques mètres de la prise d'eau de l'établissement, au lieu dit le *Glattstein*, le pied de la montagne, baigné par la rivière, avance dans la vallée et forme promontoire. Un petit chemin vicinal, qui passe du village de Hussern à celui d'Urbès, contourne horizontalement cette montagne. C'est sur la berge entre ce chemin et la rivière, sur un maigre terrain communal que la roche striée en place perce sur certains points et sur une étendue de 12 à 15 mètres, particulièrement au bord de l'eau. La pente générale est un plan fortement incliné, mais le terrain est très-accidenté; cette roche forme une suite de mamelons arrondis et moutonnés.

C'est une roche sédimentaire de schiste argileux, gris bleu, compacte, à grain très-fin, dont les strates largement dessinées dans la direction E.-O. plongeant N., alternent avec d'autres couches d'une grauwacke à grain plus grossier en stratification concordante. Ces schistes appartiennent aux terrains les plus anciens de l'écorce du globe; ils sont cambriens ou siluriens; jusqu'à présent on n'y a pas découvert de fossiles. Le *Glattstein* offre un des plus beaux types de roches striées; la finesse de la pâte a permis au burin d'y imprimer les traits les plus délicats. Les

stries ne sont point rigoureusement horizontales, ni rectilignes; elles décrivent une courbe à grand rayon; elles montent lorsque le mouvement de la roche monte, elles descendent lorsque celui-ci descend; elles en suivent toutes les sinuosités sur le côté amont. En aval, lorsque la roche présente quelque brusque anfractuosité, quelque creux, les stries disparaissent.

Leur direction n'a aucun rapport avec le sens du clivage. Vu à distance, ce roc représente une suite de petits mamelons usés, polis. On peut y distinguer les trois régimes de stries dont nous avons parlé p. 38. 1° Des stries rectilignes, 2° des stries saccadées, 3° des stries cannelées.

Les stries rectilignes sont peu profondes; nous conservons la dénomination de *rectiligne* pour les distinguer des autres et pour nous conformer au nom adopté par les auteurs qui ont observé ailleurs ce genre de phénomène; mais au Glattstein elles ne sont pas constamment rectilignes; beaucoup de stries s'éloignent sensiblement de la ligne droite pour décrire une courbe à rayon plus ou moins grand. Elles sont fréquemment croisées entre elles et se coupent sous un angle aigu. A la surface de cette roche ce sont les stries rectilignes qui sont les plus nombreuses et celles qui frappent tout d'abord l'observateur.

Les stries saccadées au Glattstein sont des sillons creusés dans la pierre avec un burin fort tranchant,

comme si l'on eût appliqué un instrument, un ciseau pointu, par exemple, sur le roc, en l'inclinant de 25 à 30 degrés, et qu'on eût frappé sur le manche du ciseau avec un maillet. Chaque coup de maillet se suit de l'œil; le sillon est formé par une infinité de petits éclats de roche enlevée.

Les stries cannelées ne s'aperçoivent point sur un échantillon de huit à dix centimètres carrés; il faut se placer à quelques pas de distance pour les bien juger. Ce sont des sillons rectilignes, larges, faiblement creusés, parallèles et ne se coupant pas entre eux. Si par suite de l'action désagrégeante des agents extérieurs ou par toute autre cause, les stries rectilignes qui sillonnent l'intérieur de ces larges cannelures ont disparu en tout ou en partie, les cannelures restent et s'aperçoivent très-bien à distance.

Les petites veines de quartz, qui se ramifient dans ce schiste et une grosse veine de roche de filon de 4 centimètres d'épaisseur sur 3 à 4 mètres de longueur, sont usées et coupées net au même niveau que les autres parties de la roche. Elle est en partie couverte de végétations, de mousses, de genets, de bruyères; la terre qui la recouvre n'est point de la terre végétale ou des schistes décomposés. En ayant fait découvrir une portion pour juger de son état de conservation et pour en extraire des échantillons, j'ai reconnu dans les matériaux remués à cette occasion tous les éléments qui constituent le terrain er-

ratique; on y trouve du sable, des galets nettement striés, des petits blocs arrondis de granite et d'autres fragments de granite à angles vifs; le tout de même nature que ceux qu'on trouve dans l'intérieur de nos moraines.

Le poli de la roche est beaucoup mieux conservé dans les endroits couverts de débris que dans ceux qui sont exposés à l'action des agents atmosphériques; ceux récemment mis à nu sont irréprochables sous le rapport de la pureté des traits de burin qui la sillonnent.

Une autre remarque à faire sur ces places nouvellement déblayées, c'est la présence sur la roche d'une incrustation de sable fin, qui y adhère assez solidement. Ce sable agglutiné forme de petits amas qui résistent au lavage à l'eau froide; il est si bien incrusté qu'on ne peut l'enlever qu'en laissant tremper un échantillon chargé d'incrustations, pendant quelques heures, dans de l'eau chaude et le frottant ensuite avec une brosse. Ce sable est un mélange de poudre excessivement fine avec des fragments de quartz de 1 à 2 millimètres de diamètre.

Dans les terrains calcaires on voit souvent de ces incrustations de sable sur les roches, mais au Glattstein, ces matières ne font pas effervescence avec les acides; les eaux calcaires sont d'ailleurs tout à fait étrangères à la localité; on n'en trouve nulle part dans notre vallée.

Ces incrustations ne sont autre, à mon avis, que ce qu'on appelle *la boue du glacier*; c'est elle et les corps durs qui sont engagés dans la glace même qui font l'office de burin; on peut s'en convaincre en examinant avec attention une strie prise isolément et couverte d'incrustations; c'est si bien ce sable qui a buriné la roche, qu'on retrouve le grain de quartz encore emprisonné dans son sillon. Si on lui imprimait de nouveau un mouvement locomotif en avant, avec pression, il continuerait à labourer la roche comme il l'a fait dans les temps passés.

Quant à la limite supérieure, où les stries et le poli du Glattstein s'arrêtent, elle est difficile à déterminer exactement; à 10, 15, 20 mètres plus haut, sur le penchant de la montagne, on rencontre encore des vestiges de polis et des rudiments de stries; les débris erratiques se prolongent même beaucoup plus haut; mais les défrichements, la culture et l'action incessante des agents extérieurs ont détruit en grande partie l'œuvre erratique des anciens temps.

Cette roche du Glattstein a un caractère erratique si prononcé, elle est en si bon état de conservation, que je n'ai pas pu résister au désir d'en envoyer quelques exemplaires<sup>1</sup> aux autorités de la science, à

<sup>1</sup> Elle est si dure, si compacte que des échantillons avec de larges surfaces bien conservées, n'en sont pas faciles à extraire. Un géologue armé de son marteau n'en vient pas à bout; il faut employer la poudre ou le ciseau à froid. J'ai essayé des deux

M. Élie de Beaumont et à M. Agassiz. Ce dernier me répondit de suite que cette roche a *incontestablement le caractère des polis glaciaires des Alpes*. Sentant l'importance du fait, il a bien voulu, de son côté, envoyer à Paris des échantillons de roches striées de la Suisse, pour qu'on puisse les comparer aux miennes. Ces deux espèces de roches, de la Suisse et des Vosges, ont été mises, par les soins de M. Élie de Beaumont, sous les yeux de la Société géologique; elles ont été trouvées identiques quant au burinage et à la nature des stries. Lorsque nous aurons occasion de discuter et de comparer les phénomènes modernes avec les phénomènes anciens, nous rendrons compte de la discussion élevée à ce sujet à la Société géologique, dans la séance du 17 février 1845.

### *Stries croisées.*

Après le Glattstein, le Hasenbühl et le Bärenberg, les autres roches striées en place de la vallée de Saint-Amarin présentent encore quelque intérêt et nous ne pouvons pas oublier de faire mention des roches striées qui se trouvent sur le revers sud-est du Hüsselberg, montagne qui domine le Glattstein et dont le sommet n'a pas au delà de 725 mètres au-dessus du niveau de la mer. Ces roches percent de loin en moyens; le premier ne donne pas de résultats satisfaisants; le second est bien préférable pour la bonne conservation des exemplaires.

loin le flanc assez rapide de la montagne; elles sont schisteuses et les stries que j'y ai remarquées présentent ce fait singulier et rare, qu'elles se coupent entre elles, non pas sous un angle aigu, mais sous un angle qui approche de 90 degrés. Dans le sens horizontal, les stries sont fines et saccadées comme celles du Hasenbühl; puis dans le sens vertical, elles sont plus fortement accusées, plus longues, formant un sillon mieux cannelé. Ces roches sont assez difficiles à déterrer, parce que ce flanc de montagne, malgré sa pente, est couvert de terrains cultivés, et en même temps ce schiste grauwacke, qui seul est susceptible de se laisser buriner finement, est traversé à chaque instant par des masses de granite porphyroïde, fort cassant, et sur lequel les agents erratiques n'ont pas pu exercer une action d'usure et de politure permanente. J'ai réussi cependant à en recueillir quelques exemplaires dont les stries se coupent à peu près à angle droit.

Ce point n'est pas le seul où j'ai trouvé de ces roches avec des stries croisées; il y en a encore sur la pente rapide de la montagne qui domine le village de Felling sur la rive gauche; elles sont identiques quant à leur burinage à celles du Hüsselberg; elles se coupent sous un angle qui n'est pas éloigné de 90 degrés. Cette roche est friable; elle se casse en petits fragments rhomboïdaux; il n'est guère possible d'en extraire des échantillons satisfaisants.

Nous chercherons plus loin à donner une explication de la cause de ces croisements des stries <sup>1</sup>.

La vallée de Saint-Amarin, comme le tronc d'un arbre, possède ses branches latérales et ses rameaux ; nous allons pénétrer dans quelques-uns des vallons latéraux, pour y suivre les traces que le phénomène erratique y a laissées écrites de son passage.

### *Vallée latérale d'Urbès.*

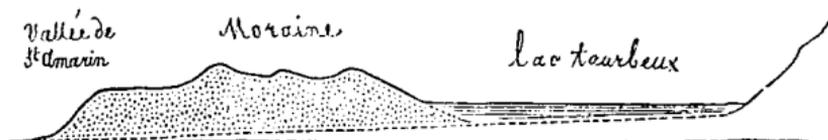
Cette vallée, dont le bassin est nettement dessiné, dans la direction N. E.-S. O., a 5 kilomètres de longueur sur 500 mètres dans les endroits les plus larges. Le sol en est peu incliné, presque horizontal ; il n'est élevé que de 10 mètres au-dessus de la vallée de Saint-Amarin ; il se compose d'un fond de tourbe marécageux, qui porte encore le nom de lac d'Urbès ; les travaux de dessèchement lui ont fait perdre sa qualité de lac, qu'il ne reprend que temporairement, aux époques de grandes eaux. Elle est encaissée de toute part par des montagnes à pentes roides, en partie couvertes de forêts, sauf sur la rive droite, du côté du Storckenson, où le relief du sol, venant à s'abaisser jusque près du niveau de la vallée, donne lieu à l'ouverture d'un vallon latéral.

<sup>1</sup> En Suisse, M. Escher de la Linth est, à ma connaissance, le premier qui ait signalé ces *stries croisées* à l'attention des observateurs. Il attribue leur formation à d'anciens glaciers (*Bulletin de la Société géologique*, 2<sup>e</sup> série, t. III, p. 251).

En interrogeant ces pentes sur tout le pourtour de la vallée, on y reconnaît de suite les différents signes qui caractérisent le passage d'un glacier. En aval elle se termine par une énorme moraine frontale, multiple. C'est un encombrement considérable de détritrus qui en occupent toute la largeur, et qui forment une série de petites ondulations disposées par bandes perpendiculaires à l'axe de la vallée et dont le point culminant se trouve au centre. Ces bandes sont arquées, les pointes touchent la montagne et la partie convexe vient se perdre en aval en formant une berge rapide, parallèle à la direction générale de la vallée de Saint-Amarin.

Une échancrure assez profonde coupe cette moraine pour donner passage aux eaux et à la route. L'ensemble de cet amas a 600 mètres de longueur sur 500 mètres de large, hauteur moyenne 10 mètres, ce qui fait une masse de matériaux de 3 millions de mètres cubes.

Coupe longitudinale suivant la ligne médiane du fond de la vallée d'Urbès.



Il n'y manque rien de ce qui constitue ordinairement les moraines, sauf des gros blocs métriques. Cette absence de blocs d'une dimension un peu forte

n'est pas un argument sérieux contre la nature erratique de cet amas; elle peut s'expliquer facilement. La roche qui l'encaisse est dans toute cette petite vallée d'une nature friable, elle se délite volontiers, elle se divise en cailloux qui n'atteignent pas un fort volume. Le glacier, en formant sa moraine, n'a pas pu prendre d'autres matériaux que ceux qu'il avait sous la main, il n'y a pas de gros blocs sur cette moraine, parce que cette vallée n'en fournit pas. On y trouve un grand nombre de galets striés, dont les uns sont tout à fait ronds, d'autres ovoïdes, d'autres polyédriques avec des angles intacts. Dans les cailloux de moyenne taille on reconnaît des échantillons de toutes les différentes roches qui tapissent ce petit bassin.

Quant à la roche striée en place, plusieurs observateurs l'ont reconnue dans cette vallée, entre autres M. Renoir. « Au-dessus du village d'Urbès, près de « l'un des tournants de la route, à plus de 500 mètres « au-dessus de Wesserling<sup>1</sup>. »

Cette vallée est encore remarquable par les longues traînées de débris erratiques qui suivent les flancs de la montagne encaissante, sur la rive droite et sur la rive gauche, en décrivant des lignes à peu de

<sup>1</sup> *Bulletin de la Société géologique*, t. XI, p. 57. Il y a ici une erreur de chiffre de la part de M. Renoir; le point culminant de la route d'Urbès à Bussang n'est qu'à 312 mètres au-dessus de Wesserling.

chose près horizontales. On retrouve ces détritiques à 300 mètres de hauteur au-dessus du sol de la vallée ; ils sont faciles à distinguer des débris d'éboulements, à cause de la variété des espèces de roches qui les composent, et puis toujours par la présence des galets striés et des amas de sable aussi pur et aussi bien lavé que le sable de rivière.

La présence de débris minéralogiques, les uns anguleux, d'autres arrondis et un grand nombre *striés*, entremêlés de sable fin et bien lavé ; débris dont l'origine en place est connue, et actuellement déposés sur des flancs de montagnes ayant une inclinaison sur certains points de plus de 30 degrés, me paraît une preuve bien concluante à ajouter à celles que nous avons indiquées pour démontrer la présence d'un ancien glacier dans cette localité.

Ces flancs de montagnes sont couverts de forêts de sapins, de hêtres, de chênes ; c'est particulièrement dans les fossés creusés pour la délimitation des propriétés qu'on reconnaît l'existence du terrain erratique. Si ces fossés n'existaient pas, on éprouverait quelque difficulté à le découvrir ; les broussailles, les grandes herbes, le terreau et la terre végétale qui forment la pellicule superficielle de l'écorce terrestre, le dérobent aux yeux de l'explorateur.

Le fond de cette vallée se divise en plusieurs rameaux qui sont tous plus ou moins encombrés de blocs et de débris. Une de ces ramifications, celle qui

conduit à la montagne du Gazon-Rouge ; se distingue des autres par le nombre et le volume des blocs répandus à droite et à gauche du ruisseau ; quelques-uns de ces blocs ont plusieurs mètres cubes , mais le trajet de ces gros blocs ne s'est pas étendu au delà d'un kilomètre ; plus loin , en aval , leur volume diminue , et nous venons de voir que sur la moraine frontale on n'en trouve plus. C'est dans ce petit fond de vallée qu'il existe un amas de débris erratiques , adossé contre la montagne , où la stratification du sable est nettement prononcée , amas sur lequel nous aurons occasion de revenir.

### *Vallée de Mollau.*

Cette vallée est un des nombreux embranchements qui viennent aboutir dans la vallée principale de Saint-Amarin. Son fond commence au pied des sommets élevés , des crêtes qui la séparent de celle de Massevaux ; il se subdivise en trois vallons , se réunissant à la branche commune un peu au-dessus du village de Mollau. Dans le village même le sol est jonché de blocs métriques , de granite , de granite porphyroïde , de roche serpentineuse d'un beau vert , de roche quartzeuse , etc. La roche en place , quand elle perce quelque part aux environs du village même , est une grauwacke stratifiée , en couches fortement inclinées.

Ce vallon, dont la longueur totale est de 3 1/2 kilomètres, possède deux moraines frontales placées transversalement en échelons à 2000 mètres de distance l'une de l'autre. La première de ces moraines, celle qu'on rencontre tout d'abord en montant, est posée comme un rempart au milieu du village de Hussern; elle a 15 mètres de haut, sa forme n'est ni arquée, ni bombée; elle suit une ligne droite, horizontale, qui court d'un bord à l'autre de la vallée. Sa ligne de faite est plantée de beaux chênes. Les eaux ne sont pas venues la déranger ou l'entamer sur aucun point, le ruisseau passe dans un autre embranchement de la vallée. Son revêtement en gazon lui donne tout l'aspect d'un travail de défense militaire, d'un énorme rempart. En amont il y a cependant quelques champs labourés qui permettent de reconnaître la qualité du sol et des matériaux. Ils sont, comme nous l'avons vu ailleurs, un composé de toutes sortes d'espèces de roches, sans triage selon le volume. Quelques gros blocs erratiques pointent à la surface des champs et des prairies. On peut recueillir sur ces champs un grand nombre de galets striés.

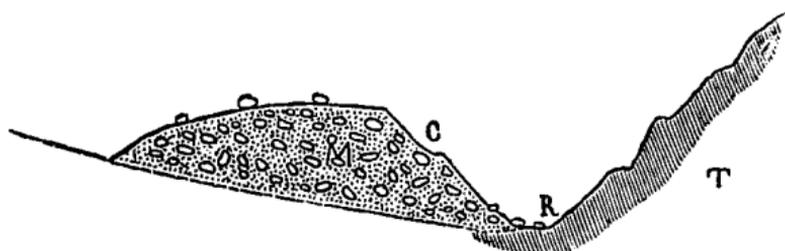
La pente du talus en aval est fort rapide, elle s'éloigne peu de 45 degrés. En amont cette pente s'adoucit beaucoup et forme plusieurs étages, plusieurs grandes marches d'escalier, qui finissent par se confondre avec le sol.

La seconde moraine frontale qui barre la vallée de Mollau, commence aux dernières maisons du village de ce nom, celle qu'on appelle la maison du garde repose presque à son sommet. Le sol en est aussi livré à la culture; elle n'a pas la forme d'un rempart, elle est arrondie de tous les côtés, comme un sphéroïde, un œuf partagé en deux dans le sens de sa longueur. Un des côtés du solide est entamé; il est coupé net sous un angle qui approche aussi de 45 degrés et forme une berge d'une quarantaine de mètres de hauteur qui descend jusqu'au lit du torrent.

La forte inclinaison de cette coupure et l'extrême mobilité des matériaux n'a guère permis à la végétation d'y prospérer; le chemin longe cette berge horizontalement. Les dégradations produites par les eaux et les matériaux qu'on y a puisés pour les besoins de l'industrie, l'ont mise à découvert; on peut l'étudier commodément sur ce point. Il n'y a pas d'apparence de stratification. Les gros blocs sont empâtés sur la surface de cette tranche à toutes les hauteurs et dans toutes les positions, ils sont entremêlés de cailloux et de sable. En enlevant un peu de sable ou un petit caillou faisant coin, ils peuvent se détacher et rouler jusqu'au fond.

Les matériaux menus ressemblent parfois à s'y méprendre à un tas de décombres, à un amas de remblais, qu'on aurait transporté là à la brouette.

Coupe de la moraine de Mollau, dans un sens perpendiculaire à l'axe de la vallée.



M Moraine.

C Chemin.

R Ruisseau.

T Terrain de transition.

D'autres blocs métriques sont semés au hasard sur les pentes et le sommet légèrement aplati de cette moraine ; quelques-uns sont ronds, d'autres sont à arêtes vives. Le granite petit grain et la roche cristalline verte y figurent.

Le vide qui existe entre la coupure de la moraine et la montagne, vide que nous pouvons nous représenter sous la forme d'un prisme triangulaire, dont la base serait un plan mené du sommet de la moraine à la montagne schisteuse en face, était sans doute, à une époque erratique, rempli des mêmes matériaux ; ils auront été entraînés peu à peu par les eaux, qui peuvent facilement attaquer et détruire une masse pareille de détritits aussi mobiles que les dunes de la Hollande ; on les retrouve du reste dispersés sur le sol, sur toute la ligne que suit le ruisseau jusqu'au village de Husseren. Ces débris n'ont toutefois pas tous été entraînés : il en reste sur la montagne, en

face de la moraine, quelques petits amas, sur les points où le relief du sol forme des dépressions moins accessibles aux influences des courants d'eau.

Immédiatement en amont de la moraine de Mollau, on remarque que la configuration du terrain est disposée en forme de grandes marches d'escaliers, de terrasses parallèles qui suivent les mouvements du pied de la montagne, comme les gradins d'un grand cirque, jusqu'à la hauteur de 50 à 60 mètres, ainsi que nous l'avons vu en amont de la moraine de Husseren. Nous aurons occasion plus loin de revenir sur cette forme du terrain en terrasses parallèles.

### *Vallée de Storckenson.*

Quand on passe de la vallée de Mollau dans celle de Storckenson, on rencontre une quantité de débris erratiques dispersés sur le sol; puis à l'entrée de cette dernière vallée on trouve de grands amas de matériaux mobiles déposés à droite et à gauche du ruisseau. L'arrangement de ces matériaux sur le terrain n'a pas un caractère erratique suffisamment prononcé pour qu'on puisse les qualifier du nom de moraine; ils ont probablement été déchirés par les eaux, dont l'action dans cette localité a dû être fort énergique en raison de la rapidité des pentes. Toutefois on y trouve une grande quantité de galets striés à une certaine hauteur au-dessus du ruisseau.

Ce vallon de Storckenson est remarquable sous le rapport de la qualité des matériaux erratiques qui jonchent son sol. Outre les différentes espèces de granite, fort communes dans toutes nos vallées, on y trouve encore de fort beaux blocs de siénite à larges cristaux de feldspath rosé. On chercherait vainement dans les roches en place de ce bassin et dans tout le bassin de la vallée de Saint-Amarin, des siénites analogues; on n'en trouverait nulle part. Pour arriver à l'origine de cette roche, il faut passer le col du Sternensee et suivre les crêtes de la montagne du gazon rouge du côté du Ballon d'Alsace; là seulement on rencontre des siénites en place exactement pareilles. Qu'il nous soit permis de faire remarquer, en passant, que le transport de ces blocs présente en théorie une difficulté insurmontable, si on cherche à l'expliquer par le moyen des courants.

### *Vallée de Schliffels.*

Ce petit vallon ne mérite pas le nom de vallée; il n'a pas 3 kilomètres d'étendue; il verse le tribut de ses eaux dans la vallée de Saint-Amarin; ces eaux ne sont du reste qu'un petit ruisseau, dont le lit est à sec pendant plusieurs mois de l'année. Son sol n'est pas plat et uni comme celui de la vallée d'Urbès; il est assez fortement accidenté. A sa partie inférieure, au point où il se réunit à la vallée de Saint-Amarin, son

altitude est de 450 mètres, et à 3 kilomètres plus haut le fond de ce vallon est à 725 mètres au-dessus du niveau de la mer. La pente moyenne est donc de 275 sur 3000 mètres = 0,09. Ce petit bassin a la forme d'un fer à cheval, son pourtour est formé par le relief du Drumont. Malgré l'exigüité du terrain, le phénomène erratique y a laissé des traces considérables de son passage; ces traces sont une moraine et des accumulations de blocs, sur une grande échelle relativement à l'étendue du terrain.

Cette moraine a environ 50 mètres de hauteur sur 5 à 600 mètres de longueur, mais elle ne forme pas un barrage transversal comme celles que nous avons déjà explorées; l'étranglement de la vallée n'a pas permis aux matériaux de s'y tasser sous cette forme. Les débris se sont donc accumulés à gauche et à droite du couloir, et la partie frontale a été entraînée par les eaux. Des portions considérables de détritiques sont restées adossées contre la montagne; ils y sont suspendus légèrement, au-dessus du niveau des plus grandes eaux; elles ont rongé, détérioré avec la plus grande facilité tous les détritiques qu'elles ont pu atteindre jusqu'à une certaine limite; elles n'ont respecté que les plus gros blocs trop lourds pour être entraînés, le cours du ruisseau en est encombré. La surface de cette moraine sur la rive gauche est aussi parsemée d'une prodigieuse quantité de blocs; la terre qui les supporte est une mauvaise terre rebelle à la culture;

nul arbre n'y prospère; quelques pauvres champs sont les seuls résultats que les défricheurs aient pu obtenir de ce sol ingrat.

On y trouve quelques amas de terre argileuse chargée d'oxide de fer, d'une couleur jaune, qui lui donne l'aspect de l'ocre. Ces éléments ferrugineux ont dû être arrachés dans les temps erratiques du pied du Drumont, où il existe plusieurs filons assez riches de fer oxidé, noir, mamelonné. Par l'effet du transport et du broiement auquel il a dû être soumis, cet oxide a perdu la couleur noire qui lui est naturelle, pour prendre cet aspect de rouille qui indique un état d'oxidation plus avancé.

Les sources qui surgissent du pied de cette moraine dans un sol marécageux, sont aussi légèrement imprégnées de fer.

Les petits ruisseaux qui, dans les temps de pluie seulement, descendent latéralement de la montagne de Schliffels, coupent cette moraine sur plusieurs points; ils y ont creusé des ravins profonds; c'est sur les deux parois de ces ravins qu'on peut aisément étudier son intérieur. Le sable granitique y prédomine, de très-gros blocs sont en entier entourés de sable, les débris moyens, cailloux et galets, sont moins abondants; parmi ces derniers j'en ai recueilli un certain nombre de striés et burinés sur toutes leurs faces, exactement pareils à ceux que j'ai trouvés sur les autres dépôts erratiques de la vallée de Saint-Amarin.

J'ai mesuré plusieurs blocs à la surface de cette moraine ; ils ont 12 à 15 mètres cubes ; les plus gros ont conservé toute la fraîcheur de leurs angles. Quelques-uns sont suspendus sur la pente de la berge, inclinée de près de 40 degrés sur certains points. Nous avons déjà eu l'occasion d'observer dans les Vosges que les blocs de gros calibre étaient presque tous à angles vifs et de préférence logés sur des points culminants ; les blocs moyens sont généralement arrondis et usés.

Nous avons fait remarquer, page 15, que M. de Charpentier donne une explication fort ingénieuse de la présence, sur le même point, dans le terrain erratique, de blocs anguleux et de blocs arrondis, fait qui se représente sur les débris des glaciers en activité, et qu'on retrouve d'une manière si frappante à la moraine de Schliffels.

J'ai inutilement cherché la roche striée en place dans tout ce bassin ; je ne l'ai rencontrée nulle part. Il est vrai que le roc ne se montre au jour qu'à de rares intervalles ; il est presque partout couvert de mousses et de végétations.

Avant de quitter cette moraine et ce petit bassin, nous ne pouvons pas passer sous silence un point de théorie qui y trouve son application immédiate. Ainsi on peut concevoir que le phénomène erratique s'y soit exercé anciennement avec une grande énergie et ait déplacé et transporté à une petite distance, il

est vrai, des masses aussi considérables de matériaux, si l'on prend en considération l'influence que peut avoir la forme d'un bassin sur l'intensité du phénomène. M. Desor, dans ses *Recherches sur les glaciers des hautes régions helvétiques*, pense que les plus grands glaciers ne sont point le résultat ni le produit des pics les plus élevés, c'est-à-dire que l'étendue d'un glacier n'est pas proportionnelle à la hauteur des montagnes qui l'encaissent, mais que l'étendue de ces grands amas de glace est en rapport direct avec l'étendue du bassin qui les alimente. M. Desor pense que, quelle que soit la hauteur des montagnes, elles ne donneront jamais lieu à un grand glacier, si les vallées qui en dépendent sont renfermées dans des limites étroites, resserrées; il considère le bassin couvert de champs de neige qui environne un glacier comme un réservoir d'alimentation dont l'énergie est proportionnelle à l'étendue.

S'il en est ainsi, nous concevons aisément que le petit vallon de Schliffels ait donné lieu à un encombrement aussi considérable de matériaux erratiques; sa forme en fer à cheval nous donne la clé de cette anomalie apparente. Ce vallon est fort resserré au point où les deux branches du fer à cheval se rapprochent, elles se touchent presque, puis elles s'élargissent peu à peu et dessinent un petit bassin en forme de plateau, dont le plus grand diamètre a environ 800 mètres de longueur. Ce plateau présente encore

un accident très-favorable au développement des glaces : son fond est concave, il ressemble à une immense cuvette entourée de toutes parts, sauf du côté du goulot, par les différentes pentes du Drumont. Vue depuis le sommet de cette montagne, la vallée de Schliffels fait l'effet d'un entonnoir gigantesque, avec une petite échancrure pour l'écoulement des eaux.

Si, à l'époque erratique, de grandes glaces remplissaient le fond de cet entonnoir, comme nous le supposons, ce glacier devait présenter une épaisseur considérable. La région est granitique et même en grande partie d'un granite dont le degré de solidité est fort médiocre, exposé pendant longtemps à l'action de l'air; il se délite, il tombe non pas en poussière, mais en sable grossier. On conçoit dès lors qu'un bassin pareil, encombré de glaces douées de mouvement, et ces glaces usant et frottant ses parois encaissantes, ait pu déposer un si grand nombre de matériaux<sup>1</sup> au point où on les retrouve aujourd'hui à l'entrée du vallon, sous forme de moraine.

<sup>1</sup> Ces blocs ne proviennent pas tous du fond de Schliffels; en visitant cette moraine, M. Agassiz, frappé de leur nombre prodigieux, me fit observer qu'une partie d'entre eux, disposés sur les flancs de la montagne en ligne horizontale, avaient été amenés sur ce point par le grand glacier de la vallée de Saint-Amarin; d'autres par le glacier latéral de Schliffels; M. Agassiz fit le départ; il classa ces blocs selon leur provenance.

*Vallée de Saint-Nicolas.*

Pour passer de la vallée de Schliffels dans celle de Saint-Nicolas qui lui est parallèle, on quitte la moraine que nous venons de voir, puis à droite en montant, on gravit une pente abrupte assez rapide, se terminant par un col; tout ce terrain est couvert d'une grande quantité de blocs. Vers le col, c'est-à-dire au point culminant qui sépare les deux vallées, il y a encore beaucoup de blocs. Ce terrain est riche en mines de fer; on trouve près du chemin plusieurs ouvertures de mines abandonnées, dont les abords sont jonchés de beaux échantillons de cet oxide enchevêtrés dans du quartz en gros cristaux. De là on descend dans la vallée de Saint-Nicolas en suivant les pentes d'une superbe forêt. Cette vallée, par opposition à celle que nous venons de quitter, qui est pauvre et maigre en végétation, est garnie sur ses flancs d'un riche manteau de sapins et de hêtres.

Les accidents erratiques y existent, mais ils y sont plus difficiles à observer, précisément à cause de cette abondance de végétaux et de débris organiques qui couvrent le sol. Ensuite cette vallée est fort étroite, tortueuse, resserrée, pleine d'accidents de terrain. Le fond où coule le ruisseau est encombré de blocs d'un assez fort volume; sont-ils véritablement erratiques, ou sont-ils simplement détachés des pentes rapides du Drumont par le fait d'une désagrégation naturelle?

Ces pentes sont revêtues d'une roche granitique identique. Quoi qu'il en soit, ces blocs peuvent provenir des deux causes réunies, il n'y a pas de motifs suffisants pour exclure l'une plutôt que l'autre. Ce qui est effectivement erratique dans cette localité, qui est plutôt un long couloir tortueux qu'une vallée, ce sont des dépôts de terrain meuble, composés de sable, de cailloux, de blocs, qui ne sont point placés dans le fond du couloir, mais sur le penchant de la montagne et sur les points où ce vallon s'élargit, après avoir subi un rapprochement sur ses bords et forme autant d'étages passablement plats. Depuis son ouverture dans la vallée de Saint-Amarin (500 mètres), jusqu'au col supérieur (780 mètres), sur une étendue de 3 kilomètres, il y a trois de ces petits plateaux; ils ont chacun leur provision de blocs et de débris, déposés dans un sens horizontal. On peut les observer surtout au premier plateau en montant; ils y sont dispersés suivant une ligne horizontale; plus haut et plus loin ces débris se perdent sous une couche épaisse de terreau et de terre marécageuse qui les recouvre en entier.

Nulle part ces amas n'ont un caractère frontal, comme nous l'avons remarqué dans les vallées latérales de Mollau et d'Urbès; ils ne barrent point la vallée, ils sont tout simplement déposés sur ses flancs. Cette absence de moraine frontale dans une vallée où d'anciennes grandes glaces, avec toutes les propriétés qui les caractérisent, ont, suivant nous, évidem-

ment séjourné, peut se concevoir lorsqu'on voit la forme étriquée du terrain relativement à l'espace dans lequel elles étaient forcées de se mouvoir. Ce vallon n'est qu'une grande fente se terminant en coin. Si des matériaux, à une époque donnée, étaient venus s'installer en travers de cette fente, ils n'auraient pu y séjourner longtemps, à cause de la vivacité et de l'ardeur du petit ruisseau qui coule au fond de la fente; il aurait promptement démoli et entraîné des amas d'une nature aussi mobile et que le moindre filet d'eau suffit pour dégrader.

La roche en place de ce vallon est fortement empreinte de traces erratiques, le granite est sur plusieurs points arrondi, poli, usé, et cela dans les conditions les plus favorables à l'hypothèse du glacier. A un demi-kilomètre au-dessus de la chapelle de Saint-Nicolas, des masses de granite avancent et resserrent le passage, elles le barrent comme une haute muraille; c'est là surtout que cette roche est usée et polie, partout où la végétation, qui est forte et abondante, permet de l'observer.

### *Vallée de Mitzach.*

La vallée de Mitzach s'ouvre dans la grande vallée au-dessous de la moraine de Wesserling; elle a été occupée par un petit glacier; les traces y sont encore sur les lieux. Seulement dans cette petite vallée je

n'ai pas pu reconnaître de moraine frontale. Peut-être cette absence de moraine terminale vient-elle de ce que le grand glacier s'arrêtait au-dessus du point où cette petite vallée vient déboucher dans la grande. Les blocs et les matériaux d'une moraine frontale ont dû alors être facilement entraînés par les eaux provenant du grand glacier supérieur.

Ce petit bassin est jonché de blocs de granite, depuis sa partie inférieure jusqu'au fond; il n'a du reste qu'une étendue de 2 1/2 kilomètres. Ces blocs, dont beaucoup atteignent plusieurs mètres cubes, la plupart arrondis et fort peu à angles vifs, sont en grande majorité en beau granite blanc, quelques-uns de granite porphyroïde, puis encore de cette belle roche serpentineuse verte qu'on trouve dans la vallée voisine de Mollau. Si la moraine frontale manque, les parties latérales de ce vallon sont couvertes jusqu'à la hauteur de 50 à 60 mètres de débris horizontaux bien caractérisés; les galets striés y sont abondants. A quelques centaines de mètres au-dessus de la dernière maison du village, un de ces amas latéraux a été déchiré par un éboulement; on voit dans son intérieur des galets striés, empâtés dans un limon argileux rougeâtre, pareil à celui que l'on rencontre fréquemment dans les dépôts latéraux de nos vallées.

Dans ce vallon la végétation est abondante, la roche en place n'apparaît à la surface du sol qu'à de rares intervalles, là où elle perce on reconnaît des schistes

compactes stratifiés, elle n'est nulle part granitique.

D'où proviennent donc ces blocs de granite qu'on aperçoit disséminés en abondance et sans ordre sur toute la ligne du fond de ce vallon? Il faut nécessairement qu'ils aient franchi un des cols passablement élevés qui le séparent des vallées voisines; et de tous les moyens de transport employés par la nature pour déplacer des matériaux aussi lourds, il n'y a guère que les grandes glaces, avec les propriétés que nous leur connaissons, qui puissent rendre raison de cette difficulté.

#### TERRAIN ERRATIQUE AU-DESSOUS DE LA MORAINÉ DE WESSERLING.

Avant d'abandonner la vallée de Saint-Amarin et de pénétrer dans quelques-unes des vallées voisines pour y interroger la nature sous le rapport erratique, nous allons, la carte à la main, jeter un coup d'œil d'ensemble sur les faits que nous venons de décrire.

Nous remarquerons d'abord que, dans l'ordre naturel des choses, en admettant que cette vallée ait été occupée par un grand glacier, les matériaux erratiques devraient cesser; ils ne devraient plus paraître à la surface du sol, en aval de la moraine de Wessering, puisque cette moraine est frontale et la plus inférieure de celles qui barrent la vallée, et que, dans les glaciers actuellement existants, ce sont ces mo-

raines qui forment la limite, le rempart naturel des glaces, le point de débarquement de tous les matériaux transportés sur leur dos, au delà duquel il n'y a plus de mouvement que celui occasionné par les eaux courantes. Or donc, si nous voyons sur la carte de nombreux amas de débris au-dessous de cette moraine, il est important d'examiner s'ils n'ont point été entraînés par les eaux, s'ils n'ont point subi de déplacement ultérieur depuis le moment de leur dépôt.

Dans cette recherche nous pouvons nous aider d'un guide précieux, guide qui nous donnera des indications certaines sur l'origine de ces matériaux. Ce guide, ce sont les galets striés. Au-dessous de la moraine de Wesserling, à 100 mètres du talus terminal, on ne trouve plus de ces galets, soit à la surface du sol, soit dans l'intérieur des carrières de sable; sur toute la ligne des bords de la rivière, en aval, on en chercherait en vain, jusqu'au débouché de la vallée dans la plaine d'Alsace.

On y trouve cependant beaucoup de blocs de granite, disséminés dans le fond de la vallée, beaucoup de blocs d'autres roches aussi qui ne proviennent pas des éboulements latéraux, mais qui proviennent évidemment des environs de Wildenstein, de localités qui figurent sur la carte comme ayant été occupées par un ancien glacier. Mais ils ne sont plus posés sur des points culminants, on n'en trouve plus avec des angles vifs.

Quel a été le mode de transport de ces blocs? Il me paraît évident qu'ils ont effectué la moitié de leur course sur le dos de l'ancien glacier qui les a transportés jusqu'à la moraine terminale, puis les eaux favorisées par la pente du terrain, les ont poussés jusqu'au point où on les retrouve aujourd'hui. Ils ne sont plus accompagnés de galets striés, parce que, comme nous l'avons vu dans l'expérience citée page 28, le frottement de ces galets les uns contre les autres, dans un courant de rivière, a la propriété de détruire complètement les stries; dans un remaniement par les eaux, ils perdent la marque de leur origine.

En restant toujours dans la zone inférieure à la moraine terminale de Wesserling, si nous pénétrons dans les vallons latéraux, nous retrouvons partout de ces galets avec leurs stries, à différentes profondeurs et à différentes hauteurs.

Sur la rive droite, les vallons latéraux, comme celui de Mitzach, renferment de ces galets jusqu'au près de leur jonction avec la grande vallée, tandis que sur la rive gauche il faut remonter les vallons et s'engager assez avant dans ces couloirs avant d'en rencontrer. Les vallées latérales de Ranspach, de Saint-Amarin, de Moosch et de Willer, toutes sur la rive gauche et inférieures à la moraine frontale de Wesserling, ont une ligne limite de débris erratiques qui se rapproche de plus en plus du sommet des montagnes, à mesure qu'elles s'éloignent du principal centre d'ac-

tivité de l'ancien glacier. Dans la vallée qui vient déboucher à Willer, il faut monter jusqu'auprès du village de Goldbach, fort avant dans la montagne, avant de toucher le terrain erratique. Il ne s'annonce point par la présence de quelque moraine frontale, comme nous l'avons remarqué dans plusieurs vallons latéraux, parce que ceux dont il est question ici n'ont pas un relief de terrain, configuré de telle sorte que des débris provenant d'un glacier aient pu s'y accumuler et rester en place, de manière à produire cette forme frontale. Ces vallons sont à forte pente, ils n'ont pas de bassin supérieur considérable; les ruisseaux qui les arrosent sont de petits torrents capricieux, qui rongent le sol à droite et à gauche, et convertissent leur lit en un profond ravin. Les débris erratiques s'y reconnaissent sur les flancs de ces ravins par la présence de blocs, de sable et surtout de galets striés.

Sur la rive gauche les petits glaciers qui ont occupé ces vallons étaient courts; ils ne descendaient pas jusqu'au couloir principal; ils étaient suspendus sur les pentes du Ballon. On y retrouve les traces de leur ancienne existence. Sur la rive droite les petits glaciers étaient plus étendus, ils descendaient jusqu'au tronc principal.

Pourquoi cette différence d'une rive à l'autre dans l'étendue des petits glaciers latéraux? Nous en trouvons l'explication dans l'orientation des plans du ter-

rain. Sur la rive droite ces vallons sont exposés en plein nord, ils sont couverts du côté du midi par les crêtes du Rossberg et du Rimbachkopf; les rayons du soleil n'y arrivent que sous un angle fort aigu, surtout en hiver. Lorsque des glaciers encombraient ces vallées, ils devaient fondre bien plus difficilement que ceux qui remplissaient le haut des vallons de la rive opposée, ces derniers exposés directement au midi, recevant le soleil en plein, devaient être soumis à une fonte beaucoup plus rapide. En parcourant la vallée de Saint-Amarin à l'époque de la fonte des neiges, on peut saisir un moment où, par le fait de l'orientation des plans, toutes les pentes de la rive gauche sont complètement dégarnies de neige, tandis que celles de la rive droite en sont encore couvertes.

*Du profil du pied des montagnes sous forme de terrasses parallèles.*

Dans l'étude du terrain erratique, les moindres accidents, les plus légers plis de sa surface peuvent devenir l'objet de différentes observations. MM. Agassiz et Buckland ont remarqué que ce terrain se présentait souvent en Angleterre et en Écosse sous forme de terrasses parallèles<sup>1</sup>. Indépendamment des moraines, nous retrouvons ces terrasses sur plusieurs

<sup>1</sup> Ces observations sont consignées dans *The Edinburgh new philosophical journal*, et dans les *Proceedings of the geological society of London*, 1840, 1841, 1842.

points de la vallée de Saint-Amarin et des vallons latéraux.

Au-dessus de Fellingring, entre ce village et celui d'Odern, sur la rive gauche, la montagne plonge dans la vallée sous une pente très-rapide. Les terrasses parallèles ne se remarquent pas immédiatement au pied de la montagne, parce qu'il est encombré de débris d'éboulement contemporains; mais si l'on s'élève à quelques centaines de mètres sur cette pente, qui est complètement dépouillée de forêts, on s'aperçoit que son relief est formé d'une certaine quantité d'énormes marches d'escalier, de 15 à 20 mètres de hauteur verticale chacune; elles suivent une ligne à peu près horizontale; elles sont très-prononcées aux points où la montagne avance dans la vallée et en resserre l'espace. Puis, lorsque la vallée s'élargit pour livrer passage à un vallon latéral, les traces de l'escalier disparaissent.

Au-dessus du village d'Urbès, sur la rive droite et sur la rive gauche, le pied de la montagne est aussi taillé sur certains points en forme de larges gradins, qui se remarquent ici difficilement, lorsqu'on observe cet accident sur le lieu même, mais qui est frappant si on l'observe à distance et sous un angle convenable.

Nous avons déjà vu que le terrain en amont de la moraine de Husseren et en amont de celle de Mollau est arrangé en forme de marches d'escalier.

Dans la vallée de Mitzach ce même accident se retrouve : le pied de la montagne est sur plusieurs points formé de larges terrasses horizontales, qui se dessinent partout où un ruisseau ou un mouvement de retraite du terrain ne vient pas l'interrompre.

Ce fait se répète si fréquemment, surtout en amont de la moraine de Wesserling, qu'il peut, sans inconvénient, passer pour fait général dans la localité.

Si les pentes sont rapides et dépourvues de végétation, la terrasse se dérobe alors sous un amas de décombres, de talus d'éboulement; mais on la voit fréquemment reparaître sur les points où la pente se modifie, et n'a pas permis aux éboulements de s'accumuler. Cette marche d'escalier n'a quelquefois pas au delà de quelques décimètres de hauteur verticale; plus loin elle a plusieurs mètres, ailleurs elle atteint 15 à 20 mètres.

Le mouvement des eaux dans le fond de nos vallées a donné lieu aussi à des berges étagées; surtout lorsque, dans les temps anciens, les matériaux mobiles, les débris susceptibles d'être entraînés par les courants, n'étant pas protégés par un revêtement en gazon, ont dû conserver toute la liberté d'allure de leurs mouvements. Avant les temps historiques, avant d'avoir été régularisés dans leur cours par des travaux d'endiguement, les torrents de nos vallées ne suivaient point le lit régulier qu'ils ont aujourd'hui. Leur régime a bien changé. Dans les temps

antérieurs ils étaient pleins de fougues; ils passaient successivement d'un bord à l'autre de la vallée; ils amoncelaient des matériaux sur une rive, puis ils détruisaient en partie leur ouvrage et se reportaient sur la rive opposée pour y accumuler de nouveaux débris. Dans toutes nos vallées on peut suivre la trace de ces anciens lits de torrents; ils sont accusés sous forme de berges, de digues, de dépressions, que des observations superficielles pourraient faire prendre pour des moraines latérales; mais si on les examine avec attention, on reconnaît, dans l'arrangement des cailloux, des blocs et du sable, dans leur forme et la place qu'ils occupent les uns relativement aux autres, qu'ils sont le produit d'un remaniement par les eaux.

On ne peut donc pas les confondre avec le profil étagé du pied des montagnes, dont nous venons de parler. Nous chercherons plus loin à expliquer ce phénomène comme un résultat de l'action des grandes glaces.

### *Vallée de Guebwiller.*

Après la longue station que nous venons de faire dans la vallée de Saint-Amarin, nous allons pénétrer dans quelques-unes des vallées voisines, en commençant par celle de Guebwiller, pour y rechercher les traces du phénomène erratique.

Cette vallée a sa source sur le point le plus élevé

des Vosges, le Ballon; elle fait partie du versant Est de la chaîne. Elle est arrosée par les eaux de la Lauch, dont une des sources principales descend directement du petit lac du Ballon. Sa longueur, depuis les sources de la Lauch jusqu'à son ouverture dans la plaine du Rhin à Guebwiller, est de 12 à 14 kilomètres.

En descendant cette vallée depuis le Ballon, on remarque qu'elle est renfermée dans des limites fort étroites jusqu'au village de Lautenbach-Zell, puis elle s'élargit un peu, les pieds des montagnes au village de Bühl se tiennent à une distance mutuelle de 500 mètres, puis à Guebwiller ils se rapprochent de nouveau avant de se fondre définitivement avec la plaine.

Son niveau au-dessus de la mer est :

	Mètres.
A Guebwiller (entre Guebwiller et Soultz) . .	263
A Bühl. . . . .	338
A Lautenbach-Zell, au débouché du Linthal.	508 <sup>1</sup>

Les montagnes du fond de cette vallée sont dépourvues de granite. La roche cristalline ne commence à paraître au jour qu'aux environs du village de Lautenbach; elle continue à se montrer en aval jusqu'auprès de Guebwiller. La roche sédimentaire du fond est parfois en masses si compactes, si serrées, qu'on y reconnaît difficilement des traces de stratification.

<sup>1</sup> Ces chiffres sont pris sur les indications de la carte du dépôt de la guerre.

Quelques blocs fort rares, blocs erratiques d'un beau granite porphyroïde, se rencontrent cependant sur les bords du chemin qui communique au chalet du Lauch.

Plusieurs petites moraines barrent cette vallée, une entre autres, à 5 kilomètres en amont de Lautenbach, au confluent d'un ruisseau latéral de la rive droite. Cette moraine est modèle par sa forme; elle a une ressemblance frappante avec les petites moraines anciennes qu'on remarque à quelques centaines de mètres de distance du glacier actuel du Rhône. Les matériaux en sont menus, il n'y a que des blocs de moyenne grandeur; les uns sont arrondis, d'autres à angles vifs. Cette moraine est caractéristique, en ce que, dans une coupe transversale où l'on a puisé des matériaux pour la route, on remarque un grand nombre de vides, de creux, provenant de la manière dont ces pierres ont été superposées les unes aux autres pendant l'époque de leur dépôt. Nous avons déjà remarqué cet accident à la moraine frontale de Wesserling, et nous avons fait observer à cette occasion que l'arrangement des matériaux morainiques avec des vides intérieurs, était un fait très-sérieux à l'appui de la théorie qui attribue leur formation à d'anciens glaciers.

En voyant de près ces petites cavités, on trouve qu'elles sont identiques à celles qui se forment de nos jours dans les moraines des glaciers en activité; on demeure également convaincu que les eaux courantes

ne sont point intervenues dans le mode de tassement de ces pierres.

Je n'ai pas trouvé un seul roc, ni un seul galet strié dans cette vallée; ce fait négatif n'a rien d'extraordinaire. Le galet et le roc ne se couvrent de stries que lorsqu'un corps plus dur, doué de mouvement, vient à les entamer; dans le haut de la vallée de Guebwiller, sauf les blocs de granite porphyroïde excessivement rares dont nous avons parlé tout à l'heure, il n'y a pas de corps durs susceptibles de rayer la roche en place, point de roche cristalline, point de filons de quartz, le burin manque dans cette localité.

Les schistes grauwackes, quelque compactes qu'ils soient dans cette partie des Vosges, ne sont cependant pas assez durs pour se rayer eux-mêmes par frottement; ils s'usent mais ils ne se burinent pas. Il n'est donc pas étonnant qu'on n'y rencontre point de galets striés, si abondants dans les vallées voisines, où toutes les conditions nécessaires à leur production se trouvaient réunies.

La présence de quelques moraines transversales et frontales, peu développées à la vérité, mais placées dans les conditions les plus heureuses, suffit à nos yeux pour constater, dans la vallée de Guebwiller, l'existence d'un ancien glacier.

Ce glacier n'a pas eu une étendue de plus de 4 à 5 kilomètres. La moraine que nous venons de voir est frontale; elle indique la limite assignée par la nature

aux forces erratiques. Cependant ce petit glacier prenait sa source sur le point le plus élevé de la chaîne des Vosges, le Ballon (1426 mètres), et si sa course ne s'est pas prolongée fort avant dans la vallée, nous devons attribuer cette anomalie apparente à l'absence d'un grand cirque supérieur, d'un bassin d'alimentation suffisant pour pourvoir à la subsistance d'un grand glacier. Ce fait vient encore à l'appui de la théorie de M. Desor, sur l'influence des cirques neigeux sur l'étendue des glaciers, et sur le rôle inférieur que jouent les pics les plus élevés dans la production de ce phénomène.

### *Vallée de Munster.*

Sa direction générale est N. E.- S. O. Munster est placée à peu près au milieu de cette vallée; elle s'allonge depuis la plaine jusqu'au pied du Hoheneck d'un côté et du Rothenbach de l'autre, sur une ligne de 20 kilomètres.

Son niveau au-dessus de la mer est :

	Mètres.
A l'entrée de la vallée, près de Zimmerbach. . .	272
A Munster, au pied du Schlosswald. . . . .	352
A Metzeral. . . . .	482

A partir de Munster en amont, elle se divise en deux branches principales, désignées sous le nom de grande et de petite vallée. Cette dernière commu-

nique avec la Lorraine par une nouvelle route, construite à travers de grandes difficultés de terrain par le passage de la Schlucht, au col septentrional du Hoheneck.

La grande vallée se dirige au sud-ouest; elle se subdivise en deux rameaux: l'un remonte jusqu'au pied du Rothenbach, l'autre se dirige plus au sud jusqu'au col de la Lauch.

Le village de Metzeral est placé au point d'intersection de ces deux rameaux. C'est dans le village même que les accumulations de débris erratiques commencent à se montrer sur une grande échelle: plus bas, du côté de Munster, on voit beaucoup de blocs de granite jetés à droite et à gauche sur les flancs de la montagne. Mais à Metzeral les masses de blocs et de galets se sont tassés sous forme de monticule.

Les contours arrondis d'une moraine subsistent encore, mais seulement par portions, les eaux de la Fecht, d'un côté, et le ruisseau venant du sud, de l'autre côté, l'ont dégradée et en partie démantelée. Toutefois son origine ne paraît pas devoir être sujette à contestation; les matériaux qui composent cet amas sont formés en grande partie de blocs de granite arrondis et de quelques blocs à angles vifs; de plus j'y ai recueilli des galets striés; mais ils y sont rares, ce dépôt étant presque en entier formé de débris de roche cristalline et de fort peu de roche sédimen-

taire ; ces galets ne peuvent pas y être fort abondants.

A 2 kilomètres au sud, à Sondernach, on rencontre une seconde moraine qui barre cette petite vallée, en s'élevant à environ 50 mètres au-dessus du niveau actuel des eaux. L'église du village est bâtie au point culminant de cet amas. Cette moraine est moins granitique que celle de Metzeral, elle est composée de beaucoup de débris terreux, de galets dont un grand nombre sont striés, de blocs de roche sédimentaire, de quelques blocs de granite porphyroïde, et de beaucoup de sable argileux.

La différence de composition de ces deux moraines, dont l'une est granitique et l'autre schisteuse, provient de la nature du terrain qui en a fourni les matériaux. La grande vallée, qui s'ouvre à Metzeral, est granitique sur toute sa rive gauche, et la vallée de Sondernach, qui se courbe dans la direction du sud, est presque tout entière de formation schisteuse, sauf quelques trouées de granite porphyroïde qui percent le sol de loin en loin.

Ces deux moraines ont un caractère glaciaire très-prononcé, à Sondernach surtout ; les différents plis et les mouvements du terrain dans un sens transversal excluent toute participation des eaux dans l'établissement de cet amas, et la présence des galets striés est un argument de plus en faveur de la théorie qui admet l'existence dans les temps passés de grandes glaces dans ces vallées.

*Vallée de Massevaux.*

Cette vallée, dont la direction est N.-O.-S.-E., est à peu près parallèle à celle de Saint-Amarin ; elle n'en est séparée que par une arête de montagnes qui commence au Rossberg et se prolonge jusqu'au Gazon-Rouge. Comme sa voisine elle s'ouvre dans la grande plaine d'Alsace. La Doller qui l'arrose est alimentée au nord par les sources qui descendent de cette arête, à l'ouest par les ruisseaux qui se précipitent des pentes du Ballon d'Alsace et du Bärenkopf.

Son altitude est à <sup>1</sup> :

	Mètres.
Massevaux. . . . .	416
Kirchberg . . . . .	440
Dolleren (entre Dolleren et Seewen) . . . . .	492
Lac de Seewen, en amont . . . . .	507

Ce bassin est presque en entier de roche cristalline, granite, porphyre, siénite . . . ; la roche sédimentaire y est rare. Sur la rive gauche on aperçoit bien quelques roches schisteuses bleues, mais par moment cette roche passe à un état d'agrégation si compacte, et sa stratification est si grossière qu'on pourrait peut-être la classer dans les roches cristallines<sup>2</sup>. La

<sup>1</sup> Suivant la carte du dépôt de la guerre.

<sup>2</sup> Ce sont sans doute des dépôts siluriens qui ont subi une action métamorphique très-énergique.

roche de filon y est riche en beaux échantillons de quartz hyalin

Le fond de cette vallée forme un petit bassin plat, au milieu duquel se trouve le lac de Seewen. On lui conserve le nom de lac, parce qu'il était probablement plus étendu autrefois; aujourd'hui c'est plutôt un étang marécageux qu'un lac.

Les grandes glaces ont laissé des traces remarquables de leur passage dans cette localité. En remontant cette vallée depuis Massevaux, on est frappé, en arrivant à Kirchberg, par la vue d'une moraine frontale qui s'étend d'un bord à l'autre sur une étendue d'environ 400 mètres et sur 10 mètres de hauteur. La majeure partie des matériaux qui forment cette moraine, sont arrondis; cependant quelques gros échantillons de granite de plusieurs mètres cubes sont à angles vifs et empâtés sur les points élevés. Les champs cultivés en amont et en aval sont dépourvus de blocs; les cultivateurs les ont enlevés de la surface pour les rassembler contre l'arête dorsale de la moraine; ils forment des murs grossièrement établis.

A une centaine de mètres en amont, l'église du village est bâtie sur un monticule, qu'on pourrait prendre pour une seconde moraine; mais en explorant le terrain, le marteau à la main, on reconnaît que ce petit mont est formé de roche en place, recouverte de quelques détritits, particulièrement sur le côté aval.

Après Kirchberg on arrive à Oberbruck, et, à partir de ce dernier endroit jusqu'à Dolleren, on remarque des accumulations considérables de matériaux de transport, déposés sur les flancs de la montagne jusqu'à une hauteur de 100 mètres; il ne peut guère y avoir de doutes sur l'origine de ces matériaux; c'est une ancienne moraine latérale qui les a abandonnés sur les pentes où on les retrouve aujourd'hui.

Nous retrouvons dans cette vallée de Massevaux, comme dans les autres vallées des Vosges, cette disposition des moraines frontales à se placer par échelons, à quelques kilomètres de distance, dans le fond des vallées. Ce fait, dont nous aurons plus tard occasion de déduire des conséquences théoriques, est important à constater.

Le second degré de l'échelle se trouve à Dolleren, où une moraine frontale multiple barre de nouveau la vallée; elle est clairement dessinée, et ici comme à Kirchberg les cultivateurs ont fait disparaître de leurs champs la plus grande partie des blocs, pour les accumuler contre la moraine en grands amas soutenus pas un mur grossier; ils ne les ont cependant pas tous enlevés, quelques blocs percent le niveau du terrain cultivé; leur fort volume, qu'on peut apprécier par la portion découverte, les garantit de tout déplacement ultérieur.

A 2 kilomètres plus haut se trouve le village de Seewen, placé au point où se bifurque la vallée prin-

cipale. Ce village est sans contredit un des points les plus remarquables des Vosges, sous le rapport des traces que le phénomène erratique laisse écrites sur le granite. De tous les moyens employés par la nature pour user et frotter la roche en place, on ne connaît jusqu'à présent que la force de propulsion d'un grand glacier qui puisse arrondir et polir le granite, comme on peut le voir à Seewen.

La roche moutonnée se montre à découvert sur quelques points de la rue principale du village même; puis les surfaces les plus remarquables sont situées derrière les maisons sur la rive gauche. Une de ces surfaces entre autres forme paroi à 60 degrés de pente, adossée contre la montagne; elle est usée et frottée au point d'offrir, sur une petite échelle, la représentation exacte de la Helleplatte, près de la Handeck. D'autres surfaces aussi bien polies, arrondies, taillées en dos d'âne, percent au milieu des prairies et des jardins qui entourent le village. Ensuite on remarque, comme jetés au hasard, quelques blocs gros calibre de granite siénite, arrondis, qu'on peut qualifier d'erratique, parce que la cristallisation de ces blocs n'est point du même grain, ni de la même forme cristalline que le roc sur lequel ils reposent. J'ai mesuré un de ces blocs; il atteint 20 mètres cubes; il est à gros cristaux isolés de feldspath rose, et provient du pied du Ballon où la même roche se trouve en place; il se laisse facilement entamer par le marteau,

tandis que la roche moutonnée en place est beaucoup plus dure, son feldspath n'est pas de la même couleur, ni en cristaux aussi volumineux.

En continuant à poursuivre l'exploration de cette vallée sur la rive gauche, on arrive bientôt au petit lac de Seewen; en longeant ses bords, on passe sur une prodigieuse quantité de blocs, dont les uns sont erratiques, d'autres sont le produit des éboulements de la montagne; ces derniers sont à angles vifs et de cette même roche particulière aux Vosges, roche qui tient le milieu entre la roche cristalline et la roche de sédiment; les erratiques se distinguent par la forme, la position, la nature et la composition de leurs éléments.

A un kilomètre en amont du lac on trouve la cascade du Dollsprung; elle représente en miniature la fameuse chute de la Handeck, même forme accidentée et inabordable, et ici, comme dans l'Oberhassli, la roche polie et moutonnée se montre sur tous les points où la végétation n'a pas envahi le terrain.

Un peu plus haut, en se rapprochant du pied du Ballon, la végétation arborescente cesse, un petit filet d'eau se précipite d'une assez grande hauteur dans la Doller; tout auprès de cette chute la roche est admirablement bien usée et polie; en l'examinant avec attention, on aperçoit distinctement les stries et le sens qu'elles suivent; il est constamment parallèle à l'axe principal de la vallée, sans aucun rapport

vec la direction de la chute d'eau qui n'en est pas éloignée. Ces stries ne sont pas burinées nettement comme sur la roche schisteuse du Glattstein dans la vallée de Saint-Amarin ; il faut les voir à quelques pas de distance, pour pouvoir se rendre un compte exact de leur direction.

Cette siénite est parfois couverte d'une couche épaisse de mousse et de terreau. Lorsqu'on la découvre, on remarque que la couche de terre, au lieu d'agir comme conservateur du poli, tend plutôt à le détériorer. En passant doucement la main sur la partie de la roche exposée de temps immémorial à l'action de l'air, et ensuite sur celle fraîchement découverte, on sent une légère dépression ; il y a donc eu détérioration produite par la force de la végétation. Sur les schistes compacts des Vosges et sur les calcaires alpins on remarque un effet diamétralement opposé ; lorsque ces roches burinées et polies sont exposées au contact de l'air, elles se détériorent ; la terre végétale les préserve de toute destruction ultérieure. Cette siénite est probablement attaquée par les racines des végétaux, à cause des silicates alcalins qu'elle renferme.

Au pied du Ballon la limite supérieure des roches polies ne s'élève guère au delà de 50 mètres au-dessus de la Doller.

En redescendant la vallée sur la rive droite, le granite moutonné se retrouve sur plusieurs points, entre

autres à 500 mètres en amont de l'église de Seewen , à 20 mètres du chemin ; sur un granite porphyroïde à grain fin et dur ; le poli a été si artistement travaillé par la nature , qu'il passe à l'état miroitant ; il peut se comparer aux plus beaux polis des Alpes.

Les vallons latéraux ont donné lieu à une grande accumulation de débris à leur point de jonction avec le grand couloir principal.

La vallée latérale qui descend du Bärenkopf et se réunit à la grande vallée au village de Seewen , a apporté une masse considérable de matériaux , composés en grande partie de blocs métriques dont le sol est jonché.

La vallée latérale de Rimbach a aussi ses détritiques distribués sur les deux flancs de la montagne , plusieurs moraines latérales , en partie démantelées par les eaux , montrent leurs tranches à découvert sur quelques points de ce vallon. Les accumulations les plus considérables de blocs sont dans le village de Rimbach.

Cette vallée de Massevaux avec ses accidents , ses moraines et ses roches de Seewen , est un exemple de plus de l'identité complète qui existe entre le terrain erratique des Vosges et le terrain en contact immédiat avec les grandes glaces des hautes régions. Le galet strié y existe ; j'ai pu en recueillir quelques exemplaires ; mais il y est rare ; les petits galets de granite ne se raient pas volontiers , et la roche de sé-

diment de cette vallée n'est pas de nature à recevoir un burinage délicat.

### *Vallée de Giromagny<sup>1</sup>.*

L'axe principal de cette vallée, à partir du sommet du Ballon d'Alsace jusqu'à Giromagny, suit, à peu de chose près, la direction N. S. Sa longueur est de 9 kilomètres en suivant la ligne droite; mais si l'on compte les kilomètres sur ceux marqués sur la route, on arrive à un chiffre beaucoup plus élevé, à cause des nombreuses circonvolutions qu'elle décrit avant d'atteindre le col de la montagne.

En pénétrant dans cette vallée par la route de Belfort, on rencontre à Giromagny une moraine frontale triple, sur laquelle est bâti le village. Elle encombre l'entrée de la vallée en la barrant transversalement d'un bord à l'autre, elle forme trois plis principaux, trois grandes vagues parallèles et concentriques. La ligne de faite de ces vagues peut encore se suivre de l'œil, malgré les nombreuses constructions qui

<sup>1</sup> Cette vallée a déjà été l'objet de l'attention d'observateurs distingués. M. Le Blanc l'a signalée le premier et décrite sommairement, en 1857, à la réunion extraordinaire de la Société géologique à Porentrui. Il avait dès lors indiqué les localités que j'ai étudiées en détail, et fait remarquer que les fondateurs de la fabrique de Wesserling, Suisses d'origine, n'avaient pas hésité, il y a quatre-vingts ans, à baptiser du nom de moraine l'amas de débris qu'ils avaient trouvé là. Il est revenu sur cette question dans le t. XII du *Bulletin*, p. 152, et M. Renoir dans le *Bulletin*, t. XI, p. 53.

couvrent le sol. Ces vagues décrivent chacune une grande courbe, un arc de cercle dont les deux extrémités s'appuient sur les flancs de la montagne, le sommet de l'arc est tourné en aval. Cette forme concentrique se remarque du reste sur presque toutes nos moraines frontales des Vosges.

A Giromagny le fond du sol est un terrain de transition avec grauwacke ou schistes argileux ; puis, un peu plus bas, on trouve un petit bassin de terrain carbonifère, tandis que les matériaux morainiques sont tous de provenance étrangère à la localité ; ils se composent en majorité de blocs de siénite, dont la source se trouve au fond de la vallée et au sommet du Ballon, puis d'un beau granite à grain fin ; ensuite de roche dioritique d'un vert foncé, qui appartient à une vallée latérale de la rive droite. On trouve encore sur ces moraines quelques petits blocs de roche ancienne de sédiment qui proviennent des vallées latérales de la rive gauche, et quelques fragments de moyenne taille de roche de filon de quartz hyalin.

C'est à Giromagny que l'on peut voir la plus grande accumulation de blocs erratiques dans les Vosges. Cette agglomération de blocs est du reste bien connue des naturalistes ; il suffit de l'avoir vue une fois pour en être frappé. Sur la rive droite, immédiatement au-dessus des dernières maisons du village, les flancs de la montagne sont dépourvus de végétation, les blocs sont répandus sur ce versant à grande profu-

sion, jusqu'à une hauteur de 50 à 60 mètres, sur un plan dont l'inclinaison dépasse parfois 30 degrés. Ces blocs sont assez volumineux; ceux de 1 à 5 mètres cubes sont généralement arrondis, ceux d'un plus fort échantillon sont parfois à angles vifs. J'en ai mesuré un de ces derniers, de roche dioritique verte; il n'est pas fortement empâté dans le sol, il repose légèrement sur quelques petits blocs arrondis de siénite; il atteint le volume de 60 mètres cubes; il a conservé la vivacité de ses angles.

Un peu plus haut, un petit monticule, qu'on appelle le *Querti*, est littéralement couvert de blocs, en grande partie arrondis et du volume de plusieurs mètres cubes.

La vallée de Giromagny doit se trouver dans les mêmes conditions erratiques que les autres vallées des Vosges, c'est-à-dire qu'il doit y avoir ici comme ailleurs plusieurs moraines frontales, échelonnées à quelques kilomètres de distance. En effet, en quittant Giromagny et en remontant le cours de l'eau, on arrive au village du Puix, et à 1500 mètres plus haut on rencontre une nouvelle moraine frontale multiple; elle est plus facile à étudier que celle qui est à l'entrée de la vallée; elle n'est pas encombrée de constructions, elle est livrée à la culture. Elle coupe transversalement la vallée. Elle a aussi sa série de petits monticules concentriques disposés en bandes allongées. Sur quelques points elle est déchirée et

démantelée par l'action des eaux, qui en ont emporté des fragments.

Elle ne renferme, du reste, rien de particulier, sauf sa position fort nette entre deux bassins à fond plat, en amont et en aval, ce qui rend son aspect d'ensemble d'autant plus caractéristique. Elle est encore remarquable par l'extrême mobilité des matériaux qui la composent, mobilité qui ne leur permettrait pas de résister au moindre courant d'eau.

A deux kilomètres au-dessus de cette moraine, la vallée est étranglée entre deux massifs de roche cristalline, à pentes rapides. Ces roches sont remarquablement bien arrondies et moutonnées, sur une grande échelle. Toutes les anfractuosités ont disparu; c'est la véritable roche polie des hautes Alpes.

Après avoir franchi cet étranglement, la vallée s'élargit de nouveau pour reformer un petit bassin à fond plat. La roche polie continue à se montrer sur la rive droite au bord de la route, jusqu'au pied du Ballon. On y remarque des stries parallèles fort bien indiquées sur la roche de siénite, puis aussi ce qu'on nomme en Suisse des coups de gouge, c'est-à-dire des sillons profondément creusés.

### *Versant occidental des Vosges.*

Nous venons de décrire rapidement les accidents erratiques des principales vallées qui s'ouvrent au

midi et à l'est de la chaîne des Vosges. Les anciens glaciers ont laissé des traces tout aussi bien imprimées sur le sol dans les vallées du revers occidental.

Nous trouvons des détails précieux sur ce sujet dans les travaux de M. Hogard; déjà en 1840, cet habile observateur avait signalé à l'attention des géologues des accumulations de débris, de véritables moraines, dont il attribue la formation à d'anciens glaciers. Plus tard, en 1842, M. Hogard revenant sur le même sujet, dans un travail remarquable<sup>1</sup> par le nombre et la précision des observations, démontre jusqu'à l'évidence que ces mêmes moraines n'ont jamais été le résultat ni des éboulements des montagnes, ni des alluvions transportées par les eaux, et que les masses d'eau en mouvement sont complètement étrangères à leur mode de formation. En examinant les plans, les coupes, les croquis dont son travail est accompagné, et qui ne laissent rien à désirer sous le rapport de l'exacte représentation des choses, on demeure convaincu que les accidents erratiques du revers occidental des Vosges, aussi bien que ceux des autres vallées de cette chaîne, sont le produit de l'action des grandes accumulations de glaces qui, dans les anciens temps, ont encombré ces vallées.

Nous allons citer quelques-uns des faits les plus saillants racontés par M. Hogard.

<sup>1</sup> *Observations sur les moraines et sur les dépôts de transport et de comblement des Vosges*, par Henri Hogard. Épinal 1842.

« En quittant la plaine alluviale d'Éloyes, aussitôt  
« que l'on parvient à la hauteur des vallons de Rouge-  
« rupt et de la Grande-Courrue, on s'aperçoit que  
« les amas de sables et de cailloux s'élèvent de plus  
« en plus au-dessus du fond de la vallée principale,  
« et forment des monticules, de bas en haut, jus-  
« qu'aux cols d'où partent ces vallons.

« Les surfaces de ces amas, loin d'être planes ou  
« coordonnées à un plan général de stratification,  
« sont au contraire très-irrégulières et mamelonnées;  
« on y chercherait inutilement les traces d'un ancien  
« dépôt divisé et morcelé aujourd'hui, et l'on recon-  
« naît à leur inspection qu'ils sont indépendants les  
« uns des autres, comme des masses de remblais co-  
« niques, jetées çà et là sur un terrain que l'on aurait  
« voulu recouvrir, et provenant d'un même point de  
« départ, mais ainsi disposées par un agent qui  
« n'opérait pas à la fois, comme les eaux courantes,  
« le transport et le nivellement des matériaux soumis  
« à son action.

« Les sables et les blocs sont mélangés avec con-  
« fusion, comparativement à ce que l'on observe dans  
« les dépôts de comblement; ils ne sont jamais dis-  
« posés par ordre de pesanteur spécifique, en couches  
« plus ou moins bien prononcées; mais cependant on  
« y remarque un caractère constant: c'est que le  
« sable et les menus graviers, plus ou moins mélan-  
« gés, forment une masse dans laquelle les blocs se

« trouvent comme suspendus à toutes les hauteurs ;  
« ce qui indique que ces blocs ont été enfouis dans le  
« sable à toutes les époques de la formation, qu'ils  
« ont été rejetés en même temps que lui, enveloppés  
« sur la place même où ils sont tombés.

« Ces derniers dépôts ne peuvent être comparés  
« aux cônes d'éboulements qui se forment sur les  
« plaines et au pied des montagnes escarpées ; les  
« arêtes de ces cônes sont rectilignes, et leurs maté-  
« riaux ont un arrangement particulier. Ici nous voyons  
« des bourrelets irréguliers, souvent plus épais vers  
« les lieux élevés que dans le fond des crevasses,  
« offrant des renflements indistinctement, soit sur les  
« pentes rapides, soit sur des plateaux isolés ; appli-  
« qués sur les flancs des montagnes, soit d'un seul  
« côté d'une vallée, soit sur les deux versants, mais  
« à des hauteurs différentes.

« Leurs matériaux, accumulés par masses, ne pré-  
« sentent pas l'arrangement qu'ils auraient pris s'ils  
« avaient pu rouler au loin sur des plans inclinés, et  
« se classer dans le fond des cavités ; comme cela a  
« lieu dans les cônes d'éboulements. Les renflements  
« des bourrelets sur les points les plus élevés et sur  
« les pentes les plus rapides sont des dispositions  
« entièrement différentes de celles de ces cônes, dont  
« l'épaisseur augmente progressivement du sommet  
« à la base. La distribution des bourrelets sinueux  
« qu'ils constituent, et dont les crêtes se relèvent

« dans les portions les plus profondes des vallées,  
« doit faire supposer, au premier aspect, que les sables  
« et les blocs de quelques-uns de ces dépôts ont été  
« rejetés entre les parois des cavités ouvertes dans  
« des massifs ayant une certaine tendance à se rap-  
« procher, et qui exerçaient contre les détritrus ren-  
« fermés entre eux une pression considérable.

« Dans cette localité que nous venons de citer,  
« nous trouvons un premier exemple de deux terrains,  
« composés tous deux de sables, de cailloux de di-  
« verses dimensions, et qui cependant diffèrent essen-  
« tiellement l'un de l'autre, on n'en saurait douter.  
« Dans le premier, celui que l'on suit jusqu'au col  
« de la Grande-Courrué, que l'on retrouve ensuite au  
« col de la Demoiselle, et qui descend jusque dans la  
« vallée de la Moselle, par deux directions différentes  
« en contournant la montagne de Parmont, on ne  
« voit aucune trace de stratification, aucun arrange-  
« ment indiquant le concours d'une eau courante qui  
« aurait, sans le moindre obstacle, entraîné dans le  
« fond des dépressions voisines la totalité de ces dé-  
« bris, appartenant tous, sans exception, aux roches  
« encore en place dans le voisinage, aux granites,  
« curites, grès de Vosges; dans le second, au con-  
« traire, on voit qu'il y a eu nivellement des matières,  
« qu'il y a eu transport dans le sens de la vallée, et  
« l'on rencontre des roches étrangères à la contrée<sup>1</sup>.

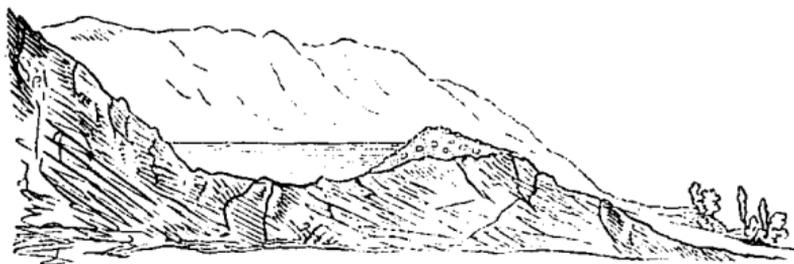
<sup>1</sup> Ouvrage cité, p. 51.

« Si nous continuons à remonter la vallée de la  
« Moselle, nous rencontrerons ensuite d'autres amas  
« de sables, de galets et de blocs différant, sous tous  
« les rapports, des terrains de transport.

« En s'écartant vers la droite et à quelque distance  
« de la route, à la hauteur du pont de Maxonchamp,  
« et après s'être élevé de 170 mètres au-dessus du  
« niveau de la rivière près de ce pont, on parvient au  
« lac de Fondromé, situé dans un cirque ouvert dans  
« le massif de la petite chaîne des Vosges; ce lac se  
« trouve à peu près à moitié de la hauteur verticale,  
« mesurée du fond de la vallée au sommet des mon-  
« tagnes qui l'entourent et le dominant, et dont les  
« flancs sont déchirés et découpés en escarpements  
« pour ainsi dire verticaux.

« L'ouverture semi-circulaire qu'il occupe, ne res-  
« semble en aucune façon aux crevasses rectilignes  
« ou sinueuses qui divisent les masses minérales, et  
« que l'on nomme vallées; c'est un entonnoir ouvert  
« brusquement dans le flanc de la montagne, à la ma-  
« nière des bassins de réception de certains torrents,  
« mais ayant une issue largement ouverte et un canal  
« d'écoulement peu profond, par lequel s'échappe, en  
« un bien faible ruisseau, le trop plein du lac, alimenté  
« aujourd'hui comme autrefois, sans aucun doute, par  
« quelques sources, par les eaux pluviales qui tombent  
« sur les plans inclinés du pourtour du bassin, mais  
« dans lequel aucun ruisseau ne vient dégorger.

## Lac de Fondromé, d'après M. Hogard.



« La chaussée du lac est établie suivant une courbe  
 « présentant sa partie convexe vers l'extérieur du  
 « cirque qui se trouve ainsi complété; de sorte que  
 « les eaux occupent un espace presque circulaire,  
 « dont les limites sont, d'un côté, des montagnes de  
 « roches granitiques, et de l'autre, une ceinture de  
 « débris amoncelés de ces mêmes roches, sur la pente  
 « même du plan incliné, formant le prolongement de  
 « celui qui comprendrait le faite et les flancs de la mon-  
 « tagne et qui se trouve interrompue vers son milieu.

« Cette chaussée est formée, non par des roches,  
 « mais par des sables et des cailloux arrondis de di-  
 « verses dimensions. Ces matériaux ont-ils été trans-  
 « portés et déposés par les eaux courantes, ou ne sont-  
 « ils que les restes d'un ancien cône d'éboulement?  
 « Assurément non! et pour s'en convaincre, il suffira  
 « de considérer de quelle façon ils sont disposés.

« Ils forment du côté de la vallée un bourrelet cir-  
 « culaire, au point même où la pente de la montagne  
 « s'incline, à partir du pallier occupé par le lac et où  
 « les eaux auraient acquis une vitesse considérable,

« cette pente étant moyennement de 15 pour cent ;  
« un courant élevé au niveau du lac, et quelle que  
« fût sa direction, aurait comblé le bassin, dont le  
« fond est de 15 à 20 mètres en contre-bas de la  
« chaussée. Un torrent partant du lac, en le suppo-  
« sant dans des circonstances que nous ne pouvons  
« admettre, et en supposant qu'un torrent ait pu en  
« sortir, aurait poussé les sables et les galets hors du  
« goulot et au delà des cônes d'éboulement, les aurait  
« ensuite déposés dans la vallée, tandis que la chaus-  
« sée se trouve en tête de ce canal, et que, dans le  
« bassin où les déjections auraient dû avoir lieu, il  
« n'y a aucune trace de terrain de transport, composé  
« d'éléments provenant des bassins du lac. Ce bour-  
« relet circulaire ressemble encore moins à un cône  
« d'éboulement à arêtes rectilignes, ayant à la partie  
« inférieure un renflement où les plus gros blocs se  
« réunissent : ici, comme dans tous les dépôts que  
« nous examinerons désormais, le sable forme une  
« masse dans laquelle sont enveloppés et disséminés  
« tous les autres matériaux, et des blocs arrondis  
« qu'elle a en quelque sorte retenus et dont elle a em-  
« pêché le déplacement.

« Ces matériaux appartiennent à la localité même ;  
« ils se sont détachés des parois du cirque et sont  
« tombés ensuite dans le bassin ; mais celui-ci devait  
« être rempli par un massif, sur lequel les sables et  
« les blocs ne pouvaient se fixer et acquérir de stabi-

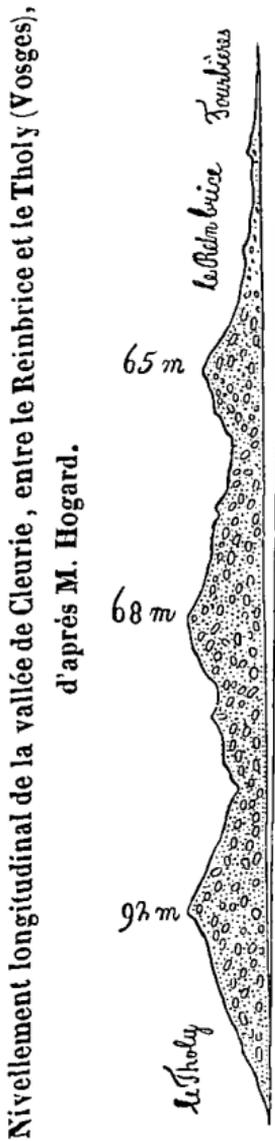
« lité, et autour duquel ils se sont accumulés succes-  
« sivement, en constituant une sorte de ceinture dont  
« l'épaisseur augmentait de plus en plus. Ce massif a  
« disparu, le remblai seul est resté, modifié sans  
« doute au moment où un changement peut-être subit  
« a eu lieu ; mais il a conservé dans son ensemble sa  
« forme caractéristique, et il s'élève sur le bord d'une  
« dépression dans laquelle un obstacle l'a empêché  
« de descendre.

« La coupure par laquelle s'opère l'écoulement des  
« eaux du lac, pourrait s'approfondir facilement, si  
« le volume des eaux débitées était plus considérable,  
« mais elles manquent de la force nécessaire, et elle  
« n'éprouve aucune modification sensible. Cependant  
« si, par une cause accidentelle ou par suite d'un tra-  
« vail exécuté par la main des hommes, elle était  
« creusée davantage, le lac ne tarderait pas à se des-  
« sécher et se convertirait en un marais tourbeux<sup>1</sup>.

« Dans la vallée de Cleurie, ouverte dans des mon-  
« tagnes granitiques, on voit des barrières de sable  
« et de graviers, coupées aujourd'hui par un ruisseau  
« dont le lit a de 2 à 6 centimètres par mètre de pente ;  
« ce lit est encombré de blocs que les eaux ne peuvent  
« déplacer. A une époque peu reculée, les tourbières  
« étaient presque totalement submergées ; mais à la  
« suite d'une inondation, le canal d'écoulement s'étant  
« creusé de plusieurs mètres, l'eau a cessé d'être

<sup>1</sup> Ouvrage cité, p. 55.

« retenue et a abandonné graduellement le bassin  
 « qu'elle paraît avoir occupé longtemps, à en juger  
 « d'après la puissance de la couche tourbeuse.



« A l'aval se trouve le premier  
 « étage, ayant une puissance de  
 « 92 mètres, terminé à l'amont par  
 « un talus incliné de 25 à 30 degrés  
 « et à l'aval de 17 à 20 degrés; vient  
 « ensuite l'étage moyen, sur le ta-  
 « lus extérieur duquel quelques ra-  
 « vins se sont ouverts; enfin à l'ex-  
 « trémité supérieure, le troisième  
 « et dernier étage, au pied duquel  
 « se termine le dépôt tourbeux.

« Ce massif étant entièrement  
 « isolé et indépendant, ne se pro-  
 « longeant ni à l'amont ni à l'aval,  
 « n'ayant aucune trace de stratifi-  
 « cation, n'offre aucun des carac-  
 « tères propres aux terrains de  
 « transport et de comblement, et  
 « que, vouloir attribuer sa forma-  
 « tion à l'action des eaux, ce serait  
 « méconnaître les lois qui ont régi

« d'une manière invariable et constante les cours  
 « d'eau et leur mode d'action<sup>1</sup>.»

<sup>1</sup> Ouvrage cité, p. 65.

Les observations de M. Hogard que nous venons de rapporter ont particulièrement trait aux anciennes moraines du versant occidental des Vosges. Sur les autres points de la chaîne ces moraines ont des caractères généraux identiques ; ils cadrent si bien avec la description que les observateurs suisses donnent des amas de débris de roches résultant de l'action actuelle et incessante des glaciers des hautes régions, que leur origine ne peut logiquement pas être attribuée à une autre cause.

Plus tard, en 1845, M. Hogard a décrit des roches striées et polies fort remarquables dans la vallée de la Moselle.

« Dans les vallées de la Moselle, de la Moselotte et  
« de Cleurie, on rencontre à chaque pas, dit M. Ho-  
« gard, des roches à surfaces mamelonnées, dont le  
« poli est quelquefois encore assez net, mais dont  
« quelques-uns 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 frot-  
« tement qui n'a pu être exercé que par un agent  
« poussé constamment dans le même sens et suivant  
« une direction invariable.

« Ces 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 dépres-  
« sions , 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 les bords 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.

« A l'amont du tissage de 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 gra-  
« nitiques au fond même de la vallée, et au pied du-  
« quel 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'exception 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 in-  
« flexions du plan sur lequel elles sont projetées, con-  
« servant leur parallélisme, et suivant, sans éprouver

« de déviation, la direction de la vallée N.  $51^{\circ} 30'$  O.  
« Cependant, sur un point, elles courent au N.  $50^{\circ}$   
«  $20'$  O., ce qui établirait une différence bien légère  
« et insignifiante de  $1^{\circ} 10'$ , 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.

« On voit 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 escar-  
« pement bien prononcé, tandis qu'il s'abaisse gra-  
« duellement vers l'aval, suivant une inclinaison beau-  
« coup 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 quel-  
« conque n'aurait pu creuser suivant des lignes droites  
« parallèles, sans dévier sur ces plans inclinés trans-  
« versalement, s'il n'eût été fortement engagé et  
« maintenu dans une 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 miné-  
« rales 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 mi-  
« nérales soumises à l'action des glaciers actuels.....

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

« Mais à l'amont, sur la rive droite, nous avons  
« cité les moraines de Rupt, dans un vallon qui des-  
« cend 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 mon-  
« tagnes voisines; . . . .

....« La translation de ces blocs ne s'est pas opérée  
« sans qu'ils fussent soumis à un frottement qui, pour  
« quelques-uns, a dû être assez fort, à en juger d'a-  
« près leur poli et leurs formes arrondies. Mais en les  
« examinant attentivement, on reconnaît 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 roule-  
« ment 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. Ces formes, ces stries, autant que leurs  
« positions sur des plans très-inclinés, hors des li-  
« mites que jamais les eaux courantes aient pu at-  
« teindre, 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<sup>1</sup>. »

### *Le vallon de la Prelle.*

#### *Karrenfelder.*

Dans la même vallée de la Moselle, à quelques lieues en amont de la roche striée décrite par M. Hogard, un petit vallon latéral de la rive gauche, qui prend naissance dans les replis du Ballon de Servance, s'ouvre dans la grande vallée un peu au-dessous du village de Saint-Maurice; c'est le vallon de la Prelle. Ce petit coin des Vosges présente un fait curieux sous le rapport des différents modes d'usure auxquels la roche peut être soumise par les forces naturelles. On y trouve la roche de sienite usée et corrodée par l'eau du ruisseau et en même temps polie et moutonnée par les forces erratiques. On peut y établir des points de comparaison sur ces deux effets, aujourd'hui sujets à controverse, l'un produit par l'eau à l'état liquide, et l'autre par l'eau à l'état solide.

<sup>1</sup> *Note sur les traces d'anciens glaciers dans les Vosges*, par M. H. Hogard. *Bulletin de la Société géologique*, t. II, p. 249.

Le ruisseau passe sur la siénite en place, et dans les endroits où le sable et les graviers n'encombrent pas son lit, on peut voir à nu l'action produite par un long travail de l'eau, action qui se continue encore de nos jours. L'eau creuse dans cette roche de petits canaux irréguliers de quelques centimètres de profondeur; elle use la pierre d'une façon particulière, en attaquant de préférence certains cristaux dont cette siénite est formée et en respectant les autres, ou du moins en les usant moins.

On serait tenté de croire, en voyant ces canaux irréguliers qui sillonnent la roche, que les silicates dont elle est composée sont à la longue solubles dans l'eau, et que leur degré de solubilité présente des différences notables. L'un des silicates serait plus soluble que l'autre, et par conséquent il donnerait lieu à un commencement de sillon qui se prolongerait, à la suite des temps, dans le sens du courant, d'une façon irrégulière et suivant sa distribution dans la pâte de la roche<sup>1</sup>.

Hors des limites verticales, où le ruisseau peut atteindre dans les plus grandes eaux, limites très-bornées, les sillons irréguliers disparaissaient, on n'en

<sup>1</sup> La solubilité des silicates n'est pas une hypothèse tout à fait gratuite; certains feldspaths, le verre, qui est aussi un silicate, etc., sont solubles dans l'eau. On peut s'en assurer en broyant de petits fragments de ces substances en poudre impalpable dans un mortier d'agate, puis en les arrosant avec quelques gouttes d'eau; cette eau rougit le papier de curcuma.

trouve plus ; alors les veines de quartz, les filons, tous les cristaux dont cette siénite est composée, sont coupés nets sans distinction, au même niveau, qu'ils soient durs ou tendres ; l'ensemble de la roche est fort bien poli et arrondi jusqu'à une hauteur de plus de 50 mètres au-dessus du lit actuel du ruisseau. On reconnaît à ce poli la trace d'un frottement d'une puissance considérable, frottement qui s'est exercé dans le sens de la pente générale du vallon ; on peut en suivre la trace en examinant les stries parallèles dont le poli est accompagné sur certains points ; ces stries s'aperçoivent très-bien si l'on se place sous un jour convenable.

Quant aux sillons irréguliers, ils ne me paraissent pas être autre chose que des *Karrenfelder*, produits par l'eau et les graviers, par leur frottement sur la roche pendant des milliers d'années, dont la forme, dans le cas présent, est soumise à l'influence de la composition minéralogique de la roche.

M. Ch. Martins a démontré d'une manière claire et évidente, par des exemples tirés d'observations faites dans différents pays, qu'il fallait soigneusement distinguer ces *Karren* des sillons et des polis erratiques, et que lorsque ces trois accidents se trouvent réunis sur la même roche, il fallait attribuer les *Karren* à l'action prolongée de l'eau, et les polis et les stries à l'action des glaces<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> Réponse aux objections de M. Durocher contre l'ancienne ex-

Le vallon de la Prelle offre un exemple de plus de ce genre de phénomènes réunis sur la même roche.

DE LA PRÉSENCE DE LA BOUE DU GLACIER DANS LE TERRAIN ERRATIQUE.

Nous avons vu que les glaciers, par leur mouvement et par la pression qu'ils exercent sur les roches encaissantes, les démolissent, les usent et les nivellent; cette opération naturelle est toujours accompagnée d'une production de particules minérales excessivement fines, résultant du frottement et de la désagrégation de la roche; ces particules viennent se loger entre les masses de glace et les parois des montagnes; elles sont désignées sous le nom de *boue du glacier*. La quantité et la qualité de cette boue varient naturellement suivant le plus ou moins de facilité avec laquelle la roche se laisse entamer. Au glacier inférieur de l'Aar, cette boue est abondante; elle est d'un blanc grisâtre; elle est en grande partie entraînée par l'Aar; c'est elle qui trouble la limpidité de ses eaux<sup>1</sup>.

*tension des glaciers de la Scandinavie*, par M. Ch. Martins (*Bulletin de la Société géologique*, t. III, p. 102).

<sup>1</sup> Mon ami Dollfus-Ausset a mesuré rigoureusement la quantité de sable en suspension dans l'eau de l'Aar à sa sortie du glacier. Au mois d'août 1844, on a pris, à quelques mètres en aval de la voûte du glacier, seize litres d'eau, que l'on a filtrés au papier Joseph; le résidu, sec, en poudre *excessivement fine*, a pesé 2<sup>gr</sup>,275; c'est donc 142<sup>gr</sup>,187 de sable par mètre cube.

A cette époque de l'année le glacier fournissait en moyenne

Elle n'est cependant pas lavée et entraînée au point qu'il n'en reste pas en place, on en trouve une couche très-prononcée dans les anfractuosités du terrain, où les filets d'eau n'arrivent pas facilement. Dans notre terrain erratique nous avons fait remarquer en examinant les moraines, qu'on y rencontrait souvent de forts amas de terre argileuse qui rappelaient en tout point la *boue du glacier*. Ces amas ne sont pas d'ailleurs particuliers aux Vosges, ils ont été remarqués dans presque tous les dépôts erratiques du nord.

M. Durocher parle de détritiques argileux mêlés de sable et de graviers qu'il a remarqués sur le grand plateau du nord de la Laponie. En Finlande, même observation. En Pologne le terrain erratique consiste, d'après M. Pusch, en couches de sable entremêlées de couches d'argile<sup>1</sup>.

Dans l'intérieur de la moraine de Schliffels, on remarque deux variétés de dépôts boueux argileux; l'un, à la partie inférieure de la moraine, est en pâte excessivement fine, d'un blanc grisâtre; la poudre qu'il forme lorsqu'il est séché est un peu rugueuse au toucher; il est composé en grande partie d'éléments quartzeux. L'autre dépôt se présente sous forme d'amas non stratifié de terre argileuse rougeâtre, également en pâte très-fine, douce au toucher.

2 millions de mètres cubes d'eau en vingt-quatre heures, qui entraînaient, par conséquent, 284,574 kilogrammes de sable fin.

<sup>1</sup> *Comptes-rendus de l'Institut*, t. XIV, p. 96.

Voulant m'assurer jusqu'à quel point cette terre était susceptible de se déliter dans l'eau, et de se laisser entraîner par un courant, j'ai fait sur la variété rouge de Schliffels une analyse mécanique, c'est-à-dire une simple séparation des éléments suivant leur volume, suivant leur poids relatif, sans qu'il soit nécessaire de faire intervenir l'action des dissolvants acides ou alcalins. En petit, un remaniement par les eaux, un diluvium microscopique.

Mille parties de cette terre, séchée préalablement à fond, et lavée à extinction par décantation, puis filtrée, séchée et passée au travers de tamis de différentes grosseurs, ont produit :

179 gros graviers.

331 sable moyen.

193 sable très-fin.

297 particules excessiv<sup>1</sup> fines entraînées par l'eau.

---

1000

Voilà donc près de 30 p. % de matières d'une ténuité telle qu'elles restent en suspension dans l'eau, et sont susceptibles d'être entraînées par le plus petit filet.

Nos dépôts latéraux renferment fréquemment les éléments de la boue du glacier; quelquefois ils sont stratifiés grossièrement; ailleurs ils sont disposés en amas, en sacs; parfois cette boue est comme celle

qui a servi à l'analyse ci-dessus, chargée d'oxide de fer, ou bien, elle est blanche et presque entièrement formée d'éléments quartzeux et feldspathiques.

J'ai remarqué un exemple de stratification, dans un dépôt de ce genre, dans un embranchement de la vallée d'Urbès. Ce dépôt a été transformé en carrière pour l'extraction du sable; on peut ainsi facilement l'observer. La partie inférieure reposant sur un plan incliné est composée d'un amas incohérent de blocs et de cailloux de quelques mètres d'épaisseur; puis vient une couche horizontale de boue excessivement fine; elle est blanchâtre; puis par-dessus une couche parallèle de sable moyen, et ensuite vient une troisième couche de sable grossier; le tout surmonté d'un nouvel amas de cailloux et de blocs sans trace de stratification. La couche de boue stratifiée se trouve donc ici emprisonnée entre deux amas non stratifiés, et ensuite la portion la plus tenue de cette boue se rencontre précisément dans une position inférieure au sable grossier<sup>1</sup>.

Ce dépôt placé latéralement contre la montagne, paraît avoir un caractère erratique incontestable; on éprouverait de grandes difficultés si on voulait expliquer l'arrangement de ces matériaux autrement que par le fait d'un glacier. Ils se succèdent dans un

<sup>1</sup> J'ai réussi à détacher un échantillon, un prisme de 5 centimètres de côté, de cette boue. Elle a la plus grande analogie avec la boue du glacier de l'Aar.

ordre précisément inverse à celui que les eaux déterminent d'ordinaire. Il rentre évidemment dans la catégorie de ceux dont parle M. de Charpentier, § 49<sup>1</sup>.

L'amas de terre argileuse que nous avons signalé à la moraine d'Odern paraît provenir de la même cause.

Elle se retrouve encore dans une autre circonstance, où elle n'a pas le même degré de ténuité, où elle est moins fine, mais tout aussi bien caractérisée : c'est lorsqu'elle est adhérente à la roche en place striée, comme nous l'avons fait remarquer au Glattstein. Sur cette roche elle a l'apparence d'un vieux mortier solidement agglutiné, et cependant le calcaire y est tout à fait étranger ; il faut croire qu'au moment de son dépôt elle n'avait pas encore le degré de solidité qu'elle a aujourd'hui.

Les galets mobiles striés si abondamment répandus dans nos dépôts erratiques, sont aussi fréquemment couverts d'une légère croûte de sable fin et de fragments plus gros, incrustés solidement dans les parties creuses du galet, surtout si ces pierres sont extraites récemment de l'intérieur d'un dépôt dans une carrière en exploitation. Une longue exposition aux agents extérieurs finit par détruire ces incrustations. Elles sont tout à fait identiques à celles que M. Agassiz a remarquées sur les roches striées de la Suisse. M. Agassiz, qui a visité nos dépôts des Vosges, y a

<sup>1</sup> De Charpentier, ouvrage cité.

reconnu la même source, la même origine et l'absence de calcaire. Ce ne peut être que ce sable fin qui, dans les temps erratiques, quand ces matériaux étaient doués de mouvement, a fait l'office de burin. On retrouve dans le sillon le grain de quartz qui a rayé la roche. Ce grain, associé avec une poudre impalpable provenant de la décomposition des schistes argileux, a pris, à la suite des siècles, cette consistance de mortier adhérent.

C'est plus particulièrement sur les galets provenant d'une roche schisteuse qu'on trouve ces incrustations; les galets ou les blocs de granite et d'autres roches cristallines en sont rarement recouverts.

*Des marais et des lacs propres au terrain erratique.*

Dans le nord de l'Italie, en Suisse, en Norvège et en Suède, la plupart des auteurs sont d'accord pour attribuer la formation d'un grand nombre de lacs à la présence des moraines, qui, par leur disposition naturelle à barrer les vallées transversalement, retiennent les eaux supérieures et donnent lieu à l'existence d'un lac<sup>1</sup>. Dans les Vosges le même phénomène se rencontre à chaque pas sur une petite échelle.

Les lacs de Gérardmer, de Longemer, de Fondromé, doivent leur existence à des moraines.

<sup>1</sup> MM. Le Blanc et Hogard sont les premiers observateurs qui aient éveillé l'attention des géologues sur ce sujet.

Dans les localités où les lacs n'existent plus, parce que les coupures pratiquées dans les moraines, soit par la main des hommes, soit par la force des courants naturels, ont déterminé l'écoulement de la masse liquide tout entière, il reste toujours en amont de la moraine des traces suffisantes pour qu'on puisse y reconnaître un long séjour des eaux tranquilles. On peut en voir des exemples dans la vallée de Gironmagny, dans celle de Massevaux, dans celle de Saint-Amarin.

La moraine frontale de la vallée d'Urbès a donné lieu à la formation d'un petit lac qui change d'aspect suivant les différentes saisons de l'année. En hiver aux époques des grandes eaux, le lac se remplit; il arrive presque au niveau de la route<sup>1</sup> qui longe ses bords sur la rive droite. En été il est transformé en prairies marécageuses.

En automne les émanations qui s'en dégagent donnent lieu aux fièvres intermittentes dont les habitants riverains sont parfois affectés. Son niveau moyen est de 10 mètres au-dessus de la vallée de Saint-Amarin. Par des travaux d'art on parviendrait facilement à le dessécher en entier; en approfondissant le chenal actuel de 2 mètres sur une longueur de 400 mètres, la section serait suffisante pour permettre un écoulement complet et rapide de toutes les eaux supérieures.

<sup>1</sup> Route royale n° 66.

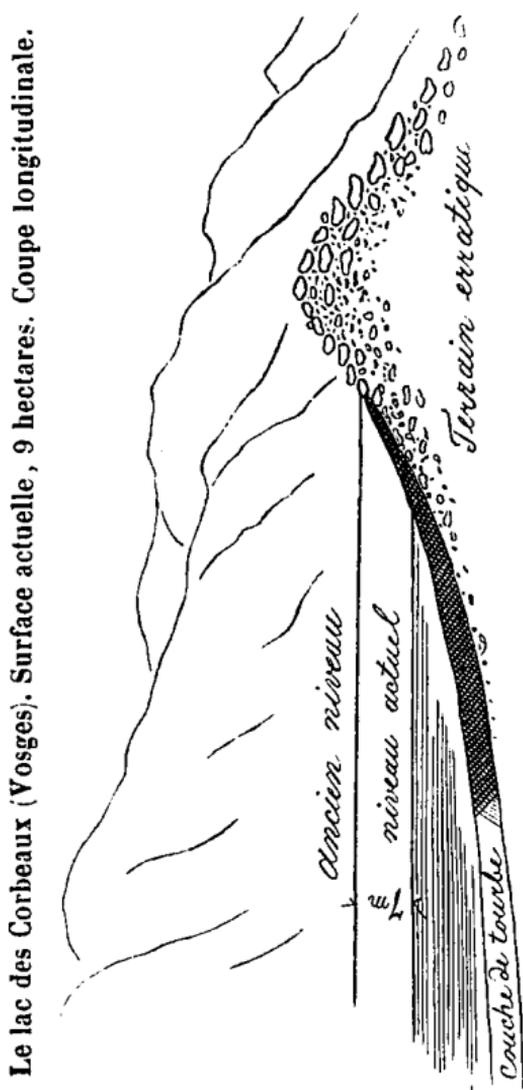
A Wesserling la moraine fermait si bien la vallée, qu'elle a évidemment donné naissance, dans les temps anciens, à l'existence d'une nappe d'eau, qui s'étendait à plusieurs kilomètres en amont jusqu'aux villages de Felling et d'Odern ; un souvenir vague en reste encore dans l'esprit des habitants, souvenir qui s'est transmis de générations en générations. Il ne reste du lac que quelques prairies marécageuses, mais en examinant le terrain avec attention, on trouve en effet que rien ne s'oppose à l'admission de cette hypothèse.

La moraine de Schliffels est précédée en amont d'une espèce d'entonnoir de 800 à 1000 mètres de diamètre, qui n'est autre chose qu'un lac desséché ; le sol actuel en est marécageux, tourbeux, et ce n'est que par un long séjour sous les eaux tranquilles que les végétaux se transforment en tourbe.

Un exemple remarquable de la formation d'un lac par le fait d'une moraine existe dans les Vosges au *lac des Corbeaux*, commune de la Bresse (Vosges) ; j'ai eu l'occasion de le vérifier tout récemment.

Le terrain a la forme d'un entonnoir de 5 à 600 mètres de diamètre à la surface actuelle du lac. Une échancrure donne lieu à l'écoulement des eaux ; cette échancrure est barrée par une petite moraine granitique ; les matériaux accumulés sur ce point sont entassés pêle-mêle, d'énormes blocs anguleux de 8 à 10 mètres cubes sont posés à la surface de cette mo-

raîne; ils sont mêlés de sable et de graviers, sans aucun ordre, ils représentent un véritable chaos. Aucun de ces blocs n'est complètement arrondi, comme



on en voit beaucoup dans les parties basses de nos vallées; ils sont tous anguleux, les angles seulement légèrement émoussés. La débâcle la plus violente, le

diluvium le plus formidable n'auraient pas eü la force d'entasser de pareils matériaux à la sortie de ce petit bassin.

Les blocs, les graviers et les sables de cette moraine ne sont point mélangés de terre ni de boue; ils sont propres, lavés, comme s'ils sortaient de l'eau.

Le fond de ce lac est aujourd'hui entièrement transformé en une couche épaisse de terre tourbeuse. Depuis que cette tourbe existe, nul changement, nul mouvement, nulle révolution n'est venu la déranger, la déplacer, ou entraver sa lente formation. On peut en juger sur la tranche d'une coupure pratiquée à l'extrémité du lac pour l'établissement d'une vanne d'écoulement. Les industriels du voisinage ont transformé ce lac en réservoir pour l'alimentation de leurs usines. Son niveau a été abaissé de 7 mètres; c'est là qu'on peut voir la coupe de cet amas de tourbe et de cette moraine.

Le terrain inférieur se compose d'un amas incohérent de sable, de graviers, de blocs, sans traces de stratification, sauf quelques couches minces de sable fin, disposé en strates grossiers et inclinés, suivant la pente du fond. Ces matériaux sont les mêmes que ceux de la moraine terminale; c'est là évidemment le terrain erratique. Sur ce terrain repose immédiatement et sans transition le dépôt de tourbe; le terrain erratique est blanc, la terre tourbeuse est

noire, la ligne de démarcation est nettement tranchée. La tourbe est relevée sur les bords et se termine en couche mince, elle a la forme d'une capsule. Si quelque dérangement était survenu depuis le moment où elle s'est formée, on le remarquerait à son point de contact avec le terrain erratique. Mais ici la tourbe repose immédiatement sur le sable et les blocs, sans mélange, sans intermédiaire.

Ce lac était autrefois un petit glacier, le barrage naturel du lac était sa moraine frontale; on y reconnaît tous les éléments des moraines, sauf les galets striés (cette absence de galets s'explique par l'absence de roche schisteuse). Puis le glacier a disparu, le barrage est resté, les eaux n'ont point pu s'écouler, le lac s'est formé, ensuite le terrain tourbeux; depuis lors plus de révolution, plus de retour de grands froids. Ce terrain tourbeux est encombré, à une grande profondeur, d'une masse considérable de végétaux enfouis; de sapins, de hêtres tout entiers, qui ont conservé leurs formes primitives; on retire beaucoup de bois de cette vase; mais il est dur, pesant, il brûle mal, et se rapproche de la nature des lignites.

Tous ces bassins, la plupart à fond plat, qui existent derrière les moraines, sont un fait de plus à ajouter à ceux que nous avons déjà exposés, en faveur de la théorie des anciens glaciers.

En explorant le terrain erratique, on est frappé de l'analogie qui existe entre les moraines, les marais et

les lacs qui en dépendent et les *cordons littoraux* et les *lagunes* dont M. Élie de Beaumont parle dans son *Cours de géologie pratique*.

Les moraines correspondent aux levées de sable et de galets que la mer rejette incessamment sur ses bords.

Les marais et les lacs du terrain erratique correspondent aux *lagunes* produites par l'accumulation des eaux des rivières derrière le cordon littoral, avec la différence que les *lagunes erratiques* sont situées sur l'emplacement même occupé autrefois par la mer de glace.

Cette mer, qui se trouvait derrière sa moraine frontale, a dû, pendant sa période d'activité et par son mouvement incessant, user et niveler le sol qui lui servait de lit; en même temps elle travaillait à la formation de son cordon littoral, de ses moraines. Puis, lorsque les circonstances géologiques ont changé, la mer s'est retirée, *l'appareil littoral* est resté en place, avec un espace plat et uni derrière lui; les eaux ont pris la place des glaces, les lagunes se sont formées.

Cette retraite de la mer de glace ne s'est pas opérée toutefois de manière à imprimer au phénomène un type uniforme. Une masse aussi considérable de glace ne se fond pas sans donner lieu à des accidents qui ont dû modifier la forme du relief du terrain. Le glacier de la vallée de Saint-Amarin, par exemple, devait avoir au moins une masse de 4 milliards de mètres cubes de glace.

Voici sur quelles données est établi ce chiffre.

La longueur de l'ancien glacier principal de cette localité était de 12,000 mètres; sa largeur moyenne 800 mètres et sa hauteur moyenne 300 mètres; puis le glacier latéral d'Urbès avait une longueur de 4000 mètres, largeur 500 mètres, hauteur moyenne 300 mètres.

$$\begin{array}{r}
 12,000 \times 800 \times 300 = 2,880,000,000 \\
 4,000 \times 500 \times 300 = \quad 600,000,000 \\
 \text{plus les autres glaciers} \\
 \text{latéraux de Schliffels,} \\
 \text{Saint-Nicolas, Krüth.} \quad = \quad 520,000,000 \\
 \hline
 4,000,000,000
 \end{array}$$

Quelle que soit la lenteur qu'on puisse supposer dans la fusion de cette masse de 4 milliards de mètres cubes, il n'en est pas moins résulté des torrents impétueux qui ont ravagé la vallée, déterminé des ruptures dans les moraines et accumulé sur certains points des masses de débris. Mais, ainsi que nous l'avons fait observer en parlant du profil du pied des montagnes sous forme de terrasses parallèles, on peut aisément distinguer ces débris remaniés par les eaux de ceux qui n'ont pas subi de déplacement depuis le moment où ils ont été déposés sur le littoral de la mer de glace.

M. Élie de Beaumont fait encore remarquer que

les cordons littoraux, considérés en projection horizontale, présentent une simplicité de courbe remarquable; il en cite de nombreux exemples. Nous retrouvons dans les moraines, considérées sous le même point de vue, la même simplicité, la même uniformité de lignes courbes.

Sous certains rapports, l'analogie n'est cependant pas complète. Lorsque la mer travaille à l'établissement de ses dunes, de ses levées de sable et de galets, elle procède autrement que les mers de glace; d'après les observations de M. Élie de Beaumont, elle opère, par son mouvement, une espèce de triage des matériaux qu'elle a sous la main; elle choisit les plus gros galets, qu'elle rejette d'abord; on les trouve ordinairement dans la partie supérieure des digues, et le sable fin à la partie inférieure<sup>1</sup>; tandis que les moraines produites par le mouvement des mers de glace se font remarquer ordinairement par une absence complète de triage des matériaux suivant le volume.

### *Des limites du phénomène.*

La limite d'action des anciennes glaces est fort difficile à déterminer exactement. Dans un sens horizontal on peut s'arrêter à la ligne des moraines fron-

<sup>1</sup> *Leçons de géologie pratique*, par M. Élie de Beaumont, 7<sup>e</sup> leçon.

tales inférieures ; cependant il est évident que , pendant la période où notre contrée a été couverte de grandes glaces , période qui a dû comprendre un long espace de temps , il y a eu un moment où les anciens glaciers ont pris une extension et un accroissement considérables , à en juger par les débris qu'ils ont laissés sur place à plus de 500 mètres au-dessus du fond des vallées.

Dans la vallée de Saint-Amarin on peut admettre trois zones , trois lignes à peu près horizontales qui indiquent la limite d'action des anciens glaciers.

La première , que j'appellerai ligne inférieure , se maintient à partir de la moraine frontale de Wessering jusqu'au fond de la vallée , à environ 100 mètres au-dessus du sol actuel. Elle se reconnaît facilement , sur la rive gauche d'abord , par une ligne de blocs déposés horizontalement sur le flanc des montagnes encaissantes , surtout dans les anfractuosités produites par l'ouverture des vallées latérales. Un amas horizontal considérable de beaux blocs de granite se remarque au-dessus du Hasenbühl , près de Fellingring. Puis un autre au-dessus du village d'Odern ; ensuite au-dessus du village de Krüth et auprès du rocher de Wildenstein.

Sur la rive droite , cette première ligne de blocs peut se suivre de l'œil sur toute l'étendue de la vallée ; elle pénètre très-avant dans les vallées latérales. Dans la vallée d'Urbès , deux longues lignes de blocs et de

débris , à une centaine de mètres de hauteur, suivent tous les mouvements horizontaux du sol.

Les monticules isolés qui percent comme des îlots au milieu de la vallée principale , et dont nous avons parlé à l'occasion des moraines par obstacle et qui ne dépassent pas 100 à 120 mètres de hauteur, sont tous parsemés de blocs erratiques à leur sommet.

Les blocs de cette ligne sont, les uns, à angles vifs, les autres arrondis; ces derniers présentent fréquemment, lorsqu'ils sont en granite, une de leurs faces rayée de stries rectilignes à plusieurs millimètres de profondeur; ce sont des galets monstres, quelquefois de plusieurs mètres cubes, sauf que les stries n'en sont ni croisées, ni parallèles; elles divergent en rayonnant d'un centre commun.

La seconde, que nous nommerons ligne moyenne, est moins abondante et moins bien accusée; elle n'est plus formée de grands amas de blocs et de débris; on les rencontre isolés, jetés un peu au hasard sans l'accompagnement obligé de galets et de sable; cependant ils sont véritablement erratiques, ils en possèdent tous les caractères; on en rencontre sur les pentes du Drumont et de plusieurs autres de nos montagnes, à plus de 500 mètres de hauteur.

La troisième ou ligne supérieure est marquée dans nos montagnes par la présence de blocs à une hau-

teur considérable; ainsi on rencontre des blocs métriques tout près des sommets les plus élevés, tels que le Ballon de Guebwiller, le Ballon d'Alsace, le Drumont, le Hoheneck, à près de 1000 mètres au-dessus de la vallée; ils sont arrondis, usés, d'une roche différente de celle qui les supporte; ils ne sont pas striés et paraissent excessivement anciens, à en juger par les érosions de leur surface, érosions produites par le laps des siècles; ils ne sont pas accumulés en grande masse; ils sont très-espacés les uns des autres; leur distribution avec parcimonie fait qu'en suivant la ligne de faite de la chaîne des Vosges, on parcourt souvent une distance de plusieurs kilomètres sans en rencontrer un seul; puis on en trouve un amas d'une douzaine, qui jonchent le sol pour cesser ensuite. A quelques centaines de pas d'un des sommets du Hoheneck, sur le versant occidental, ils sont répandus avec un peu plus d'abondance; ils sont en granite, mais d'un grain tout différent de celui de la roche en place; ils ne sont pas, du reste, accompagnés de menus débris, qui ne manquent jamais de suivre les blocs de la région inférieure.

Ils ne proviennent pas d'éboulements supérieurs; leur position sur des cols élevés ne permet pas cette supposition.

Ils sont séparés de la seconde ligne par une zone de 500 mètres de largeur, où l'on ne rencontre que

fort peu de blocs. Leur aspect extérieur est si différent de celui des blocs de la région basse, leur surface est tellement usée par le temps, qu'il est difficile d'admettre que leur origine remonte à la même époque; ils datent peut-être du moment du soulèvement de la chaîne elle-même.

Leur transport par les glaces pourrait être sujet à contestation; il faudrait, dans ce cas, supposer des glaciers d'une épaisseur et d'une puissance telles, qu'ils ne seraient pas restés enfermés dans l'enceinte étroite des vallées des Vosges; ils auraient débordé dans la grande plaine du Rhin, et jusqu'à présent on n'y a pas trouvé de traces de leur passage.

Je n'ai donc pas cru devoir les faire figurer sur ma carte; ils sont bien erratiques suivant l'étymologie du mot, mais ils ne le sont peut-être pas suivant la signification qu'on y attache aujourd'hui.

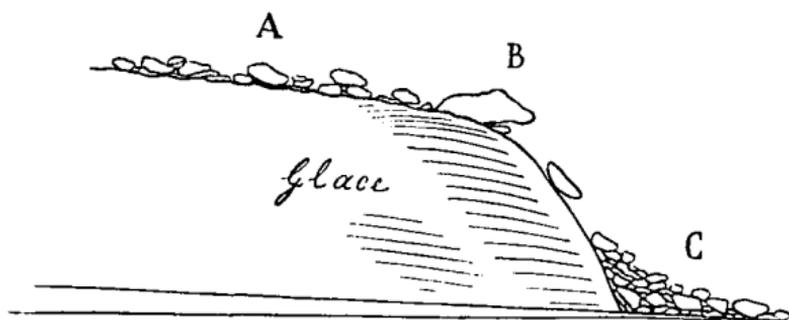
Les limites du terrain erratique, ou, ce qui revient au même, le littoral des anciennes mers de glace peut donc se tracer sur une carte en suivant la ligne des débris qu'elles ont rejetés sur leurs bords. D'une part, les moraines frontales inférieures donnent la mesure de l'étendue des glaces dans le sens horizontal; puis les accumulations de blocs et de débris, disposés en lignes horizontales sur le flanc des montagnes, indiquent la hauteur à laquelle les anciennes glaces se sont élevées.

*Les matériaux erratiques ont été déposés avec une lenteur extrême.*

Les moraines étant un composé de détritits minéralogiques dont la dimension varie depuis le grain de sable le plus fin jusqu'au bloc de plus de 1000 mètres cubes, il est intéressant de savoir si ces matériaux ont été amenés sur le point où nous les retrouvons aujourd'hui par une voie de transport brusque et rapide, ou par le moyen d'un travail de longue haleine. Il nous sera facile de démontrer que ces amas ont été formés avec une lenteur extrême. Les anciennes moraines des Vosges qui ont été démantelées sur un point de leur surface, ou qui ont été entamées par la main des hommes, laissent voir, dans leur intérieur, le mode de tassement des matériaux; ils présentent généralement entre eux des *espaces vides, des creux*, qui ont souvent 50 ou 60 centimètres de profondeur; d'autres fois ces petites cavernes n'ont que quelques centimètres d'ouverture. Les blocs métriques empâtés dans des masses de graviers et de sable, reposent parfois sur quelques blocs de moindre dimension, qui forment pieds; entre ces pieds existent les vides. Nous avons déjà fait remarquer que des vides pareils existaient en grand nombre dans la moraine de Wesserling. Dans les autres moraines de la vallée de Saint-Amarin on en rencontre fréquemment.

On peut se rendre compte de ce fait si l'on a vu une moraine en voie de formation. Dans l'été de 1845 j'ai eu l'occasion d'assister à ce genre de phénomène ; j'ai passé plusieurs jours en station d'observation au pied du talus terminal du glacier de l'Aar ; j'ai vu les pierres de toutes les dimensions, depuis les blocs les plus volumineux jusqu'au sable fin, se détacher du sommet du talus, se précipiter le long de la pente de glace, et tomber sur la moraine. De temps en temps, toutes les minutes, tous les quarts d'heure, suivant les circonstances de la fonte et la position des matériaux sur l'arête terminale du glacier, on était averti par un grand bruit de la chute d'un gros bloc. Les menus débris, les sables glissent sans faire beaucoup de bruit ; ils forment de petites avalanches, de petites trainées, et vont rejoindre la masse des matériaux au pied du glacier.

Coupe longitudinale du talus terminal d'un glacier.



Tous les blocs, le sable et les graviers situés en A, sur le dos du glacier, sont doués de mouvement ; ils avancent avec une extrême lenteur et tous en-

semble ; arrivés au point B , le sol manque sous leurs pas , ils perdent l'équilibre et sont précipités au bas du talus C. Ces matériaux s'y entassent sans ordre , sans classement , sans distinction de volume et en laissant entre eux des vides et des cavités exactement pareils à ceux qu'on remarque dans l'intérieur de nos anciennes moraines des Vosges.

Ainsi donc ces petites cavernes sont une preuve de l'origine glaciale de ces moraines , et puis de l'extrême lenteur , de la longue période de temps<sup>1</sup> écoulée pendant leur formation ; elles indiquent également que les eaux ne sont pas intervenues d'une manière sérieuse dans l'établissement de ces amas.

*Sur la direction du phénomène et sur son point de départ.*

Pour ceux qui admettent l'existence d'anciens glaciers dans les Vosges , cette question est facile à résoudre , puisqu'on sait que les glaciers actuels sont ordinairement encaissés dans le fond des vallées ; quel que soit le point de l'horizon où l'axe de ces vallées se trouve dirigé , les glaciers en suivent toujours la direction et toutes les sinuosités accidentelles. Néanmoins parmi les savants qui ont observé

<sup>1</sup> La longueur de la période en temps absolu , comme nous le verrons plus loin , peut se déduire approximativement de la masse des matériaux divisée par le nombre de mètres cubes débarqués dans un temps donné sur une moraine.

le phénomène erratique dans le Nord, et qui ne font point entrer les anciens glaciers comme cause du phénomène, il en est qui attachent une grande importance à la direction des stries dont les roches de ce pays sont couvertes.

Dans les Vosges, nos stries sont constamment situées dans la direction de l'axe principal de la vallée où elles se trouvent, sauf quelques rares exceptions, comme nous en avons citée une au Bärenberg, exceptions qui peuvent s'expliquer sans qu'il soit nécessaire de recourir à une hypothèse extraordinaire.

Le phénomène des anciens glaciers ayant imprimé sa marche sur les roches, on n'a qu'à suivre le sens des stries pour connaître sa direction. On trouve ainsi qu'il est parti des points culminants de la chaîne, en suivant les pentes naturelles du fond des vallées. Si la vallée est ouverte au S.-E., comme la vallée de Saint-Amarin, les stries remarquées sur les roches se dirigent dans le même sens. Si la vallée s'ouvre dans la direction du S., comme celle de Giromagny, les stries sont dans la direction N.-S. Sur le versant occidental de la chaîne, dans la vallée de la Moselle, M. Hogard a décrit une roche dont les stries suivent la direction N.  $50^{\circ} 20'$  O., et la vallée elle-même court au N.  $51^{\circ} 30'$  O. La différence est trop insignifiante pour ne pas considérer ces lignes comme parallèles<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> *Bulletin de la Société géologique*, t. II, p. 249.

Le phénomène n'a donc point eu une direction unique; il a rayonné autour des points culminants de la chaîne; il n'a pas dépassé leurs limites en hauteur; il s'est maintenu dans le fond des vallées. Nous avons vu tout à l'heure qu'on peut tracer sur la carte, qu'on peut poser les bornes de sa sphère d'activité.

Il n'a pas eu la force suffisante pour sortir des vallées et s'étaler dans les grandes plaines qui entourent le système des Vosges. Les moraines frontales inférieures donnent la mesure de son étendue en longueur; dans toutes nos vallées on peut remarquer qu'en amont de ces moraines, tous les accidents propres au terrain erratique se rencontrent à profusion, tandis qu'en aval, ces accidents disparaissent; ni les roches, ni les galets ne sont plus striés, et les accumulations de débris ont tous les caractères des matériaux remaniés par les eaux.

On pourrait objecter que les stries croisées sur roche en place dont nous avons parlé, sont indépendantes des stries rectilignes et proviennent d'une autre cause. Mais d'abord ces croisements de lignes ne se remarquent que sur les roches qui encaissaient latéralement l'ancien glacier; dans cette position il n'est pas absolument impossible de se rendre compte du fait, si nous admettons pour le moment

1° Que la période pendant laquelle les grandes glaces ont séjourné dans nos contrées, a duré pen-

dant un espace de temps très-long, une masse de siècles considérable ;

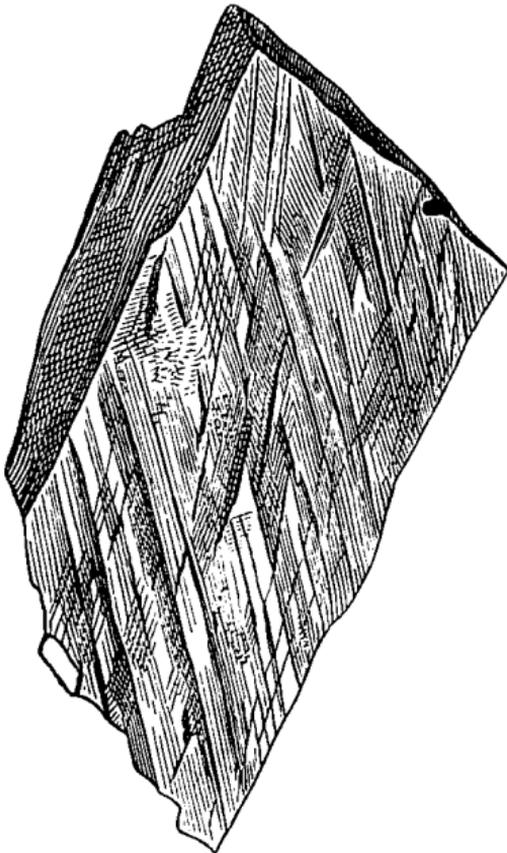
2° Que les anciens glaciers ont été doués d'un mouvement alternatif de croissance et de décroissance, non-seulement dans le sens horizontal, mais encore dans un sens vertical.

Ces deux hypothèses ne sont pas de la théorie pure : elles reposent sur des faits matériels. Il est évident que, pendant la période d'activité du glacier, le milieu ambiant a dû subir des changements considérables, si l'on en juge par la position des matériaux qu'il a déposés sur le terrain pendant sa lente agonie, position échelonnée à plusieurs kilomètres de distance.

Si notre glacier augmente de volume dans le sens de son épaisseur, et en même temps dans le sens de sa longueur, il a dû rayer les roches de contact, suivant une ligne qui ne peut être que la résultante de ces deux forces. Et si un mouvement de décroît vient à surgir dans le régime du glacier, par suite de circonstances atmosphériques qui nous sont inconnues, les stries imprimées sur la roche ont dû suivre une direction en rapport avec ce nouveau mouvement<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> Ces stries *croisées* ont été récemment l'objet d'une observation très-précise de la part de M. Escher de la Linth. Dans une note adressée à la Société géologique *Sur quelques phénomènes des glaciers en Suisse*, M. Escher dit : « .....A une lieue en amont « des bains de Pfeffers, dans la vallée de la Tamina, on trouve « à la surface de la roche calcaire en place polie, sur de grandes

Stries croisées sur roche en place, vallée de Saint-Amarin  
(Haut-Rhin). 1/8 de grandeur naturelle.



L'existence et le régime d'un glacier dépendent des circonstances météorologiques qui l'entourent ;

« étendues, des raies à peu près horizontales et larges de  $1/2$  à  
« 4 millimètres. Ces raies montrent dans leur creux très-évasé  
« de petites entailles *transversales*, presque toujours plus ou  
« moins courbées, éloignées d'ordinaire l'une de l'autre de  $0^m,5$  ;  
« leur convexité est tournée constamment en amont de la vallée.  
« Ces entailles ont tout à fait l'air de la trace d'un outil semblable à  
« un ciseau, qui, mis en mouvement par un mécanisme lent,  
« un peu branlant, attaque tantôt plus, tantôt moins fortement  
« la substance soumise à son action. Je crois que personne, en

or donc, si le glacier a été soumis pendant sa vie à des fluctuations profondes dans sa marche et dans son allure, les stries résultant de son frottement sur les roches ont dû accompagner ces mouvements dans toutes leurs phases; de là ces croisements sous différents angles que nous avons remarqués sur la surface de nos roches.

Le phénomène qui a donné lieu aux accidents erratiques dans les Vosges, a donc eu une direction analogue à celle qui existerait si ces mêmes vallées étaient aujourd'hui placées dans des conditions telles que de grandes glaces puissent y vivre et prospérer.

« voyant le phénomène, n'hésitera à l'attribuer à un mouvement très-lent, semblable à celui des glaciers, et à le trouver tout à fait incompatible avec un mouvement rapide.

« La roche polie en amont de Pfeffers, déblayée depuis peu, par l'effet d'un ruisseau, des détritiques qui l'avaient couverte et garantie jusqu'à présent contre l'influence de l'atmosphère, présente encore une autre particularité. Perpendiculairement à peu près aux sillons qui suivent la direction générale de la vallée, on y voit des stries nombreuses toutes fines, de profondeur peu appréciable, sensiblement parallèles entre elles, et dirigées dans le sens de la pente la plus forte. Ces stries traversent en quelques endroits les sillons longitudinaux d'une manière si claire, qu'on voit qu'elles sont les plus nouvelles. J'ignore l'explication que les défenseurs des courants donneraient de cette circonstance; dans la théorie des glaciers, elle se présente comme le résultat du mouvement lent que le détritiques de la surface du glacier a subi pendant l'abaissement et la fonte du glacier..... » (*Bulletin de la Société géologique*, 2<sup>e</sup> série, t. III, p. 239).

*Des roches striées et des galets rayés dont l'origine n'est pas erratique.*

Un observateur peu exercé pourrait facilement être induit en erreur dans la recherche et dans l'observation des roches striées, s'il n'a pas soin de s'entourer de beaucoup de prudence et de circonspection dans l'appréciation de ce phénomène. C'est en parcourant les Vosges avec un habile géologue, dont les idées théoriques étaient tout à fait contraires à l'hypothèse des anciennes glaces, que mon attention a été éveillée sur ce point. Nous rencontrâmes fréquemment dans nos vallées des roches striées dont l'origine n'était évidemment pas erratique, roches qui parlaient en faveur de mon antagoniste.

Dans l'examen de ce phénomène il y a trois choses dont il est essentiel de tenir compte :

1° De la position des roches relativement à celles qui les avoisinent immédiatement ;

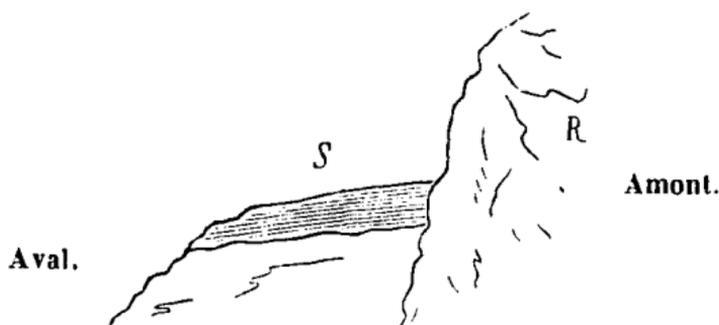
2° De la nature même de la roche, de son degré de dureté, de la facilité avec laquelle elle se délite ;

3° De la direction de la stratification et du sens dans lequel les feuillets des roches schisteuses se sont superposés les uns aux autres.

Ainsi, quant à la position des roches, on sait que les glaciers n'usent et ne polissent que les surfaces planes ou convexes, quelle que soit la direction des plans : qu'ils soient horizontaux, verticaux ou même

en surplomb, le burin peut les atteindre; il faut encore remarquer que les bords d'un glacier n'attaquent pas toujours les surfaces planes des roches encaissantes; le glacier se crée souvent des points d'appui capricieux, sans qu'on puisse se rendre un compte exact du motif; la ligne du bord saute quelquefois d'un rocher à un autre; entre ces deux points où le contact est intime, il laisse un espace vide et se tient à distance. Ailleurs le glacier atteint de son burin des surfaces légèrement concaves, mais à grands rayons. Si un obstacle solide se présente immédiatement en amont, le corps frottant ne pourra plus atteindre la roche. J'en citerai un exemple pris dans le terrain erratique des Vosges.

Il y a sur le monticule du Marlen, près d'Odern, une roche de schiste argileux qui est sillonnée de stries qui ont quelque rapport avec les stries glaciaires; on pourrait les confondre si la position de la roche, relativement à celle qui la touche immédiatement, n'était point une raison suffisante pour rejeter cette hypothèse.



Les stries imprimées sur le rocher S étant dominées en amont par le rocher R, ont été évidemment à l'abri de l'action erosive erratique; elles sont donc dues à une autre cause.

Quant à la nature de la roche, nous choisirons dans nos environs quelques exemples de stries qui pourraient donner lieu à une erreur.

Sur la route d'Urbès à Bussang, entre le kilomètre n° 4 et le kilomètre n° 5, il existe une roche schistoïde sur laquelle des stries parallèles sont assez bien dessinées, et dont la direction dans le sens de l'axe principal de la vallée pourrait faire supposer qu'elles sont erratiques. Toutefois, si on l'examine avec attention, on s'aperçoit que cette roche, formée de feuillets ardoisiers superposés les uns aux autres en plaques presque verticales, présentent, sur leur face plane, une infinité de cannelures dont le dessin, quoique exécuté avec moins de finesse, se rapproche beaucoup, pour la forme extérieure, des stries glaciaires. On peut s'assurer qu'elles proviennent de la nature feuilletée de la roche; en cassant un échantillon dans l'intérieur de la masse, on s'aperçoit que chaque feuillet présente le même phénomène. Ces feuillets intérieurs ayant été jusqu'alors à l'abri des agents extérieurs, n'ont donc pas été striés par un fait erratique.

D'autres roches schisteuses, dont la structure a de l'analogie avec celle de l'ardoise, offrent fréquem-

ment la disposition cannelée, non pas sur la surface plane du feuillet, comme dans l'exemple précédent, mais sur les tranches de plusieurs feuillets réunis. On trouve des exemples pareils dans le fond de la vallée de Schliffels, derrière la moraine qui barre cette vallée. Les couches sédimentaires, aussi fines que les feuillets d'un livre, et relevées verticalement, ont, à la suite des temps, subi une action erosive qui leur donne l'apparence des stries erratiques.

Au débouché de cette même vallée de Schliffels, dans celle de Saint-Amarin, en aval de la moraine, il existe de larges surfaces de roc cannelées. Par la position de cette roche, les cannelures pourraient tout aussi bien avoir été produites par un moteur erratique que par la force désagrégante des agents extérieurs; mais comme elles correspondent exactement au sens de la stratification, il s'était élevé des doutes dans mon esprit sur l'origine de ce burinage; j'ai consulté pour cet objet les autorités de la science<sup>1</sup>, qui ont été d'accord pour rejeter la cause que j'avais d'abord cru devoir admettre.

On remarque encore dans les Vosges des roches striées dont la structure est fort singulière. Elles existent aux points de contact de la roche de sédiment et de la roche cristalline; c'est la roche sédimentaire qui est striée. On aperçoit fort nettement

<sup>1</sup> MM. Élie de Beaumont et Agassiz.

cet effet dans quelques carrières où l'on exploite le granite ou l'eurite, qui alternent avec le schiste; alors de larges surfaces de schiste grauwacke étant mises à nu, on voit qu'elles sont grossièrement striées, comme si les masses granitiques, lors de leur apparition, eussent glissé dessus pendant que les schistes étaient encore à l'état de pâte molle. L'illusion est telle que ces surfaces ressemblent à une argile plastique qui aurait reçu fraîchement des moulures sous forme de stries rectilignes, par le frottement d'un corps dur contre la pâte.

Nous ne devons pas oublier non plus de dire en passant que les roues des voitures, et surtout les sabots que l'on introduit sous la roue à la descente, ont la propriété de strier fort nettement les roches. Il y a encore un autre véhicule, employé dans les pays de montagnes pour le transport des bois, qui donne lieu, sur les roches, à des stries rectilignes fort nettes. Ce véhicule est connu en Alsace sous le nom de *Schlitten*; c'est un traîneau en bois sur lequel on charge les bûches coupées à la longueur d'un mètre. Ce traîneau, conduit par des hommes, circule sur un chemin à pente douce, construit pour cet objet seulement sur le flanc des montagnes, avec des traverses horizontales en bois, espacées les unes des autres de 30 à 40 centimètres. Lorsque le traîneau frotte les roches en place, il les use et les couvre de

stries rectilignes, tout aussi bien que pourrait le faire un glacier<sup>1</sup>.

Il est moins difficile de se tromper lorsque c'est une roche granitique qui se présente à l'observateur, les roches cristallines n'ayant, en général, dans leur état normal, ni surfaces lisses ou polies, ni larges feuillets bien prononcés; celles qui ont été soumises au travail erratique, se distinguent par un poli tout particulier; les cristaux de feldspath, de quartz, de mica, qui les composent d'ordinaire, sont coupés nets au même niveau. Lorsque ces roches sont usées et moutonnées par un courant d'eau, le poli en est tout différent, et il n'est jamais accompagné de stries rectilignes<sup>2</sup>.

<sup>1</sup> Nous avons eu l'occasion, mon ami Dollfus-Ausset et moi, en parcourant les Vosges, de recueillir des échantillons de roches polies et striées par les *Schlitten*, qui ressemblent si bien aux roches striées par les glaciers, qu'il faut un œil exercé pour les distinguer.

<sup>2</sup> J'ai dans ma collection une roche intéressante sous le rapport du travail de frottement qu'un glacier exerce sur les roches cristallines. C'est un granite du bord méridional du glacier de l'Aar, recueilli sur une muraille presque verticale; par les portions qui s'en sont détachées antérieurement, elle présentait en 1844 une surface fraîche avec toutes ses rugosités naturelles à l'action érosive du glacier. Il a exercé son frottement, pendant un an, sur un pan de cette muraille, puis on en a détaché un exemplaire. L'année suivante, par conséquent, après deux ans de frottement, on en a détaché de nouveau un exemplaire. En comparant ces deux morceaux, qui sont loin encore d'avoir acquis le poli parfait, on peut cependant juger du travail opéré par la nature dans cet espace de temps.

A la suite des roches, je ne dois pas omettre de faire mention d'une espèce de galets striés dont l'origine n'est point erratique. Voici le fait qui a donné lieu à cette observation :

Le 26 janvier 1846, à la suite de plusieurs jours de pluies abondantes, un éboulement de terrain eut lieu sur une des pentes des montagnes de la rive droite de la vallée de Saint-Amarin, en face de l'église du village d'Odern. L'éboulement prit naissance à 250 mètres environ au-dessus du niveau de la vallée, dans une dépression du sol qu'on qualifie, dans les pays de montagnes, du nom de *couloir*; ce couloir a la forme d'un triangle isocèle dont le sommet est au point où l'éboulement a commencé, et la base au niveau de la vallée. La pente moyenne du couloir est de 28 à 30 degrés; elle est un peu plus rapide au sommet qu'à la base. Un petit filet d'eau dans les temps de pluie seulement donne lieu à de petites cascades le long du couloir.

Les matériaux entraînés par l'éboulement se composaient d'une grande quantité de blocs de granite, dont aucun n'arrivait à un mètre cube; puis d'une masse considérable de blocs moyens et de galets de granite et de grauwacke à pâte fine; matériaux d'ailleurs de même nature que ceux qui forment la montagne même; puis ces blocs et ces galets étaient accompagnés d'une masse épaisse de boue plus ou moins fine. Ces éléments se sont détachés de la partie

supérieure sous forme d'une masse pâteuse; au dire des habitants du village qui ont pu suivre les phases du phénomène, elle est descendue de la montagne avec une certaine lenteur. Les personnes qui se trouvaient dans une chaumière, sur le bord du trajet parcouru, ont eu le temps de commencer un déménagement avant de fuir.

Deux jours après l'événement je me rendis sur les lieux pour en examiner le résultat. Dans les méplats du terrain, la boue n'avait pas encore pris de consistance; on y enfonçait comme dans la vase d'un marais. En examinant les différents matériaux répandus sur le sol, je reconnus que les galets de schiste argileux bleu étaient en grand nombre rayés sur toutes leurs faces. Mais, à la différence des galets d'origine glaciale, ils étaient plutôt râclés que striés; ils étaient couverts d'une infinité de râclures courtes, grossières, fort différentes des stries fines, délicates, longues et croisées, qui caractérisent les galets erratiques.

Deux galets de même espèce de roche, dont l'un d'origine d'éboulement et l'autre d'origine glaciale, mis en présence, se distinguent à la première vue par la différence du dessin et de la gravure.

Ce fait est très-simple; cependant il n'est pas inutile de le signaler à l'attention des observateurs; beaucoup de personnes ne connaissent pas encore les véritables galets striés (les observateurs du Nord

n'en font pas mention), et les galets rayés par un éboulement pourraient donner lieu à une erreur.

*Identité des faits observés dans les Vosges avec ceux observés dans d'autres contrées, relativement au terrain erratique.*

On a vu par les faits que nous avons exposés que tous les accidents erratiques remarquables dans les Vosges, tels que les moraines, les roches striées, les blocs erratiques, les galets striés, etc., réunissaient toutes les conditions exigées pour concourir à la démonstration du fait géologique de l'existence d'anciens glaciers dans ces montagnes. Comme pièce à l'appui de cette démonstration nous citerons encore textuellement le compte-rendu de la discussion qui a eu lieu à la Société géologique dans la séance du 17 février 1845, à l'occasion d'un envoi d'échantillons de roches striées de différents pays que M. Agassiz envoyait à M. Élie de Beaumont, pour qu'ils fussent comparés à ceux des Vosges que j'envoyais de mon côté. Le *Bulletin* de la Société dit à cette occasion :

« M. Élie de Beaumont communique l'extrait suivant d'une lettre de M. Agassiz sur les roches striées de la Suisse :

« J'ai pensé qu'il pourrait vous être agréable d'a-

« voir une série d'échantillons de Suisse à comparer  
« avec les échantillons de roches polies des Vosges  
« qui vous ont été adressés par M. Collomb. J'ai fait  
« dans ma collection un choix d'exemplaires, en vue  
« de vous faire voir l'aspect du poli sur différentes  
« roches, et selon que les échantillons sont taillés  
« sous le glacier même ou sur ses flancs en dehors de  
« l'action actuelle des glaces.

« Le n° 1 est un exemplaire du portlandien poli  
« du Landeron; la forme arrondie d'un des côtés pro-  
« vient de ce que ce morceau a été enlevé sur le bord  
« d'un large sillon.

« N° 2. Calcaire noir de Rosenloui. L'échantillon a  
« été taillé sous le glacier même; sa surface polie et  
« rayée était en contact immédiat avec la face infé-  
« rieure du glacier et la couche de boue qui est inter-  
« médiaire entre la roche et la glace, et dont il est  
« resté des traces sur l'échantillon. L'apparence des  
« cassures vous montre que la surface polie coupe à  
« peu près à angle droit les surfaces de la structure  
« stratifiée de la roche.

« N° 3. Petit échantillon de la même localité que  
« le n° 2 et recueilli dans la même position sous le  
« glacier au bord d'un Karrenfelder qui lui a donné  
« sa forme arrondie.

« N° 4. Échantillon de la même roche que les n°s 2  
« et 3, provenant de la même localité, mais taillé au-  
« dessus du glacier, sur le flanc de la montagne, et

« exposé par conséquent, de temps immémorial, à  
« l'action des agents atmosphériques; aussi est-il rare  
« de trouver dans de pareilles circonstances des sur-  
« faces aussi bien conservées; on n'en rencontre  
« même que sur des points abrités par suite de leur  
« orientation.

« N° 5. Fragment de serpentine schisteuse, déta-  
« ché de la roche en place sous le glacier de Zermatt.  
« Cet échantillon se trouvait, dans les mêmes circons-  
« tances que le n° 2, sous le glacier de Rosenlauri. Le  
« poli et les raies coupent aussi les surfaces qui dé-  
« pendent de la structure de la roche. C'est le seul  
« fragment que j'aie pu enlever sous le glacier même.

« N° 6. Provient aussi de Zermatt, mais l'échan-  
« tillon a été cassé sur le flanc du Riffel, à environ  
« 500 pieds au-dessus du glacier. C'est le même bu-  
« rinage que sur l'exemplaire n° 5; seulement, la  
« surface est rougie par l'action de l'oxygène de l'at-  
« mosphère sur les éléments ferrugineux de la roche.

« N° 7. Granite de Wasen, dans la vallée de la Reuss,  
« détachée d'une grande surface polie semblable à la  
« Helle-Platte au-dessus de la Handeck, dans la vallée  
« de Hassly.

« N° 8. Quartz à surface polie, provenant d'un filon  
« pris du Todensée, sur le col du Grimsel, usé au  
« même niveau que les surfaces polies de granite qu'il  
« traverse. Je n'ai jamais pu réussir à détacher en  
« même temps une partie des surfaces adjacentes de

« granite. On ne peut apprécier ce fait convenable-  
« ment qu'en place.

« N° 9. Porphyre à surface polie du sommet du  
« Shehallion en Écosse. Dans le nord, il y a peu de  
« chaînes de montagnes dont le sommet soit élevé  
« au-dessus de l'agent qui a buriné la surface des  
« roches en transportant les blocs erratiques. Le ré-  
« sultat immédiat de cette différence entre le phéno-  
« mène du nord et celui du centre de l'Europe est que  
« chez nous la plupart des blocs erratiques sont an-  
« guleux, tandis que dans le nord, non-seulement le  
« galet, mais même les grands blocs, sont arrondis,  
« polis et rayés, comme chez nous le petit galet des  
« fonds de glacier. On n'a pas assez insisté sur ces  
« différences, qui me paraissent essentielles, et qui,  
« dans mon opinion, prouvent que dans le nord les  
« masses mobiles qui ont occasionné le poli étaient  
« plus uniformément répandues à la surface du sol et  
« n'étaient pas dominées par des pics aussi nombreux  
« que dans les Alpes.

« N°s 10 et 11 sont peut-être les exemplaires qui  
« vous frapperont le plus. Ce sont des cailloux roulés,  
« tels qu'on en trouve abondamment dans tous nos  
« dépôts glaciaires, sous les glaciers, sur les bords et  
« à distance, partout où on trouve d'anciens polis et  
« d'anciennes moraines. Ils accompagnent partout les  
« blocs erratiques. Le burinage est le même que celui  
« des surfaces polies en place; seulement, comme

« ces fragments étaient mobiles, leurs raies se croisent  
« plus fréquemment. Ceux qui sont le plus arrondis  
« ont des raies sur toutes les faces ; ceux qui sont plus  
« aplatis sont surtout rayés sur leurs plus grandes  
« surfaces, sur lesquelles ils ont dû reposer plus cons-  
« tamment, comme le n° 10 par exemple. On ne  
« trouve jamais de pareils galets rayés dans les tor-  
« rents, ni dans les fleuves ; j'ai même remarqué que  
« partout où les galets rayés des fonds de glaciers  
« sont entraînés par les torrents, ils perdent bientôt  
« leur burinage pour prendre un aspect mat et uni-  
« forme. Ces galets sont, à mes yeux, le caractère le  
« plus constant et le plus incontestable de la présence  
« des glaciers dans les lieux où on les trouve. Il est  
« fort à regretter qu'on n'y ait fait jusqu'ici que peu  
« d'attention ; car je suis convaincu qu'à eux seuls  
« ils peuvent servir à distinguer les dépôts glaciaires  
« des dépôts caillouteux de transport, déplacés par  
« d'autres causes que par des glaciers.

« Un fait qui vous aura sans doute frappé en com-  
« parant entre eux ces divers échantillons, c'est l'u-  
« niformité de leur poli et du burinage dont ils sont  
« marqués, quelle que soit la nature minéralogique  
« de la roche sur laquelle on l'observe, sur les roches  
« de sédiment, comme sur les roches massives. Ce  
« fait me paraît de la plus haute importance dans l'ap-  
« préciation de la cause qui a pu produire de pareils  
« effets, et montre jusqu'à l'évidence que le poli et

« les raies n'ont rien de commun avec la structure de  
 « la roche , comme le pensent encore quelques géo-  
 « logues.

« Le n° 12 est un échantillon du poli ou plutôt de  
 « l'usure que produit sur les roches des bords de notre  
 « lac le battement des vagues. L'aspect en est mat ;  
 « les sillons profonds qui coupent les grandes surfaces  
 « soumises à cette action sont sinueux , comme le  
 « montre un des côtés de l'exemplaire. Jamais on ne  
 « voit sur ces surfaces la moindre trace d'un fin buri-  
 « nage ou de raies , pas plus que sur le galet roulé  
 « qui les recouvre.

« Peut-être que cette petite collection intéresserait  
 « les géologues français qui ont suivi les débats qui  
 « ont eu lieu sur la question des glaciers , sans avoir  
 « eux-mêmes occasion d'observer les faits de la dis-  
 « cussion . . . . .

« A la suite de la précieuse collection que M. Agas-  
 « siz lui a fait l'amitié de lui confier et qu'il met sous  
 « les yeux de la Société , M. Élie de Beaumont met  
 « également sous les yeux de la Société plusieurs  
 « beaux échantillons de schiste argileux durs ou de  
 « grauwacke très-fine, à *surface usée et striée*, qui lui  
 « ont été adressés de Wesserling (Haut-Rhin) par  
 « M. Ed. Collomb. Ces échantillons proviennent du  
 « *Glattstein*, dans la vallée de Saint-Amarin , au pied  
 « des ballons des Vosges. Leur surface présente les

« mêmes caractères, le même genre de *burinage* que  
« les échantillons de la Suisse, de l'Écosse, de la  
« Suède, de l'Amérique du nord, etc.

« En signalant ces caractères à l'attention de la  
« Société, M. Élie de Beaumont se plaît à rappeler  
« qu'il a toujours saisi avec empressement les occa-  
« sions d'appeler l'attention des géologues sur le cu-  
« rieux et important phénomène des surfaces polies  
« et striées. C'est dans ce but qu'il a mis sous les  
« yeux de l'Académie des sciences, dans sa séance du  
« 23 avril 1838, un fragment poli et strié de por-  
« phyre d'Elfdolen, en Suède, qui lui avait été en-  
« voyé par M. Berzélius, ainsi qu'un fragment de  
« calcaire jurassique également poli et strié, détaché  
« d'une surface polie très-étendue, que M. Agassiz  
« lui avait fait observer, au mois de juillet précédent,  
« au Landeron, près du lac de Neufchâtel. C'est éga-  
« lement dans ce but que, dans la séance du 17 jan-  
« vier 1842, il a encore mis sous les yeux de l'Aca-  
« démie une grande plaque de schiste argileux polie  
« et striée, recueillie aux environs de Boston (Mas-  
« sachussets) par M. le docteur Jackson, ainsi qu'un  
« fragment de gneiss à gros grains provenant des  
« belles surfaces polies qui forment les flancs de la  
« vallée de l'Aar, entre l'hôpital du Grimsel et la  
« Handeck (Helle-Platte), fragment recueilli par lui-  
« même le 20 août 1838. Depuis 1838 ces échan-  
« tillons ont figuré maintes fois dans les leçons de

« M. Élie de Beaumont, qui en a même fait faire des  
« moules en plâtre dont il a distribué des exemplaires.  
« Il sera heureux d'y joindre à l'avenir les échantil-  
« lons que M. Agassiz voudrait bien lui laisser, de  
« même que ceux du Glattstein <sup>1</sup>. »

Ainsi donc voilà un fait constaté, c'est-à-dire, que les roches striées des Vosges sont identiques à celles de la Suisse, de la Suède, de l'Amérique du Nord, etc., que ces échantillons aient été pris sous le glacier même, comme le n° 2 de M. Agassiz, ou comme le n° 9 au sommet du Shehallion en Écosse, il y a identité quant à la nature du burin qui a produit les stries.

Quant aux autres accidents propres au terrain erratique, nous ferons remarquer que la même similitude existe sur tous les points. Si nous passons d'abord aux galets striés, nous ne citerons pas la Société géologique, parce qu'elle n'a eu que rarement l'occasion de s'en occuper, mais nous citerons M. Agassiz lui-même, qui a visité avec M. Desor les dépôts erratiques de la vallée de Saint-Amarin en mars 1846 et qui a été frappé de la prodigieuse quantité de galets striés qu'on rencontre sur la moraine de Wesserling, sur celle de Schliffels, sur les dépôts d'Odern, etc., galets de toutes les formes et de toutes les dimensions, quelquefois couverts d'incrustations de boue

<sup>1</sup> *Bulletin de la Société géologique*, 2<sup>e</sup> série, t. II, p. 275.

du glacier<sup>1</sup>, M. Agassiz a reconnu une identité parfaite entre ces galets et ceux qu'on recueille sous les glaciers en activité.

Quant aux moraines, MM. Agassiz et Desor n'ont pas éprouvé la moindre hésitation, en voyant la moraine de Wesserling, sa position transversale et isolée nettement dessinée et la nature des matériaux qui la composent, à lui attribuer une origine glaciale. La même observation s'applique à la moraine de la vallée d'Urbès, à celle de Schliffels, à celle de Krüth, qui sont tout aussi bien accusées.

Relativement aux blocs erratiques et à leur distribution sur le terrain, puis à la forme générale de son relief, aux marais, aux lacs, etc., même observation de la part de MM. Agassiz et Desor.

On peut donc considérer le terrain erratique des Vosges comme identique à celui des autres contrées.

Il y a même pour le géologue voyageur un avantage en faveur des Vosges : c'est qu'ici tous les accidents que nous venons d'énumérer, en prenant une vallée pour type, se trouvent réunis dans un cercle dont le rayon ne s'étend pas au delà d'une dizaine de kilomètres ; il n'est pas nécessaire de parcourir une grande distance pour voir des faits qui sont con-

<sup>1</sup> Une collection de beaux exemplaires de ces galets, et aussi des morceaux choisis de la roche du Glattstein et de celle du Hasenbühl, a été envoyée à Neuchâtel pour les collections du Musée de cette ville.

nexes et qui se lient entre eux ; ces faits sont clairs et patents , faciles à saisir et à observer ; quelle que soit l'opinion du géologue observateur sur l'origine et la cause du phénomène , en visitant nos vallées , il pourra , sur une petite échelle , à la vérité , faire une étude à peu près complète du terrain erratique.

*Comment le phénomène a-t-il cessé d'exister, par une révolution brusque ou par une révolution lente<sup>1</sup>?*

Comme document pour servir à l'histoire des révolutions que la terre a subies , il est intéressant de savoir si les anciens glaciers des Vosges ont disparu de la surface du sol , par un prompt retour de l'atmosphère à une température plus douce , ou par une fusion lente et graduelle embrassant une longue succession de siècles. Nous disons l'*atmosphère* , parce que l'élément nutritif des glaciers , leur existence , en un mot , est soumise au milieu dans lequel ils vivent ; ils sont liés intimement aux influences climatériques. Quelques degrés de plus ou de moins dans la température moyenne de l'air qui enveloppe un glacier suffisent pour modifier son existence d'une manière profonde , et tous les observateurs s'accordent à dire que la température propre de la terre , la température

<sup>1</sup> J'ai traité ce même sujet dans une correspondance avec M. de Charpentier ; correspondance qui a été ensuite imprimée dans la *Bibliothèque universelle de Genève* , décembre 1845.

du sol est sans influence sensible sur leur état physiologique, si l'on peut s'exprimer ainsi.

C'est donc dans le milieu ambiant, dans sa température, dans son état hygrométrique, qu'il faut chercher la cause et l'origine des glaciers. Pour savoir comment ils ont cessé d'exister, nous nous livrerons à un examen scrupuleux des débris qu'ils ont laissés sur place, et c'est particulièrement de considérations tirées de la position relative des moraines, et surtout des moraines frontales, que nous pourrons arriver à jeter quelque lumière sur cette question. La manière dont les blocs erratiques sont dispersés sur le terrain, nous aidera aussi à la résoudre.

Ainsi, dans la vallée de Saint-Amarin, nous trouvons à Wesserling une énorme moraine frontale, triple, qui barre la vallée dans un sens transversal, puis dans la même vallée, à 5 kilomètres en amont, à Krüth, une nouvelle moraine frontale disposée dans le même sens.

Dans la vallée de Massevaux, nous avons vu un premier degré de l'échelle au village de Kirchberg; sur ce point la moraine s'étend tout au travers d'un bord de la vallée à l'autre. Le second degré est situé au village de Dolleren, à 3 kilomètres en amont.

Dans la vallée de Giromagny, même échelonnement des moraines. Moraine frontale à Giromagny et second échelon à quelques kilomètres en amont.

Sur le revers occidental des Vosges, toutes les val-

lées explorées par M. Hogard, la vallée de Cleurie, celle de Lispach, etc., ont une série de moraines frontales échelonnées à quelques kilomètres de distance les unes des autres.

Maintenant, si nous remontons à l'origine du fait, nous remarquerons que les glaciers en activité peuvent être pourvus de plusieurs moraines médianes et de plusieurs moraines latérales, mais ils n'ont jamais qu'une seule moraine frontale. Qu'arriverait-il si un glacier en activité venait à mourir subitement par une cause quelconque? Le cadavre qu'il laisserait sur place se composerait de tous les matériaux dont son dos était chargé, des moraines latérales et médianes, mais on ne trouverait à coup sûr qu'une seule moraine frontale comme monument de son passage sur la terre.

Si donc nous trouvons une série de moraines frontales échelonnées sur le même terrain, dans la même vallée, sur le sol qui a porté le même glacier, nous sommes en droit de conclure que la fusion de ce glacier s'est opérée d'une manière lente et intermittente, qui exclut toute idée de grande débâcle et surtout de révolution subite dans les éléments géologiques ou climatériques.

Reportons-nous par la pensée à l'époque où la vallée de Saint-Amarin, par exemple, était encombrée de glaces. Le glacier descendait sur un plan incliné de 0<sup>m</sup>,01 jusqu'à Wesserling; il avait une longueur totale de 12 kilomètres; son activité a été d'une

bien longue durée, puisqu'il a eu le temps d'accumuler sur ce point 18 millions de mètres cubes de matériaux. Puis un adoucissement dans la température étant survenue, le glacier s'est fondu en partie; il s'est retiré à 5 kilomètres plus haut, à Krüth. Ensuite un retour de froid ayant surgi, il a été arrêté dans sa marche rétrograde, il y a eu un temps d'arrêt et même mouvement locomotif en avant. Pendant ce travail la moraine supérieure de Krüth s'est formée, et l'établissement de cet amas a dû exiger, en temps absolu, une longue succession de siècles, à en juger par le nombre et le volume des matériaux restés en place. Ensuite un retour définitif à une température plus douce étant survenu, le glacier a tout à fait disparu de la vallée.

La période pendant laquelle les glaciers ont existé dans les Vosges, se décomposerait donc en

*Période de froid*, qui correspond à l'établissement des moraines inférieures.

*Période moins froide*, à la fusion partielle des glaces.

*Seconde période de froid*, établissement des moraines supérieures.

*Période actuelle*, fusion complète.

Les petites moraines qui barrent les vallées latérales d'Urbès, de Mollau, de Schliffels, peuvent nous donner aussi quelques indications sur la manière dont le phénomène a cessé d'exister. La moraine de

Schliffels en particulier est à 150 mètres plus élevée que celle de Wesserling. La température moyenne de cette localité est certainement de quelques degrés plus basse ; on ne possède pas d'observations directes à cet égard ; néanmoins on peut voir par la flore de ce petit bassin qu'il participe déjà du climat de la montagne. Cette moraine devait former la tête d'un petit glacier, quand les points de la vallée de Saint-Amarin, situés à 150 mètres plus bas, ne devaient plus être encombrés de glace.

La moraine de Mollau, par sa position, peut aussi nous donner un argument en faveur de la lente disparition des glaces. Elle est fort reculée, elle est perdue au fond d'une petite vallée ; quand elle s'est formée, le glacier de Mollau, qui s'étendait primitivement sur une ligne de 4 kilomètres de longueur, ligne où l'on en retrouve partout des traces, était réduit par la fusion à tout au plus 1000 mètres. Un retour de grand froid l'a arrêté dans sa retraite, il lui a fait prendre une allure agressive, et la moraine s'est formée dans un endroit resserré, exposé au nord. C'est peut-être, relativement à l'époque de formation, la dernière en date de toutes les moraines voisines.

Si une prompte débâcle était arrivée à cette époque, elle n'existerait pas, les matériaux dont elle est formée sont si mobiles qu'ils eussent été entraînés par les eaux.

Une autre preuve de la lente disparition et de l'in-

termittence du phénomène peut encore se déduire de la disposition des blocs erratiques en plusieurs lignes horizontales et parallèles sur le flanc des montagnes. Si la fusion des glaces eût été prompte et continue, les blocs n'auraient pas pu se déposer sous forme d'amas horizontaux; ils seraient uniformément disséminés sur les pentes encaissantes. Si l'on réfléchit à la lenteur extrême du moyen de transport mis en activité par les glaces, on ne peut se refuser à croire que ces lignes qu'on remarque à une certaine hauteur, et qui forment pour ainsi dire un bourrelet de blocs, n'annoncent que la mer de glace a séjourné pendant un laps de temps fort long au même niveau, temps pendant lequel elle a déposé tous ces matériaux sur son littoral. Et si nous apercevons *plusieurs* bourrelets de blocs échelonnés les uns au-dessus des autres sur les pentes des montagnes, il est bien clair que le phénomène n'a point cessé d'exister par une révolution brusque; mais par un retour lent et intermittent à une température plus douce.

*Du nouveau système de M. de Boucheporn dans son application au phénomène erratique dans les Vosges, et à la fusion lente des anciennes glaces.*

Nous ne pouvons pas passer sous silence les nouvelles idées émises par M. de Boucheporn, sur les

révolutions de la terre<sup>1</sup>, dans leur rapport avec les faits qui nous occupent. Cette fusion lente des anciennes glaces, telle que nous venons de la démontrer, étant contraire à la théorie des révolutions brusques et pour ainsi dire instantanées de la surface du globe, révolutions admises non-seulement par M. de Boucheporn, mais par un grand nombre de géologues. Pour bien préciser les points où nous différons d'opinion, nous rappellerons en peu de mots les principaux éléments de l'ingénieuse conception de M. Boucheporn.

Suivant ce savant, l'origine de toutes les révolutions qui, à diverses époques, ont changé le relief de la terre, la cause première de la forme antérieure et actuelle des continents, des mers, des chaînes de montagnes, des vallées, provient du choc d'un corps étranger, d'une comète qui, dans sa marche dans l'espace, serait venue heurter la terre pendant son double mouvement de rotation sur elle-même et de translation autour du soleil. On sait qu'un grand nombre de ces astres voyagent dans l'immensité de l'espace, sans se rattacher à aucun centre d'attraction connu; ils peuvent circuler dans toutes les directions données. Chaque révolution géologique aurait été précédée de l'apparition d'une comète dans la sphère d'activité de la terre, et ensuite d'un choc d'un de ces astres contre la planète que nous habitons.

<sup>1</sup> *Études sur l'histoire de la terre et sur les causes des révolutions de sa surface*, par M. de Boucheporn, 1844.

Les résultats d'une rencontre pareille, dont M. de Boucheporn a analysé les probabilités, sont tout d'abord un changement dans l'axe de la terre; par suite un nouvel équateur se forme; les pôles, en changeant de place, passent de leur état d'aplatissement à celui de courbure équatoriale. L'écorce solide de la terre, trop faible pour résister à la pression exercée par les matières fluides en mouvement, renfermées dans son intérieur, et qui cherchent leur nouvel équilibre, se brise suivant des lois dynamiques; de là l'origine des chaînes de montagnes, et leur disposition par alignement sur des plans parallèles au nouvel équateur. Elles sont formées par ridements successifs, par une impulsion horizontale et non verticale, comme les vagues d'une mer, qui dans chaque hémisphère se dirigeraient des pôles, et se rencontreraient en se solidifiant à l'équateur.

Il est inutile d'insister pour les besoins du sujet qui nous occupe sur les nombreuses conséquences du vaste et nouveau système que M. de Boucheporn développe dans son ouvrage. Il nous suffit de dire qu'il admet 14 chocs différents, dont les résultats ont été 14 révolutions qui correspondent exactement aux 14 formations admises en géologie.

D'après ce système, l'époque glaciale d'Europe, celle qui se rapporte à notre phénomène erratique, se trouve classée au douzième degré de l'échelle dans la chronologie des révolutions. La position du pôle à

cette époque était à la partie centrale de la mer Baltique , près de Riga.

« Cela étant; dit M. de Boucheporn , et notre con-  
« ception sur la position de ce pôle cessant ainsi  
« d'être une simple hypothèse , on concevra dès lors  
« clairement , comment le phénomène erratique s'est  
« trouvé concentré avec l'amas des glaces sur la pres-  
« qu'île Scandinave , la Finlande , l'ouest de la Russie :  
« comment les Alpes placées à la latitude du Spitz-  
« berg ont pu entasser des glaciers jusqu'à la hau-  
« teur des sommets du Jura , les Pyrénées jusqu'aux  
« plaines actuelles , et comment le mouvement annuel  
« des glaciers a pu polir et canneler les roches de la  
« Scandinavie et de toutes ces montagnes. Le pôle se  
« trouvait alors en effet au centre d'une sorte de cra-  
« tère glacé , formé par toutes les montagnes de l'Eu-  
« rope ; vaste réservoir où sont venus s'entasser les  
« blocs que l'expansion périodique des glaces déta-  
« chait des hautes sommités de ce contour<sup>1</sup>. »

M. de Boucheporn , en plaçant sa douzième révolu-  
tion , celle qui a amené le pôle dans la Baltique , et  
encombré de glaces les Alpes , les Pyrénées et la Scan-  
dinavie , a évidemment voulu comprendre la chaîne  
des Vosges dans la même période ; ces montagnes  
étant précisément situées entre les Alpes et la Fin-

<sup>1</sup> Ouvrage cité , p. 549.

lande, il n'y a aucun motif de soustraire les Vosges à une action commune à ces deux points.

Pendant cette époque nous étions donc au 75<sup>e</sup> degré de latitude. Après cette période nous aurions subi la treizième révolution, qui est une des plus considérables par l'effet énergique qu'elle a produit; elle nous aurait fait passer subitement du 75<sup>e</sup> degré de latitude au 10<sup>e</sup>, d'une température glaciale à une chaleur tropicale. Un changement aussi considérable et aussi brusque dans le climat de nos contrées aurait eu pour conséquence immédiate une fusion subite de nos glaciers; une grande débâcle s'en serait suivie; la mobilité des matériaux morainiques est telle qu'ils auraient été emportés par les eaux; de grands amas diluviens se seraient entassés dans les vallées inférieures, et nous avons vu par de nombreux exemples que les moraines, particulièrement les moraines transversales, n'avaient subi aucun dérangement considérable depuis le moment de leur dépôt; les blocs, le sable, les galets striés, les cavités intérieures sont encore intacts. Non-seulement il n'y a pas eu grande débâcle à cette époque, mais nous sommes en droit de conclure, par l'observation rigoureuse des faits, que les glaces n'ont disparu de la surface du sol que par une fusion très-lente et intermittente. Rien ne nous dit que deux révolutions d'une immense portée se soient intercalées entre la période des grandes glaces et l'époque actuelle.

*Le retour d'un pareil phénomène est-il possible de nos jours dans les Vosges?*

Pour qu'un grand glacier puisse exister dans les hautes vallées des Alpes, il faut admettre en dehors des circonstances orographiques une température moyenne de quelques degrés seulement au-dessus de zéro ;  $+ 2$  ou  $+ 3$  degrés sont probablement les limites supérieures de l'échelle thermométrique moyenne de l'année au delà de laquelle les grands glaciers ne peuvent plus exister. Je ne sache pas qu'on ait fait des observations directes et suffisamment concluantes sur ce point ; dans tous les cas, en admettant même que des glaciers puissent supporter une température moyenne supérieure de quelques degrés à  $+ 3$  degrés, il s'ensuit néanmoins que nous sommes dans les vallées des Vosges, par le fait seul de la température moyenne qui y règne, complètement à l'abri d'un envahissement des glaces. Quelle que soit la masse de neiges qu'un hiver des plus longs et des plus rigoureux pourrait accumuler sur nos montagnes, il n'en résulterait jamais de grands glaciers.

L'hiver de 1844-1845, qui a été remarquable par les grandes masses de neige que le vent d'ouest avait amoncelées sur les pentes de quelques-unes de nos montagnes, masses qui atteignaient parfois 15 à 20 mètres d'épaisseur, n'a donné lieu qu'à quelques petits

glaciers temporaires, possédant quelques-unes des propriétés des grands glaciers, entre autres un mouvement locomotif, mais dont la durée a été limitée à quelques mois d'existence; à la fin de juillet et au commencement du mois d'août tous ces petits glaciers avaient disparu. Or donc, si une masse de 15 à 20 mètres de neige, comprimée, passée à l'état de névé et de glace, ne donne pas lieu de nos jours à la formation d'un glacier qui puisse vivre au moins deux ans, il est évident que dans l'état actuel du milieu où nous vivons, le retour d'un pareil phénomène est impossible.

#### *Des petits glaciers temporaires des Vosges.*

Les petits glaciers dont nous venons de parler ont été de notre part l'objet de plusieurs observations nouvelles; c'est en suivant de près la transformation que subissent les neiges dans l'intervalle de l'hiver à l'été que nous avons trouvé qu'elles possédaient des propriétés qui avaient échappé jusqu'à présent à l'œil des observateurs. Le premier fait qui nous a frappé est la tendance de la neige, lorsqu'elle est en grande masse, de se former en couches stratifiées pendant sa période de fusion. Le second fait est le *mouvement propre* dont sont doués tous les amas de neige qui subsistent encore sur nos montagnes au printemps et pendant une partie de l'été.

Ce mouvement de translation des neiges qui ne pro-

vient pas d'un glissement sur un plan incliné, mais d'un mouvement d'expansion provenant de sa conversion partielle en glace, assimile ces amas à de véritables glaciers, dans des proportions très-minimes à la vérité.

Dès le 6 avril 1845, mon ami Dollfus-Ausset et moi nous explorions le fond de la vallée de Wildenstein; quelques semaines auparavant une avalanche assez forte s'était détachée du col du Rothenbach, et, sur un trajet d'environ 1000 à 1200 mètres, avait accumulé une grande quantité d'arbres, de blocs, de boue, de sable et des amas considérables de neige au pied du couloir.

Une note relative à ce fait, adressée à M. Élie de Beaumont et insérée dans les *Comptes - rendus de l'Institut*, dit à ce sujet :

« Sur les points où l'avalanche a accumulé la neige  
« en grande masse, et où le ruisseau a formé, par la  
« fonte, des tranches assez nettes, nous avons pu  
« étudier avec facilité les différentes stratifications de  
« la neige, le passage de la neige en névé et du névé  
« en glace, tels que MM. Agassiz et Desor l'ont ob-  
« servé dans les hautes régions des Alpes. Sur une  
« épaisseur de quelques mètres, les strates se suc-  
« cèdent dans l'ordre suivant :

« Petit névé ou neige poudreuse ;

« Névé gros grains ;

« Glace de névé ;

« Glace bulleuse ;

« Glace compacte reposant sur le sol.

« Pour que cette neige soit arrivée à cet état de stratification, il a fallu que depuis son tassement plusieurs circonstances atmosphériques se trouvassent réunies ; entre autres, une chaleur modérée pendant le jour et des nuits froides, circonstances qui, en déterminant une fonte partielle, ont permis à la masse de s'imbibber d'eau et de se congeler ensuite.

« Sur les pentes où nous les avons observées, les masses de névé, imbibées d'eau, possédaient déjà un mouvement propre. Nous nous en sommes assurés par l'examen attentif des différents obstacles qui sont venus entraver la marche descendante du névé.

« La fonte, déterminée par la chaleur rayonnante d'un tronc d'arbre, devrait former un cercle concentrique à l'arbre, comme cela se voit en plaine ; mais, sur un plan incliné, le cercle produit ne demeure pas concentrique, il devient excentrique ; en amont, le mouvement imprimé au névé le fait arriver jusqu'au point de toucher le tronc ; la mousse et les lichens, dont il est quelquefois couvert, sont usés et frottés de ce côté, tandis que, sur la face opposée du tronc, ces cryptogames ont conservé la délicatesse de leurs formes. Nous avons

« remarqué cette disposition de la fonte excentrique  
« de la neige autour de plusieurs centaines d'arbres ;  
« elle est indépendante de l'orientation des plans ;  
« que le terrain soit exposé au nord ou au midi, elle  
« n'en existe pas moins<sup>1</sup>. »

Les mois suivants nous avons continué nos explorations sur différents points de la chaîne des Vosges où la neige se trouvait encore amoncelée en assez grande quantité pour nous permettre de poursuivre les mêmes observations. Une seconde note sur ce sujet, adressée à M. Élie de Beaumont et également insérée dans les *Comptes-rendus de l'Institut*, donne à cet égard les détails suivants :

« .... Le 15 juin, il y avait encore des taches nom-  
« breuses de neige sur le revers oriental de la chaîne  
« des Vosges, depuis le Rothenbach (1319 mètres)  
« jusqu'au Hoheneck (1366 mètres), au fond de la  
« petite vallée de Munster. La présence des neiges  
« dans cette localité à cette époque de l'année s'ex-  
« plique par la manière dont elles y ont été poussées  
« en hiver par de violents vents d'ouest. Ce vent les  
« oblige à s'accumuler dans les cirques du revers op-  
« posé qui séparent les points culminants.

« Quelques-unes de ces taches étaient à cette

<sup>1</sup> Ed. Collomb, Lettre à M. Élie de Beaumont (*Comptes-rendus de l'Institut*, t. XX, p. 1505).

« époque réduites à quelques mètres carrés; les  
« plus grandes présentaient encore une surface de  
« 4000 à 5000 mètres carrés. Les pentes qui les  
« supportent, ont une inclinaison très - forte, en  
« moyenne plus de 45 degrés; ce sont de véritables  
« précipices.

« Ayant examiné avec attention la nature de ces  
« neiges, j'ai trouvé la partie supérieure formée de  
« gros grains de névé; elle était d'une épaisseur de  
« 25 à 30 centimètres, assez résistante, assez dure;  
« on n'y enfonçait ce jour-là que fort peu; puis au-  
« dessous commençait immédiatement une couche  
« de glace de névé, qui se durcissait de plus en plus  
« à mesure qu'on pénétrait plus avant dans la masse.  
« En frappant avec la pointe du marteau, on n'en  
« enlevait guère que des morceaux gros comme le  
« poing, en creusant ensuite jusqu'au sol, on s'aper-  
« çoit, à la résistance qu'on éprouve, que cette glace  
« devient tout à fait dure.

« Cette neige était donc stratifiée, comme nous  
« l'avons déjà vu au mois d'avril; seulement la neige  
« poudreuse de la surface avait disparu; il ne restait  
« plus que des couches successives de

- « Névé gros grains ;
- « Glace de névé ;
- « Glace bulleuse ;
- « Glace compacte.

« La partie la plus épaisse de ces amas avait en-  
« core, au mois de juin, 4 à 5 mètres d'épaisseur.

« Le passage du névé gros grains en glace de  
« névé est facile à saisir ; la transition est brusque.  
« Le névé est formé de grains qui ont quelquefois  
« plusieurs millimètres de diamètre, translucides,  
« brillants, humectés d'eau ; ils s'agglutinent facile-  
« ment : il suffit de presser un peu fortement dans  
« la main une poignée de névé pendant une minute  
« pour la transformer en glace, cette glace de névé  
« n'étant autre chose que la réunion, la soudure d'un  
« certain nombre de ces grains.

« Mais la transition entre la glace bulleuse et la  
« glace compacte n'est pas aussi prompte à saisir.  
« Ces deux espèces de glace passent par degrés in-  
« sensibles de l'une à l'autre.

« Au 15 juin, la température de l'air ambiant, à  
« deux heures après midi, sur le revers oriental de  
« ces montagnes qui ne sont pas élevées au delà de  
« 1200 à 1300 mètres au-dessus du niveau de la  
« mer, était de 18 à 20 degrés centigrades par un  
« un jour sercin. Cette température devrait détermi-  
« ner une fonte rapide, suivie d'un écoulement d'eau  
« à la partie inférieure de ces pentes de névé ; cepen-  
« dant ce jour-là elles ne donnaient pas lieu au  
« moindre petit filet ; le névé ne disparaît, quand le  
« temps est beau, que par évaporation. La chaleur  
« de la terre ne contribue pas à la fonte, puisque la

« couche de glace du fond est soudée aux mousses et  
« aux herbes. On voit, sur les points abandonnés  
« récemment par la glace, ces végétaux couchés et  
« aplatis dans le sens de la pente, comme si un rou-  
« leau à forte pression avait passé par dessus.

« Ce qui distingue particulièrement ces vieilles  
« neiges de celles qui existent en hiver, c'est qu'elles  
« participent des propriétés des glaciers de la Suisse ;  
« elles possèdent un mouvement locomotif qui les  
« transforme en véritables petits glaciers. Ce mouve-  
« ment du névé, que nous avons déjà remarqué au  
« mois d'avril, nous avons pu le constater de nou-  
« veau au Hoheneck d'une manière frappante. Lors-  
« que le petit glacier vient s'appuyer sur un rocher à  
« pic et que ce rocher forme promontoire, la distance  
« entre le rocher et le névé est quelquefois portée à  
« plus d'un mètre dans le sens longitudinal, tandis  
« que dans le sens latéral le névé touche la roche ou  
« n'en est distant que de quelques centimètres.

« Cette disposition se représente partout où un  
« obstacle quelconque tenant au sol est venu entra-  
« ver la marche descendante du névé.

« Les grands glaciers ont la propriété de transpor-  
« ter les matériaux dont leur dos est chargé et de for-  
« mer des moraines ; nos glaciers microscopiques des  
« Vosges, étant doués de mouvement, transportent  
« aussi les objets que le hasard vient déposer à leur  
« surface. La seule différence est que ces objets, au

« lieu d'être des blocs de 1000 mètres cubes, sont  
« composés de menus débris qui n'ont pas plus de  
« quelques millimètres carrés de surface. Le principe  
« locomotif est le même; il ne diffère que dans le  
« volume des masses.

« Ainsi sur la surface de nos vieilles neiges, on  
« remarquait, au 15 juin, des bandes de couleur qui  
« se détachaient en gris foncé sur un fond blanc; en  
« les examinant de près, on les trouvait composées  
« de débris infiniment petits, de terre, de sable, ac-  
« compagnés de détritrus végétaux qui suivent le  
« mouvement de la masse du névé, et dessinent un  
« ruban d'un ton sale, en contournant les roches et  
« en suivant leurs sinuosités à la distance de plu-  
« sieurs mètres.

« Ce ruban indique une moraine dans des propor-  
« tions infinitésimales; sa largeur variait suivant la po-  
« sition des amas de névé; elle était, en moyenne, de  
« 6 à 8 centimètres. Chaque tache de neige un peu  
« grande, c'est-à-dire d'au moins 1000 mètres car-  
« rés, en était pourvue. Celui que j'ai plus particuliè-  
« rement examiné au Hoheneck provenait de débris  
« de terre et de roche détachés d'un cap abrupte; ils  
« avaient roulé sur le névé et avaient été transportés à  
« quelques mètres de distance, en prenant une forme  
« allongée analogue à celle des grandes moraines.

« Sur des plans inclinés de plus de 45 degrés, il  
« est encore facile d'escalader ces neiges; leur sur-

« face est raboteuse, comme formée de petites vagues,  
« dont la partie creuse sert de point d'appui, de  
« marche d'escalier pour poser le pied.

« Dans la coupe longitudinale, on remarque que la  
« partie supérieure se termine en pointe effilée et  
« forme caverne; la cavité qui sépare le névé du so-  
« a parfois plus d'un mètre de hauteur sur 5 à 6  
« mètres de profondeur dans le sens de la pente, tan-  
« dis que la partie inférieure est, au contraire, ra-  
« massée sur elle-même en forme de sac. Cette dis-  
« position est générale; elle provient sans doute du  
« mouvement du névé qui le porte naturellement à  
« s'accumuler dans cette position. Ce qui me porte-  
« rait à le croire, c'est que, dans les mois de février  
« et mars, peu de semaines après la chute des neiges,  
« lorsqu'elles étaient fraîchement amoncelées par le  
« vent dans des cirques analogues à ceux du Hohen-  
« eck, avant que le mouvement ne se soit développé,  
« lorsque la fonte et l'évaporation n'avaient pas en-  
« core pu produire d'effet, la coupe des masses pré-  
« sentait une forme opposée : la plus grande épais-  
« seur de neige se trouvait, à cette époque de l'année,  
« constamment dans la partie supérieure.

« Ce changement total dans l'ensemble de la forme  
« de ces amas, opéré dans l'intervalle de l'hiver à  
« l'été, indique plus qu'un tassement naturel, il an-  
« nonce évidemment un mouvement dans l'intérieur  
« de la masse.

« Dans les circonstances ordinaires du climat de  
« nos montagnes, nos petits glaciers devraient être  
« déjà fondus au 15 juin, du moins réduits à fort peu  
« de chose. S'ils subsistent encore cette année (1845),  
« c'est moins à cause de la quantité de neige tombée  
« en hiver qu'en raison de pluies fréquentes du mois  
« de mai et particulièrement des alternatives de jours  
« de pluie et de jours sereins<sup>1</sup>. »

Vers la même époque, les neiges accumulées sur les pentes du Drumont, vers le contrefort qui sépare la vallée de Schliffels, de celle d'Urbès, avaient acquis un mouvement tel qu'elles avaient occasionné la rupture d'un grand nombre d'arbres, de jeunes hêtres surtout; d'autres arbres d'une essence plus élastique étaient courbés et pliés jusqu'à terre, par suite de la forte pression exercée en amont par les masses de névé. Les arbres plus robustes avaient résisté, mais on pouvait lire sur l'écorce la trace, la ligne limite où les neiges avaient exercé leur frottement.

Ce mouvement, cette pression exercée par la neige, n'existe pas en hiver. Les troncs des arbres ne sont comprimés et cassés que lorsque la saison, devenant plus chaude, détermine une fonte partielle

<sup>1</sup> Ed. Collomb, Sur certains mouvements observés dans les neiges des Vosges, avant leur complète fusion (*Comptes-rendus de l'Institut*, t. XXI, p. 527).

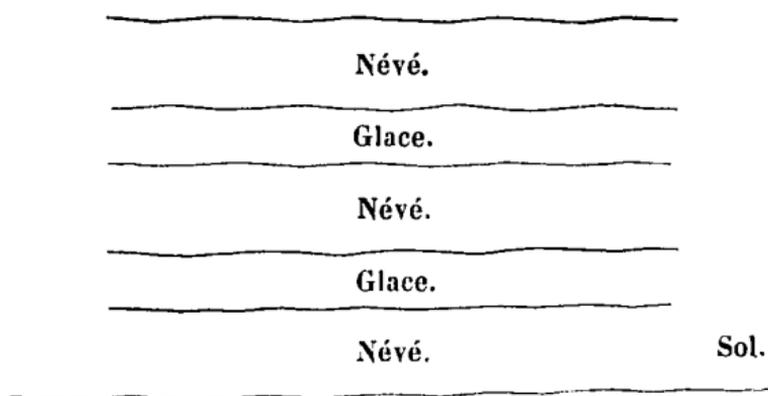
de la neige, la pénètre d'eau et la transforme en névé et en glace. Ensuite le mouvement existe tout aussi bien sur des pentes faibles dont l'inclinaison ne dépasse pas 6 ou 7 degrés, que sur des plans inclinés de 45 degrés. Si ce mouvement avait lieu par glissement, il serait beaucoup plus rapide sur une pente forte que sur un plan presque horizontal.

Nous avons poursuivi les mêmes observations un peu plus tard. Le 22 juin 1845, au ballon de Servances, il y avait encore cinq ou six taches de neige sur le revers nord de cette montagne (1120 mètres). La plus grande de ces taches couvrait une surface d'environ un hectare, à pente fort raide. L'écoulement d'eau provenant de cette masse était très-faible; cependant il était tombé beaucoup de pluie pendant la nuit précédente; l'eau écoulée n'était évidemment pas en proportion avec celle qu'une quantité de neige pareille devrait produire dans les circonstances de température du milieu ambiant. Ces petits glaciers jouent le rôle d'une grande éponge qui absorbe l'eau, la retient et en solidifie une portion.

Le mouvement de la masse était clairement indiqué comme au Hoheneck, par sa distance longitudinale à la roche et son rapprochement latéral.

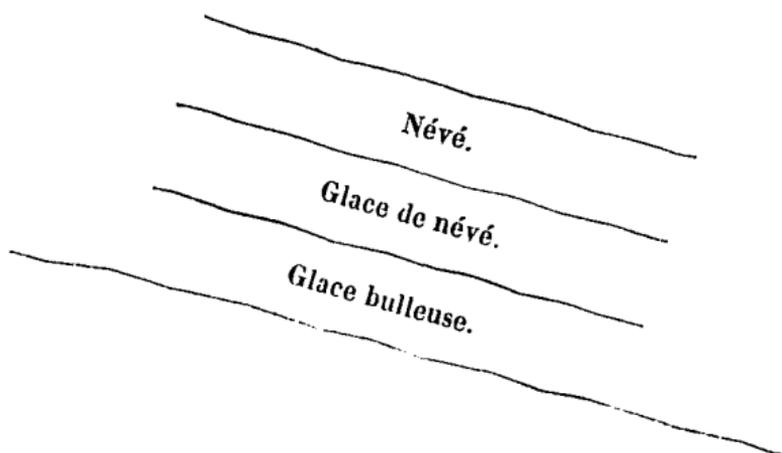
Cette année (1846), mon intention était de poursuivre des expériences rigoureuses sur ces petits glaciers, de mesurer exactement leur mouvement, de calculer l'ablation de leur surface dans un temps

donné; mais la matière a manqué; j'ai dû me borner à quelques observations sur leur stratification. Dans les mois de janvier et février, il n'est presque pas tombé de neige. Dès le 5 mars, époque ordinaire des grandes neiges, nous avons pu parcourir les sommets des Vosges avec MM. Agassiz, Desor et Dollfus, sans rencontrer de grands amas, sauf sur le revers oriental du Rothenbach, et, à cette époque de l'année, le mouvement ne se manifeste pas encore. Toutefois les couches de neige étaient déjà stratifiées et passées à l'état de névé, mais la partie de ce névé reposant immédiatement sur le sol n'avait pas encore été converti en glace. Les alternatives de chaud et de froid n'étaient pas suffisamment prononcées au mois de mars, pour que le névé inférieur se soit trouvé dans des circonstances favorables à sa transformation en glace; il y avait de minces couches de glace intercalées, mais elles ne touchaient pas le sol. Les coupures que nous avons pratiquées dans la masse, nous ont donné les couches successives suivantes :

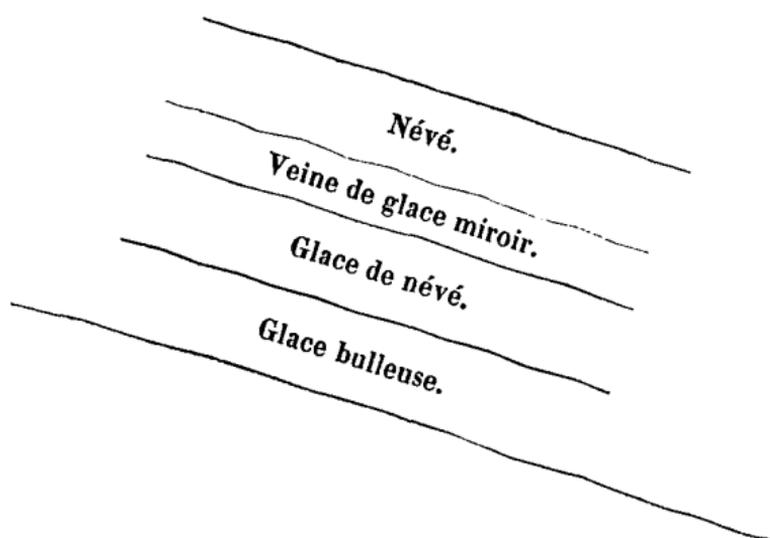


La couche de glace intercalée entre le névé était fort compacte, serrée, presque glace miroir, de 5 à 10 millimètres d'épaisseur; cette couche correspond sans doute à une époque de chute de neige suivie de verglas. Voici comment je comprends la théorie de ce phénomène: Une couche superficielle excessivement mince de verglas étant formée, une nouvelle chute de neige arrive, puis cette neige fond en partie pour se transformer en névé; mais pendant cette opération le verglas ne fait pas filtre, il arrête au contraire les eaux d'infiltration, elles se congèlent et forment ensuite une couche de glace de 5 à 10 millimètres d'épaisseur. Aurions-nous trouvé là l'origine des veines bleues et blanches des grands glaciers, sur lesquelles on a déjà beaucoup discuté?

Deux mois plus tard, le 10 mai 1846, le Drumont avait encore près de son sommet une série de taches de neige de quelques mètres d'épaisseur, adossées contre une pente de 30 à 35 degrés. Ces neiges étaient en mouvement, le fait était clair; elles avaient exercé une pression considérable sur les troncs d'arbres qui se trouvaient placés sur son trajet. La stratification de ces neiges était fort avancée, la partie reposant immédiatement sur le sol était complètement transformée en glace. En coupant des tranches dans la masse, on remarquait les couches suivantes :



Sur d'autres points les veines de glace miroir que nous avons remarquées au Rothenbach, deux mois auparavant, existaient encore. On remarquait alors que les couches se succédaient dans l'ordre suivant :



La glace bulleuse reposant sur un sol gazonné était couverte à sa partie inférieure de longues cannelures, de stries, qui correspondaient aux brins d'herbe sèche qu'elle avait comprimés et entraînés

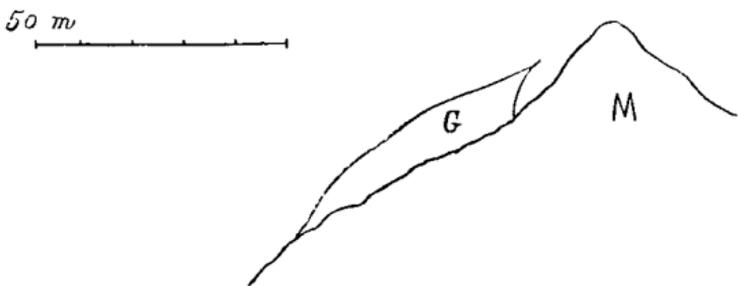
dans son mouvement, et dont elle avait pris l'empreinte, beaucoup de brins se trouvaient encore collés à la glace. Sur quelques points cette glace bulleuse était presque à l'état compacte.

Ces amas de névé étaient tous à différents degrés de profondeur à la température de zéro.

L'air ambiant à l'ombre, à midi avec un ciel sans nuages, était ce jour-là à 15,5 degrés.

La température du sol à 10 centimètres de profondeur, sous les masses même de névé, était à quelques degrés au-dessus de zéro; cependant le sol lui-même, le gazon, n'étaient point mouillés par la glace; ils étaient légèrement humides, presque secs.

**Coupe longitudinale d'un petit glacier temporaire des Vosges.**



G Glacier.

M Montagne.

Pendant un séjour de quelques semaines au glacier de l'Aar, j'ai eu l'occasion de remarquer, cette année (1846), combien l'analogie était frappante entre les couches stratifiées des hauts névés, et les mêmes couches observées le printemps dernier sur les petits glaciers temporaires des Vosges. Nous avons remar-

qué avec M. Ch. Martins, dans les régions supérieures, au point où les névés commencent à se transformer en glace, que les couches superposées se trouvaient dans une position à peu près horizontale. Ainsi au glacier de Lauter-Aar, entre l'Ewigschneehorn et les trois Hugihörner, à environ 8000 pieds, nous avons vu, le 25 août, sur tous les points où le névé devient glace, que les couches se succédaient dans l'ordre suivant, sauf quelques légères modifications dues à des accidents locaux :

---

Neige fraîche. 5 centimètres.

---

Névé compacte, 1845-1846. 1 mètre.

---

Glace de névé, 1845-1846.

---

Ancien glacier, couvert de débris.

---

Glace bulleuse.

---

Ainsi dans les hautes régions, à 8000 pieds, sur la ligne limite où les neiges éternelles commencent à se transformer en glace, nous avons pu constater que l'ordre de superposition des couches était, à peu de chose près, le même que celui de nos petits glaciers embryonnaires des Vosges. La transformation de la neige, en névé d'abord, puis en glace de plus en plus compacte, paraît donc suivre une loi de stratification commune; que cette transformation s'opère dans des

régions tempérées comme les Vosges, ou dans les zones froides des Alpes, les résultats sont identiques.

Le 24 mai tous nos amas avaient disparu<sup>1</sup>. Sauf les accidents particuliers aux grands glaciers, tels que les crevasses, les tables, les aiguilles, etc., il n'en est pas moins remarquable que ces glaciers petits modèles possèdent une des propriétés les plus caractéristiques de ces amas de glace, c'est-à-dire le mouvement<sup>2</sup>.

<sup>1</sup> Dans tous les amas de névé en mouvement que j'ai observés en 1845 et 1846, je n'ai pas remarqué que la pente du terrain jouât un rôle important dans ce phénomène; mais comme je n'ai point fait d'expériences directes à ce sujet, ce n'est que par approximation que je puis juger du fait. Cependant j'ai pu remarquer que dans des forêts situées entre la vallée d'Urbès et la vallée de Schliffels, qui sont à faible pente, le mouvement des petits glaciers avait exercé de grands ravages l'année dernière; il avait cassé, brisé une grande quantité d'arbres; ce mouvement était là tout aussi prononcé que sur les pentes de 45 degrés du revers oriental du Hoheneck.

J'ai parcouru souvent nos sommets au milieu de l'hiver, et je n'ai jamais vu le mouvement lent des neiges exister dans cette saison, quel que soit le degré d'inclinaison des pentes.

<sup>2</sup> Le fait de la transformation des masses de neige en glace et en petit glacier temporaire a été aussi remarqué dans les Alpes. Je trouve dans le *Bulletin de la Société géologique*, qui rend compte de la réunion extraordinaire à Avallon, du 14 au 24 septembre 1845, une note de M. le chanoine Gal, qui renferme des observations très-intéressantes sur le phénomène erratique de la vallée d'Aoste; cette note contient sur le sujet qui nous occupe le paragraphe suivant :

« Quant aux roches qui se trouvent sur le passage des avalanches, elles présentent une surface plutôt usée que polie par le frottement ou le choc des bois et des cailloux, ou des pierres entraînées par ces grandes masses de neige; je n'y ai vu au-

## PROBLÈME.

*Combien les forces naturelles, mises en mouvement à l'époque erratique, ont-elles mis de temps absolu pour accumuler une masse connue de matériaux sur un point donné?*

Ce problème n'est pas susceptible d'une solution immédiate ; nous nous bornerons à en poser les bases ; les observations pratiques ne sont pas encore assez nombreuses, pour qu'on soit en droit d'en déduire un chiffre exact. Les forces naturelles, comme la mer, les fleuves, les rivières, peuvent en quelque sorte servir de chronomètres naturels ; en examinant avec

« cunes stries. J'ai dit *sur le passage*, car les roches qui se trouvent  
 « dans le bas-fond où l'avalanche s'arrête pourraient être polies  
 « et striées, vu que l'avalanche, quand elle est fort considérable  
 « et qu'elle dure longtemps avant de fondre, *prend la nature*  
 « *d'un petit glacier temporaire* ; on y remarque à peu près les  
 « mêmes révolutions ; la neige se glace, elle présente diverses  
 « voûtes à sa base, sa surface se crevasse, etc. ; c'est ce que j'ai  
 « remarqué cette année à Pré-Saint-Didier, à l'avalanche de  
 « Champex, qui descend annuellement d'un vallon qui est au  
 « N.-O. du mont Grammont, et laquelle, à la fin du mois de  
 « juillet, avait encore, à vue d'œil, 6 mètres environ au-dessus  
 « du sol » (*Bulletin de la Société géologique*, 2<sup>e</sup> série, t. II, p. 750).

M. H. Ladame a publié récemment sur le même sujet des observations du plus grand intérêt (*Observations sur le passage de la neige farineuse à la neige grenue et de celle-ci à la glace compacte, suivies d'applications à la théorie des glaciers*, par H. Ladame, insérées dans le supplément à la *Bibliothèque universelle de Genève*, n<sup>o</sup> 10, novembre 1846, p. 120).

soin les attérissements produits par les fleuves, en additionnant les produits sédimentaires qu'ils apportent chaque année sur les bords du réservoir commun, on peut obtenir une somme, une moyenne qui indique l'âge du dépôt tout entier. Tous les calculs, tous les chiffres qu'on a obtenus ainsi sur l'âge absolu du delta du Nil, du Rhône et d'autres fleuves, sont fondés sur l'observation matérielle du nombre des couches de sédiment qui forment la masse tout entière du dépôt.

Le même principe peut s'appliquer aux dépôts qui caractérisent le terrain erratique; ces dépôts sont le produit d'une force donnée, d'un moteur connu; ce moteur a la propriété de transporter des matériaux à une distance connue, et qui peut se mesurer exactement.

Mais dans le terrain erratique une grande difficulté se présente; les dépôts morainiques n'ont point de couches sédimentaires qui puissent donner quelques indices sur le nombre d'années employées à leur formation; il faut donc recourir à un autre procédé.

Quand la nature procède à l'établissement d'une moraine dans une localité où ces dépôts sont en voie de formation, nous pouvons mesurer la quantité de matériaux que tel ou tel glacier, dans des circonstances données, apporte chaque année sur sa moraine frontale. Si nous connaissons exactement le nombre de mètres cubes de matériaux qu'un glacier

en activité débarque chaque année, et que nous connaissions, d'un autre côté, dans le terrain erratique, un ancien glacier qui se trouve à peu près dans les mêmes conditions, et dont la moraine frontale soit formée d'un nombre connu de mètres cubes, nous pourrions en conclure approximativement du nombre d'années employées à sa formation.

Ce n'est point toutefois sur l'observation d'un seul glacier et d'une seule moraine qu'il faudrait baser ce calcul. Pour arriver à un résultat discutable, il faudrait réunir un grand nombre d'observations sur plusieurs glaciers en activité placés dans des localités différentes, puis les comparer avec d'autres observations faites sur des terrains qui ont été occupés par d'anciens glaciers dans différentes contrées. En groupant un grand nombre d'observations comparatives, on pourrait arriver à un chiffre approximatif donnant la mesure du temps employé à la formation des moraines.

Nous avons commencé dans ce but à réunir quelques données sur un glacier en activité : le glacier inférieur de l'Aar.

Ce glacier, qui a 8000 mètres d'étendue depuis l'Abschwung jusqu'au talus terminal, était couvert, en 1845, de 2 millions de mètres cubes de matériaux, répartis sur les moraines latérales et médianes.

Le mouvement moyen du glacier étant connu, nos calculs ont établi que dans 160 ans les blocs les plus reculés auront parcouru les 8000 mètres, et seront

arrivés au talus terminal. A cette époque, la masse tout entière des débris sera renouvelée et remplacée par d'autres matériaux. Ces 2 millions auront touché le but de leur course. C'est donc 12,500 mètres cubes qui sont le contingent apporté chaque année. Ils auront parcouru, en moyenne, une ligne de 50 mètres par an.

Il ne faudrait pas toutefois s'empresser de conclure que la moraine terminale augmente tous les ans de cette quantité. Ces 12,500 mètres cubes, ajoutés chaque année à la masse, devraient finir par faire une montagne tout entière; il n'en est rien cependant. Depuis qu'on observe des moraines au pied des glaciers, on n'aperçoit pour ainsi dire aucun changement sensible dans leur volume, et cela s'explique si l'on prend en considération la quantité énorme de matériaux entraînés sous forme de sable par les courants d'eau. Nous avons vu plus haut, page 126, que l'eau qui s'écoule de la voûte du glacier de l'Aar, entraînait avec elle journellement, au mois d'août, au moment des plus hautes eaux à la vérité, la quantité énorme de 284,374 kilogr. de sable fin en suspension, en admettant que la pesanteur spécifique de ce sable soit = à 1,8, nous obtenons 158 mètres cubes entraînés par jour au moment des grandes eaux. Dans les mois d'hiver, cette quantité se réduit à rien, mais la moyenne de l'année n'en est pas moins fort considérable.

Ces matériaux proviennent des fragements de roches de toutes les dimensions qui se détachent des montagnes encaissantes et viennent rouler à la surface du glacier ; il faut par conséquent tenir compte de toute l'étendue du bassin qui les produit ; il a 55 kilomètres carrés. La surface du glacier lui-même est comprise dans cette somme pour 20 kilomètres carrés ; son action sur les bords contribue aussi à augmenter la masse des matériaux, en démolissant la roche en place, quand elle est susceptible de se diviser en fragments.

L'inclinaison moyenne des pentes des montagnes encaissantes est de 36 degrés ; plus cette inclinaison sera forte, plus les avalanches de pierres seront fréquentes ; les glaciers qui se meuvent dans des vallées dont les flancs sont à pentes douces, n'ont que des moraines insignifiantes sous le rapport de la quantité des matériaux.

La nature de la roche est aussi très-importante à noter ; au glacier de l'Aar, c'est du granite, du gneiss et du micaschiste.

Les principaux éléments du problème, pris sur un glacier en activité, sont donc

La longueur du glacier ;

La masse des matériaux dont il est couvert ;

Le mouvement moyen par an ;

L'étendue du bassin ;

L'inclinaison des pentes ;

La nature de la roche ;

La quantité de matériaux entraînés par les eaux.

Ces éléments sont de deux sortes : 1° Ceux qu'on peut apprécier d'une manière suffisamment rigoureuse ; 2° ceux qu'on ne peut évaluer que par voie d'approximation.

En établissant des points de comparaison sur un terrain erratique connu , nous savons, dès à présent , que la triple moraine de Wesserling se compose d'une masse de matériaux mesurés à 18 millions de mètres cubes.

Qu'ils sont le produit d'un bassin de 38 kilomètres carrés

Que l'inclinaison moyenne des pentes encaissantes est de 20 à 25 degrés.

Que la nature de la roche est du granite, du porphyre, mélaphyre, schistes compactes.

Nous savons encore que la moraine qui barre la vallée d'Urbès se compose d'une masse de 3 millions de mètres cubes.

Qu'elle est le produit d'un bassin de 6 kilomètres carrés.

Que l'inclinaison moyenne des pentes est de 25 à 30 degrés.

Que la roche encaissante est du granite, du granite porphyroïde, de l'enrite, du schiste.

Quant aux autres éléments, ils sont encore trop imparfaitement connus, pour qu'on puisse hasarder un calcul dès à présent à cet égard. Quand les observations seront suffisamment nombreuses, et qu'on pourra en coordonner un grand nombre sur des glaciers en activité, et sur des débris de glaciers morts, on arrivera à un chiffre qui, sans être rigoureusement exact, approchera assez de la vérité pour qu'il soit l'expression de la longueur en temps absolu de la période géologique, pendant laquelle les anciens glaciers ont existé.

*Pourquoi dans les anciennes moraines des Vosges les matériaux roulés et usés sont-ils beaucoup plus abondants que ceux à angles vifs, contrairement à ce qui se remarque en Suisse, où les moraines en voie de formation sont presque en entier composées de matériaux anguleux?*

Plusieurs observateurs avec lesquels j'ai visité les dépôts erratiques des Vosges ont été frappés de la prodigieuse quantité de blocs et de cailloux complètement arrondis et usés et du petit nombre de blocs anguleux qu'on remarque sur nos anciennes moraines et sur nos dépôts latéraux. Ces mêmes observateurs qui connaissent aussi les hautes régions de la Suisse et qui ont eu l'occasion de voir des glaciers en acti-

tivité, trouvent qu'il y a une différence telle, relativement à la forme des blocs dans ces deux contrées, qu'ils refusent de croire que la même cause ait pu produire des résultats aussi dissemblables.

Il importe de lever tous les doutes à cet égard, et de démontrer que si nos anciennes moraines sont presque en entier formées d'un rassemblement considérable de cailloux roulés, ce fait n'est point contraire aux théories déduites d'un grand nombre de faits observés sur les glaciers mêmes.

Tous les géologues qui se sont occupés de la formation des moraines savent très-bien qu'elles sont le produit non-seulement des éboulements de roches qui se précipitent des montagnes encaissantes sur la mer de glace, mais encore des matériaux que le glacier lui-même, par sa force de propulsion irrésistible, détache des parties latérales et inférieures exposées à son contact. Le nombre et la nature des débris qui couvrent la surface d'un glacier dépendent des pentes des montagnes qui l'entourent. Les glaciers encaissés par des pics très-abruptes, par des masses de roches granitiques ou gneissiques, disposées naturellement à se séparer, à se cliver en fragments métriques et qui sont à pentes fort roides, sont exposés à de fréquentes avalanches de pierres. Ces éboulements viennent augmenter le nombre des matériaux anguleux, et, suivant la configuration de la localité, ils n'abandonnent point la surface du glacier; ils sont entraînés par son

mouvement *et restent anguleux* jusqu'au point de débarquement, le talus terminal.

Les glaciers de la Suisse, relégués dans les hautes régions, sont en général dominés par des montagnes primitives de 1000, 1500 et même 2000 mètres au-dessus des mers de glace. Ces montagnes plongent sous des angles très-forts; les avalanches de pierres y sont fréquentes; les personnes qui ont séjourné sur les glaciers ont pu remarquer qu'il ne se passe pas de jour sans qu'on n'en voie quelque-une se détacher. Quelques glaciers ont leur surface, surtout près du talus terminal, complètement couverte de pierres, et leurs moraines sont presque en entier composées de fragments minéralogiques à angles vifs. Ceux, au contraire, où l'on rencontre beaucoup de débris arrondis, et ils sont plus rares, sont en général des glaciers simples, qui, n'ayant que des moraines marginales, les débris se trouvent alors serrés entre la glace et la roche, comme entre les mâchoires mobiles d'un étau; ils finissent naturellement par s'arrondir.

Dans les Vosges les phénomènes des temps passés ont eu lieu dans des conditions orographiques différentes. Nos anciens glaciers n'étaient point dominés par de hautes cimes de 2000 mètres; ils n'étaient point encaissés dans un système de montagnes à pentes abruptes. Les sommets des Vosges ne présentent nulle part de pics gigantesques; ils sont facilement accessibles; les pentes de 45 degrés y sont

fort rares. Dans nos recherches sur les anciens glaciers de cette contrée, nous avons reconnu, comme on a pu le voir précédemment, que pendant la période de leur plus grande extension, ils étaient arrivés au point de présenter une épaisseur de 500 mètres. Ils étaient à cette époque dominés par des cirques neigeux qui ne s'élevaient pas au delà de 500 mètres au-dessus du niveau des mers de glace. Sur un terrain pareil, et surtout avec des pentes moyennes aussi faibles, les avalanches de pierres devaient être fort rares, et, contrairement à ce qui se passe en Suisse, les matériaux ne devaient pas être abondamment répandus à la surface des glaciers. L'aliment principal des moraines à matériaux anguleux manquait, et par conséquent ceux arrondis et usés devaient y être relativement beaucoup plus abondants. Ces derniers provenaient donc de ceux que le glacier lui-même arrachait incessamment aux masses soumises à son frottement sur ses flancs et sur son fond.

De toutes les moraines que j'ai explorées avec soin dans les Vosges, je n'en ai rencontré que deux, composées presque en entier de blocs et de cailloux qui ont conservé leurs angles intacts. L'une est située au fond de la vallée d'Urbès à la distance de 1000 à 1200 mètres en aval du col de Bussang<sup>1</sup>. Elle formait

<sup>1</sup> Cette moraine ne figure pas sur ma carte; elle est si bien cachée dans une forêt de sapins, que je ne l'ai découverte que tout récemment, après son impression.

la tête d'un petit glacier qui encombrait ce fond à la fin de la période glaciaire; elle a 10 à 12 mètres de hauteur verticale; elle barre le vallon transversalement; son talus en aval est incliné de 30 à 35 degrés. La nature minéralogique des débris offre peu de variété d'espèces; il n'y a point eu de transport lointain; on retrouve en place, à deux pas, c'est-à-dire sur une ligne de 800 à 1000 mètres en amont, toutes les roches de cette moraine. Les parois du Drumont, que ce petit glacier était appelé à frotter sur sa rive gauche, sont composées d'une roche de granite porphyroïde qui manque de solidité; elle se sépare naturellement en fragments polyédriques avec la plus grande facilité; le pied de la montagne en est encombré, non-seulement par cette ancienne moraine, mais encore par les talus d'éboulements qui s'y forment tous les jours. Ces éboulements recouvrent, sur certains points, les débris erratiques; mais avec un peu d'attention, on peut facilement les distinguer les uns des autres.

La seconde moraine à débris anguleux est celle dont nous avons parlé (page 134); elle forme un barrage naturel en aval du *lac des Corbeaux* (Vosges). Les matériaux dont elle est formée sont tous d'une seule espèce, de granite blanc, identique à celui des montagnes voisines; tous les blocs et les menus débris sont anguleux, aucun n'est arrondi; les angles de quelques-uns seulement sont légèrement écornés.

Pourquoi ces deux petites moraines font-elles exception dans les Vosges? pourquoi ne renferment-elles point de débris arrondis? Parce qu'elles se trouvent placées dans des conditions identiques à certaines moraines des hautes régions; elles sont fort reculées, elles sont perdues dans les fonds de vallées les plus abruptes, fonds qui sont précisément dominés par des montagnes dont les pentes sont beaucoup plus escarpées que partout ailleurs dans les Vosges. Ensuite, ces matériaux n'ont point effectué de voyage lointain, ils n'ont parcouru qu'une ligne d'un kilomètre avant d'arriver au point où on les retrouve aujourd'hui.

Ces deux moraines possèdent encore une qualité négative qu'il n'est pas inutile de signaler; elles ne renferment point de galets striés. Ce fait, qui pourrait paraître extraordinaire dans nos vallées où ces galets sont répandus avec autant de profusion, trouve cependant son explication, sans qu'il soit nécessaire de recourir à une hypothèse extraordinaire. Nous avons vu, en parlant de ces galets (page 24), qu'ils n'étaient point uniformément répandus partout où l'on reconnaît des traces d'anciens glaciers, et que leur production dépendait en grande partie de la nature des roches dont le contact et le frottement déterminent la formation.

Les autres moraines qu'on rencontre dans toutes nos vallées, et qui ont été le plus fréquemment ex-

plorées à Giromagny, à Wesserling, dans la vallée de Massevaux et sur le versant occidental de la chaîne, sont presque en entier formées d'une agglomération considérable de cailloux et de blocs arrondis.

Qu'arriverait-il, si nous admettions par hypothèse l'existence de mers de glace dont le développement serait tel qu'elles couvrissent tous les sommets d'un système de montagnes? Évidemment nous n'aurions, dans cette hypothèse, point de moraines superficielles; les matériaux minéralogiques qu'un glacier pareil mettrait en mouvement, seraient pour ainsi dire *sous-marins* pendant leur période de transport; ils arriveraient tous au talus terminal plus ou moins frottés et usés, sauf ceux que le glacier lui-même repousse de son sein à la surface, par le fait de l'ablation et de l'expansion, mais ceux-ci seraient également écornés.

Si, par contre, cette mer de glace laissait percer au-dessus de son niveau des pics escarpés plus ou moins élevés, formés de roches peu adhérentes, faciles à démolir, les débris résultant de son action seraient en grande partie formés de roches et de cailloux anguleux.

Ainsi donc, si nous rencontrons sur la plupart des anciennes moraines des Vosges des matériaux arrondis et usés en beaucoup plus grand nombre que ceux à arêtes vives, contrairement à ce que l'on voit sur les moraines en voie de formation dans les hautes régions de la Suisse, ce fait n'est point contraire aux

théories reçues sur la matière, et nous sommes en droit d'attribuer cette différence à la forme des massifs montagneux, qui, dans les Vosges, étant naturellement arrondis, ne présentent nulle part de pics à pentes escarpées, et n'ont pu donner lieu, dans les temps erratiques, à de grands éboulements de roches qui demeurent à la surface des glaciers pendant leur période de transport.

*Comparaison des phénomènes modernes avec les phénomènes anciens.*

*D'un terrain abandonné récemment par un glacier.*  
Les observations qui suivent ont été faites l'été dernier en Suisse; elles confirment, sur tous les points, les déductions que nous avons tirées sur la similitude existant entre le terrain erratique ancien et celui en voie de formation actuellement. Les questions qui se rattachent à l'étude de ce terrain sont loin d'être épuisées, les observations auxquelles elles donnent lieu ne sont pas reçues partout comme des faits acquis à la science; beaucoup d'esprits éminents doutent encore; ils supposent qu'il y a erreur dans la manière de voir des observateurs; ils pensent que les effets produits à la surface de la terre, par le mouvement des glaciers en activité aujourd'hui, ne sont point identiques à ceux qu'on a signalés comme étant le produit des glaciers anté-historiques. Ils disent que

les moraines, les blocs, les roches striées qu'on remarque à de grandes distances des glaciers ne sont point d'origine glaciale et n'ont que des rapports fort éloignés avec les phénomènes qui se passent actuellement dans les hautes régions des Alpes.

Dans une excursion faite l'été dernier en Suisse, j'ai précisément rencontré au Rosenlaur, à l'Ober-Aar et dans la vallée de Chamounix des terrains qui venaient d'être abandonnés par des glaciers; j'ai exploré les débris, les érosions, les stries qu'ils ont laissés sur place en se retirant; la saison a été très-favorable à ce genre d'observations, l'année a été chaude et la plupart des glaciers se sont beaucoup retirés à leur partie frontale pendant le courant de l'été; j'ai pu me convaincre de l'identité parfaite qui existe sous tous les rapports entre les phénomènes des temps passés, et ceux produits par des causes actuellement agissantes.

*D'une moraine de formation récente.* Le glacier de l'Ober-Aar, que j'ai exploré à plusieurs reprises, entre autres le 28 août<sup>1</sup>, s'était fondu à sa partie terminale, et avait déposé sur toute la ligne de son front et de ses bords latéraux une moraine toute récente des mieux caractérisée. Placée à 8, 10 et parfois 15 mètres de son glacier, la forme d'ensemble, l'arrangement des matériaux, la coupe transversale, le plan, sont évidemment identiques aux anciennes

<sup>1</sup> Avec MM. H. Michelin et Ch. Martins.

moraines que j'ai observées dans les Vosges. Elle est séparée du glacier par un petit vallon, ou plutôt un large fossé de 8 à 15 mètres d'ouverture. La moraine elle-même n'a guère plus de 7 à 8 mètres de hauteur verticale; son arête culminante est ondulée dans le sens horizontal; elle contient fort peu de gros blocs; ils sont tous inférieurs à un mètre cube; ceux arrondis et ceux à angles vifs sont confondus avec les sables et les graviers; cependant sur certains points les sables fins et la boue se sont accumulés en plus grande masse entre la moraine et le glacier, par le fait des filets d'eau, et des petits ruisseaux qui sortent capricieusement du glacier et qui les remanient; ces petits ruisseaux sont indépendants du cours d'eau principal qui sort par la voûte du glacier.

La pente du talus en aval, pente de 40 à 45 degrés, est sur toute la ligne beaucoup plus rapide que sur le revers opposé. Cette différence dans les pentes des talus morainiques a été remarquée aussi dans les accumulations de débris provenant des anciens glaciers.

Cette moraine est petite, peu volumineuse, comparée à quelques-unes de celles des anciens temps; mais il faut considérer que le glacier de l'Ober-Aar n'est pas un des grands glaciers de la Suisse: il n'a que six kilomètres d'étendue; il n'est pas chargé de débris; il n'a pas de grands affluents latéraux qui lui en apportent beaucoup; puis cette moraine n'a qu'un

an d'existence; il a fallu la circonstance particulière d'une année très-chaude pour le faire reculer et donner naissance à ce dépôt.

Il faut remarquer encore que tous les glaciers ont à leur partie terminale un mouvement d'oscillation perpétuel; ordinairement ils avancent en hiver et reculent dans les étés chauds; s'ils avancent plus qu'ils n'ont reculé, ils détruisent leur ouvrage, culbutent leur moraine, la dispersent.

L'Ober-Aar repose sur un plan presque horizontal; la pente est très-faible dans le sens longitudinal et dans le sens transversal de la vallée; il en résulte que l'eau provenant de la fonte change fréquemment de cours. Au mois d'août elle s'écoulait sur un point placé près de la rive gauche, et formait brèche dans la moraine; mais on voyait sur le sol en aval jusqu'au pied du Siedelhorn de nombreuses traces d'anciens lits de torrents; les eaux avaient tout déblayé, tout nivelé; il ne restait pas de trace d'anciennes moraines; tout le sol de la vallée était parsemé de cailloux comme un ancien lit de rivière. Cependant il est évident que les matériaux formant la petite moraine actuelle de 7 à 8 mètres de hauteur verticale ne sont point le résultat total de tous les débris qui ont été transportés par le glacier depuis qu'il existe; à la fraîcheur des matériaux on voit qu'ils n'ont qu'un an d'existence. Ceux que le glacier a déposés antérieurement ont donc tous été dispersés, et la moraine actuelle n'exis-

tera peut-être plus l'année prochaine. Pour peu que le glacier avance et regagne le terrain qu'il a perdu, elle sera évidemment démantelée à cause de l'extrême mobilité des éléments qui la composent.

Les glaciers n'abandonnent des masses de débris susceptibles de se tasser sous forme de monticule que lorsqu'ils se retirent ; quand leur front avance, ils bouleversent, ils détruisent, ils tendent à éparpiller les débris, et la forme extérieure caractéristique des moraines disparaît. C'est pour cette raison que l'on trouve rarement au pied des glaciers une moraine aussi bien dessinée que celle de l'Ober-Aar en 1846.

Maintenant que nous connaissons cette moraine, faisons pour le moment une hypothèse bien simple ; supposons que le climat de cette vallée, par des causes géologiques ou météorologiques, devienne doux et tempéré, que par suite ce glacier vienne à se retirer successivement par une fonte lente, et à disparaître tout à fait de la surface du sol, sans donner lieu à des courants d'eau trop considérables, on trouverait alors dans cette localité un barrage de 7 à 8 mètres de hauteur qui couperait la vallée dans un sens perpendiculaire à son axe ; il s'étendrait d'un bord à l'autre des montagnes encaissantes et décrirait une courbe dont le sommet tourné en aval correspondrait à l'axe même. Ce monticule se couvrirait de végétaux, de gazon, qui le préserveraient de l'action destructive des agents extérieurs. Et la distribution, la

nature des matériaux, leur position relative les uns vis-à-vis des autres, les plus gros blocs empâtés dans des menus débris, les uns arrondis et frottés, d'autres conservant leurs angles intacts, puis des amas de sable fin et de boue grossièrement stratifiés au pied de la moraine en amont, tous ces différents accidents nous donneraient une représentation exacte des anciennes moraines qui barrent les vallées des Vosges.

*Vallée de Chamounix.* Les glaciers de cette vallée étaient tous en retraite cette année, celui des *Bossons* qui descend dans la vallée comme une coulée de lave, sur un plan incliné de 25 à 30 degrés, ne présente pas un front que s'étale à l'aise dans une plaine horizontale, comme celui de l'Ober-Aar; il se termine pour ainsi dire en pointe comme un soc de charrue: aussi la forme des moraines s'est moulée comme partout sur la forme du glacier. De véritable moraine frontale il n'en existe pas; les amas de matériaux déposés au pied du promontoire de glace couvrent le sol au milieu du lit du torrent; ils ne sont point rassemblés sous forme de monticule; les menus débris ont été entraînés, les gros blocs seuls restent en place, et si le glacier n'existait pas, on ne croirait pas que c'est lui qui les a transportés; on les confondrait avec un talus d'éboulement remanié par les eaux. Mais sur les deux flancs du glacier la position est différente: sur son flanc gauche particulièrement il

s'est fondu ou retiré cette année d'une quarantaine de mètres, et il a abandonné une masse considérable de matériaux qui, n'étant plus sous l'influence des courants d'eau, ont pris la forme caractéristique des moraines.

Parmi ces débris j'ai trouvé des blocs de gneiss anguleux couverts sur une face seulement de stries régulièrement parallèles entre elles. Ces blocs n'ont point été striés pendant l'époque de leur transport; autrement les stries se croiseraient, et les angles seraient émoussés, ils ont dû être rayés pendant qu'ils étaient en place dans la région supérieure; puis ils ont été arrachés du sol et transportés jusque sur la moraine, sans que ce trajet ait altéré la vivacité de leurs angles, ni détruit les stries. J'en ai mesuré quelques-uns de 130 et de 140 mètres cubes. J'ai aussi recueilli sous le glacier même de beaux exemplaires de galets striés.

Le glacier de *Taconnet* s'est aussi retiré cette année; c'est sur son flanc droit qu'il a déposé la plus grande masse de débris; ils sont disposés en bandes longitudinales sur un plan fort incliné, et sous un angle approximatif de 45 degrés avec l'axe de la grande vallée. Ces matériaux sont tous des schistes talqueux et des schistes chlorités, tandis qu'aux *Bossons* les moraines sont granitiques et gneissiques.

Dans toutes les moraines en voie de formation que j'ai visitées en 1846, particulièrement celle de l'Ober-

Aar et celles de la vallée de Chamounix, j'ai vu se reproduire le fait dont nous avons parlé page 144. Tous ces amas, qui n'ont point été remaniés par les eaux, ni bouleversés par le glacier lui-même, sont parsemés dans leur intérieur d'une infinité de *vides*, de *creux*, de *petites cavernes*, qui séparent les blocs et les cailloux entre eux. Ces pierres tombant du glacier une à une s'accumulent avec une extrême lenteur sur le talus sans distinction de volume; si les sables et la boue ne viennent pas s'interposer entre elles, il en résulte un espace vide chaque fois que les faces des pierres ne se correspondent pas. Ce phénomène se retrouve ici aussi nettement accusé que dans l'intérieur de nos anciennes moraines des Vosges.

Après avoir exploré quelques moraines déposées récemment au pied de leur glacier, et indiqué les analogies qui existent entre ces dépôts modernes et ceux remarqués dans des contrées dont la température moyenne actuelle exclut toute idée de grandes glaces permanentes, nous allons passer à l'examen des roches polies et striées de fraîche date, phénomène qui se rattache à la même cause.

*Des roches polies et striées en voie de formation.* Nous avons fait remarquer (page 33) que MM. A. Bravais et Ch. Martins avaient pour ainsi dire pris la nature sur le fait au glacier inférieur de Grindelwald, et que nous avons nous-même pénétré sous le glacier de Rosenlaur, où le burin était en pleine activité;

nous allons entrer dans quelques détails à ce sujet. Ce glacier, comme nous l'avons dit, était, au mois d'avril, de 17 mètres plus avancé qu'à la fin du mois d'août. Dans l'espace de quatre mois de printemps et d'une partie de l'été il s'est fondu à sa partie terminale de 17 mètres. Le Rosenlaur est un glacier simple, il n'a point de grands affluents latéraux; il n'a donc que des moraines latérales, point de moraine médiane frontale: aussi la glace arrive propre et dépouillée avec sa belle teinte bleu-verdâtre jusque sur la plage composée de grandes dalles arrondies et aplaties de calcaire. Cette glace est en énormes masses, elle est compacte et serrée, elle n'est plus bulleuse comme dans les parties supérieures et moyennes des glaciers.

La galerie naturelle sous le glacier où j'ai pénétré le 21 août était assez large pour donner passage à un homme. On entrait dans ce couloir en se baissant un peu, puis on marchait parallèlement au front du glacier. Les parois de glace étaient lisses, brillantes, humides; il y avait quelques galets de la grosseur du poing, et un peu de sable en grains isolés, puis une infinité de bulles d'air emprisonnées dans la masse. Entre la glace et la roche il y avait une légère couche de sable un peu gros accompagné de boue excessivement fine.

La zone de terrain de 17 mètres de largeur, de calcaire en mamelons très-aplaties en avant du glacier,

et qui a été couverte par la glace jusqu'au mois d'avril dernier, est partout sillonnée de fines stries toutes fraîches, sauf dans les creux ou les cavités naturels à la roche; les stries sont fort peu profondes; elles représentent un léger coup de burin; elles ne sont point constamment parallèles entre elles; elles se coupent fréquemment sous un angle aigu. Sur les points où les dalles ont plusieurs mètres carrés de surface d'une seule pièce, les stries ne persistent point sans interruption sur toute cette surface; leur sillon est interrompu; en suivant attentivement de l'œil une seule strie, elle s'arrête après un trajet de 25 à 30 centimètres. D'autres stries, mais plus rares, sont plus fortement creusées; elles ont de 10 à 15 millimètres d'ouverture sur 3 à 4 millimètres de profondeur, dirigées dans le même sens que les fines stries.

Sous le glacier, sur le sol de la galerie, les stries dont la roche est couverte sont tout à fait identiques à celles qui sont à deux pas sur le terrain abandonné récemment par le glacier. Ces dernières n'ayant été que depuis peu de mois exposées à l'action des agents extérieurs, sont aussi pures, aussi nettes que celles qui sont en voie de formation dans la galerie.

Leur direction est sur tous les points dans un sens qui correspond à la marche normale du glacier.

Les galets calcaires striés sont assez abondants parmi les débris minéraux répandus aux abords du

glacier. Les stries dont ils sont couverts se croisent dans tous les sens et sur toutes leurs faces. J'en ai recueilli de beaux exemplaires dans les anfractuosités de 15 à 20 centimètres de profondeur qui existent à la surface des dalles. Lorsqu'elles étaient couvertes par le glacier l'hiver dernier, les galets, le sable et la boue qui se trouvaient entre la glace et la roche ont été poussés dans ces trous ; puis, pendant le courant de l'été, les glaces se sont fondues, le front du glacier a reculé, les matériaux menus qui remplissaient les cavités de la roche sous-jacente sont restés dans leur loge ; on les retrouvait intacts au mois d'août dernier. Les galets de gneiss ne sont point rayés, ils sont simplement polis et arrondis.

Le terrain du Rosenloui nous offre donc un exemple de plus de l'identité qui existe entre les stries en voie de formation et les stries anciennes. Les grauwackes ou schistes siluriens des Vosges ont une ressemblance frappante, lorsqu'ils sont striés, avec les calcaires rayés du Rosenloui : même coup de burin, même variété de l'espèce que nous avons désignée sous le nom de *régime saccadé*. Cette analogie s'applique également aux galets striés provenant des deux localités.

*Sur la fusion lente et intermittente de l'ancien glacier de M. de Charpentier.*

A l'époque de sa plus grande extension ce glacier

couvrait tout le pays situé entre les Alpes et le Jura ; il présente une complication particulière sur laquelle un naturaliste observateur, M. Blanchet, a réuni des matériaux fort utiles. Cette immense mer de glace n'a point terminé son existence par une agonie lente, régulière et pour ainsi dire isochrone ; pendant sa période de fusion ce glacier s'est arrêté en chemin, en perdant de sa puissance, il s'est divisé en une multitude de petits glaciers, qui ont acquis un mouvement propre et indépendant, et, chose remarquable, ce nouveau mouvement s'est trouvé sur certains points imprimé en sens inverse de celui du grand glacier primitif. Ce dernier partait du sud et se dirigeait vers le nord, et quelques-uns des petits glaciers de la seconde époque avaient un mouvement qui les portait du nord au sud, d'autres de l'ouest à l'est, d'autres de l'est à l'ouest, etc.

En examinant la configuration du sol, on se rend facilement compte de ce fait. Le terrain compris entre les Alpes et le Jura n'est point un plan régulièrement incliné vers le nord ; il y a entre ces deux chaînes des lacs très-profonds, puis, tout un petit système de montagnes peu élevées, le Jorat, avec des pentes et des contre-pentes. Les vallons de ce système versent leurs eaux d'un côté dans le lac de Genève, et de l'autre dans le lac de Neuchâtel.

Lorsque, par suite des progrès de la fusion, le grand glacier a reculé jusque vers les contreforts du Jorat,

il y a eu temps d'arrêt, et les petits glaciers se sont formés dans tous les vallons qui rayonnent autour du lac de Genève. Si la fusion eût été continue, ils n'auraient pas eu le temps de s'établir, ni d'accumuler une aussi grande quantité de matériaux secondaires. A un moment donné de la période de fusion, il y a eu retour de froid, et ces petits glaciers ont travaillé pendant fort longtemps à l'établissement de leurs moraines propres.

Ces vallons ont été explorés par M. Blanchet; j'en ai visité à mon tour quelques-uns; ils sont barrés par des moraines; on y trouve beaucoup de blocs et un grand nombre de galets striés. Ces matériaux proviennent, d'une part, de ceux arrachés au sol même, puis de ceux que le grand glacier était en voie de transporter, et qui, arrêtés au milieu de leur course, sont revenus sur leurs pas; ils sont d'origine Alpine; ajoutons à tous ces débris ceux que les eaux ont mis en mouvement lors de la fonte des glaces et pendant la période actuelle, et l'on pourra juger de la complication du phénomène<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> C'est dans une localité de ce système que M. Blanchet a découvert une roche striée en place, fort curieuse par sa composition minéralogique; elle est en poudingue à ciment calcaire, formé d'un conglomérat solide de cailloux roulés, schisteux, calcaires et quartzeux. Ces cailloux présentent donc des degrés de dureté fort différents; cependant à la surface de cette roche, ces cailloux sont tous usés, frottés, coupés et striés au même niveau. Elle est située à Jongny-sur-Vevey, au bord de la route de Châtel-Saint-Denis. Les parties de cette roche exposées de

Ces faits sont au surplus d'accord avec ceux que nous avons remarqués dans les Vosges. Dans cette contrée nous n'avons pas trouvé de blocs qui aient fait deux fois le même trajet ; la configuration du terrain s'y oppose ; mais nous avons acquis la preuve que les anciens glaciers des Vosges ne se sont point fondus par suite d'une succession régulière d'années chaudes ; pendant leur période de retraite ils ont stationné fort longtemps sur certains points , station qui a donné lieu à la formation d'une échelle de moraines qui barrent transversalement nos vallées à une grande distance les unes des autres.

*Faits pour servir à l'histoire des glaciers en activité.*

Dans ces dernières années l'étude des glaciers a fait de grands progrès , les travaux les plus récents de MM. Agassiz et Desor ont beaucoup contribué à l'avancement de la science ; toutefois il restait encore plusieurs points obscurs à éclaircir dans la connaissance du mouvement de translation des masses de glace. Le glacier marche-t-il en hiver, ou reste-t-il stationnaire? marche-t-il plus vite la nuit que le jour?

temps immémorial à l'action des agents extérieurs sont frustes ; le ciment calcaire est entamé et les cailloux roulés font saillie, mais sur les points que M. Blanchet a fait mettre récemment à découvert, les stries subsistent avec toute la délicatesse de leurs formes.

l'état du milieu ambiant a-t-il quelque influence sur sa vitesse acquise? La marche éprouve-t-elle un ralentissement ou une accélération quelconque dans des circonstances données? Telles étaient à peu près les questions sujettes à controverse, et qui restaient à résoudre.

La difficulté d'y répondre avec des chiffres authentiques ne résidait pas dans les méthodes d'observation, mais dans l'empêchement matériel de se livrer sur le terrain à l'étude pratique d'un glacier pendant une saison de l'année, où l'on ne peut aborder ces lieux qu'en courant de grands dangers. Pour arriver à une solution complète, il fallait continuer les observations si heureusement commencées au glacier inférieur de l'Aar, par MM. Agassiz et Desor, et les poursuivre pendant tous les mois de l'année.

Mon ami Dollfus-Ausset, avec une persévérance digne d'éloges, n'a pas reculé devant une pareille entreprise. Un nombreux personnel de guides intelligents a été par ses soins établi, pendant la belle saison, sur le glacier même, ou plutôt sur son bord méridional, à 100 mètres au-dessus de la mer de glace, et en hiver à l'hospice du Grimsel, situé à 5 kilomètres de la moraine terminale. Ces guides, sous la direction de M. Dollfus, se sont peu à peu familiarisés avec le maniement des instruments les plus délicats, leur probité étant reconnue, on a pu leur confier des observations importantes pendant l'absence du chef de

l'expédition. C'est ainsi qu'on est parvenu à réunir une série complète comprenant plusieurs milliers d'observations faites dans toutes les saisons de l'année. Des appareils très-exacts placés sur différents points ont donné la mesure de la marche générale du glacier.

M. Ch. Martins qui a assisté au mois d'août 1846 à ces opérations, rend compte dans une lettre à M. Arago de la méthode employée par M. Dollfus :

« Une pile en maçonnerie fut établie au rez-de-  
« chaussée du pavillon que M. Dollfus a fait construire  
« sur la rive gauche du glacier. Sur cette pile on éta-  
« blit une excellente lunette de Ch. Chevallier, munie  
« d'un réticule et dont l'objectif a 0<sup>m</sup>,05 de diamètre.  
« Cette lunette se mouvait sur un cercle, et la verti-  
« calité de l'axe de l'instrument était réglée au moyen  
« d'un excellent niveau de 0<sup>m</sup>,18 de longueur. En  
« outre, une croix servant de repère fixe, avait été  
« tracée sur un rocher, de l'autre côté du glacier, à  
« une distance de 1300 mètres. Ces préparatifs ache-  
« vés, on enfonça deux pieux dans la glace, sur la  
« moraine médiane du glacier, et on les réunit par  
« une planche placée de champ, à un mètre environ  
« au-dessus de la glace. La verticalité du cercle étant  
« bien réglée, la lunette était dirigée sur la croix ser-  
« vant de repère, puis abaissée sur la planche. Un  
« homme placé derrière cette planche promenait sur

« elle , suivant des signes convenus , un voyant com-  
« posé de quatre carrés alternativement noirs et  
« blancs disposés en sautoir. On s'assura , par des  
« observations préliminaires , qu'on pouvait apprécier  
« parfaitement un écart horizontal de 2 millimètres.  
« Cinq fois par jour , un guide intelligent se rendait  
« sur la moraine , mettait le voyant devant la planche ,  
« puis le déplaçait en amont et en aval , jusqu'à ce  
« que le milieu coïncidât avec le fil vertical de la lu-  
« nette ; puis il mesurait avec le compas la distance au  
« point de départ. A plusieurs reprises on s'est assuré  
« de l'exactitude des mesures de ces guides , qui sont  
« d'ailleurs familiarisés depuis longtemps avec des  
« opérations de ce genre<sup>1</sup>. »

On voit dans les tableaux extraits des registres d'observation de M. Dollfus , que le glacier inférieur de l'Aar est animé d'un mouvement d'une régularité parfaite dans un temps donné , point de sauts brusques , ni d'intermittences. Le mouvement d'un point quelconque , pris sur la surface du glacier , soit au milieu , soit sur les bords , est excessivement lent , uniforme et indépendant des influences atmosphériques ; il est de 0<sup>m</sup>,173 par vingt-quatre heures , soit 63 mètres par an , sur le milieu du glacier , vis-à-vis le pavillon Dollfus. Cette régularité , cette uniformité n'ôte rien

<sup>1</sup> Ch. Martins , Lettre à M. Arago (*Comptes-rendus de l'Institut* , t. XXIII , p. 824).

au mouvement différentiel des diverses parties de la surface. M. Agassiz a démontré depuis longtemps que la marche est presque nulle sur les bords, qu'elle est à son maximum d'accélération vers le milieu, et considérablement ralentie vers son extrémité inférieure.

Ces observations, combinées avec des séries météorologiques faites simultanément avec beaucoup de soins, ont fait voir que le beau temps, la pluie, la sécheresse de l'air, son humidité, le froid, le chaud, le jour, la nuit, les saisons, etc., n'ont aucune influence sur le plus ou le moins de vitesse acquise d'un point quelconque, pris sur la surface du glacier.

Les observateurs des années précédentes n'étaient pas tous d'accord sur cette question, plusieurs pensaient que la marche générale des grands glaciers avait une liaison intime avec l'état présent de l'atmosphère; ils étaient portés à croire, par exemple, que le mouvement se ralentissait dans les temps froids, et s'accélérait par un temps humide. Les observations de M. Dollfus, qu'il publiera plus tard en détail, démontrent qu'il n'en est rien, et prouvent qu'un glacier comme une rivière composée d'une infinité de fragments solides, ou comme un corps semi-fluide, dominé par une force dynamique, marche en avant sans se laisser influencer par l'état du milieu ambiant.

Cette loi n'est toutefois applicable qu'à la surface de la mer de glace; la tranche terminale n'est plus soumise aux mêmes conditions; elle est au contraire

sous la dépendance immédiate des agents extérieurs. Au talus frontal, il y a lutte entre deux forces agissant en sens contraire, l'une venant d'amont, tend à pousser le glacier en avant avec une régularité parfaite dans un temps donné. L'autre force n'est plus dynamique, elle est dissolvante, c'est elle qui fixe la limite, le point où le glacier doit s'arrêter; elle prend sa source dans l'état de l'atmosphère. Dans les temps chauds, la force dissolvante agissant sur cette tranche, l'emporte sur la force d'impulsion, et le glacier recule. Dans les temps froids la propriété dissolvante des agents extérieurs est nulle; c'est la force de propulsion qui prédomine, le glacier avance. C'est donc une des premières conséquences à tirer des faits exactement observés par M. Dollfus, que d'ordinaire le front des glaciers avance en hiver et recule en été.

Une autre déduction toute naturelle à tirer de l'application de cette loi, c'est que la production des roches striées et des galets rayés doit être beaucoup plus active en hiver qu'en été; voici pourquoi. Dans cette dernière saison le glacier est habituellement imbibé d'eau dans toute sa masse, les bords et le fond qui exercent leur frottement contre les roches sont revêtus d'une mince lame d'eau; cette eau agit comme l'huile dans une machine, elle adoucit les frottements, les pierres et les sables ne sont pas solidement incrustés dans une masse de glace en voie de fusion; j'ai pénétré à plusieurs reprises en été à de grandes

profondeurs dans l'intérieur du glacier et sur ses bords latéraux, les parois de glace, les cailloux, les graviers incrustés et les roches en place étaient partout très-humides.

En hiver le glacier marche exactement avec la même vitesse, mais le phénomène du frottement ne peut s'opérer de même. M. Dollfus a exploré le glacier au mois de janvier; il était complètement sec; dans cette saison il n'y a plus d'eau pour adoucir les frottements, l'huile manque; les galets et les graviers, les fragments minéralogiques de toute nature mordent la roche avec une énergie bien plus grande. Les plus légers coups de burin opérés à sec se gravent avec netteté sur la pierre. L'un des phénomènes les plus curieux des grands glaciers, l'usure des roches, s'exerce donc en hiver avec beaucoup plus d'activité qu'en été.

---

## RÉSUMÉ.

Après tous les détails où nous sommes entrés, et tous les faits que nous avons exposés, les preuves de l'existence d'anciens glaciers dans les Vosges nous paraissent établies sur des bases suffisamment solides. Mais si nous voulons remonter à la cause, à l'origine du phénomène, nous sommes nécessairement obligés de quitter le champ des observations matérielles et de

passer dans la région des hypothèses, et comme nous ne considérons pas la question d'origine comme suffisamment approfondie pour qu'une solution immédiate puisse lui être appliquée et répondre à l'exigence des faits, nous bornerons nos réflexions à quelques indications sommaires à cet égard.

Quant au changement dans l'axe de la terre, hypothèse avancée dans ces derniers temps, et qui paraît séduisante au premier abord, nous avons essayé de démontrer que ce changement, si on le fait provenir d'une cause agissant brusquement et instantanément, ne pouvait pas s'accorder avec la fusion lente de nos anciens glaciers. En supposant même qu'un nouveau pôle vint à se fixer dans la mer Baltique, non pas brusquement, mais par un procédé excessivement lent, et que nous fussions conduits dans les Vosges par un mouvement embrassant un espace de temps très-long, sous la latitude de 70 ou 75 degrés, il en résulterait des glaciers, sans doute; mais ces glaciers ne sauraient atteindre la puissance de ceux des anciens temps. L'ancien glacier du bassin du Rhône, de M. de Charpentier, avait 60 lieues de long et 1000 mètres d'épaisseur; les anciens glaciers des Vosges sont parvenus à 500 mètres d'épaisseur. Et ceux qui existent aujourd'hui sous les latitudes boréales sont loin d'arriver à une aussi prodigieuse épaisseur.

Ces contrées, constamment froides, ne sont pas

placées dans des conditions favorables au grand développement des glaciers. Il est fort probable qu'aux pôles même il n'y a point de glaciers ; il y a des glaces et des neiges éternelles , mais les glaciers , ces grandes masses douées de mouvement , exigent pour leur large développement des conditions climatériques qui ne se trouvent point réunies aux pôles même de la terre. Ils demandent , pour leur développement complet, des alternatives de chaud et de froid ; pour que la neige se transforme en névé et en glace , il faut qu'elle subisse une demi-fusion ; si la température locale n'est pas suffisante pour en faire fondre une partie , il ne se produira point de glaciers. Un hiver perpétuel , sans alternatives de chaud et de froid , ne donnerait jamais lieu à la formation de ces grandes masses de glace. Les hautes vallées de la Suisse se trouvent placées , sous ce rapport , dans des conditions plus favorables que les pôles même de notre planète. L'étendue et la puissance des glaciers ne sont donc pas, en raison directe de leur distance au pôle , à altitude égale.

A mon avis , les anciens glaciers qui ont couvert la basse Suisse , les vallées des Vosges , les vallées des Pyrénées et une grande partie du nord de l'Europe , ont existé dans des proportions tellement gigantesques , que nous ne trouvons aucun fait analogue à la surface de la terre, telle qu'elle existe aujourd'hui, qui puisse nous servir de terme de comparaison , relativement à la masse.

L'époque erratique a cela de commun avec l'époque du terrain houiller que les faits qui s'y rattachent ne se représentent plus sur la terre que sur une petite échelle. La transformation des végétaux en charbon n'a plus lieu de nos temps que par le moyen des tourbières dans des proportions très-minimes, comparativement aux masses énormes de houille formée dans les anciens temps et qui ne pourraient plus se reproduire dans les conditions actuelles. Il en est de même des formidables masses de glace des temps erratiques; d'après les faits connus, elles ne pourraient plus se former aujourd'hui sur aucun point du globe.

Les changements qui, à la suite des siècles, auraient pu survenir, soit dans la direction des lignes isothermes, soit dans l'élévation et l'abaissement alternatif des continents<sup>1</sup>, me paraissent des motifs

<sup>1</sup> M. Rozet, qui a traité cette question, pense que les différences d'altitude dans la pellicule terrestre suffisent pour l'explication du phénomène. « Il ne pense pas qu'il ait existé, à une certaine époque, des hivers plus longs et plus rigoureux que les nôtres, ... il aime mieux admettre des mouvements de la croûte terrestre, qui ont diminué l'altitude des lieux où l'on trouve aujourd'hui des traces d'anciens glaciers, et où il est impossible qu'il se forme actuellement des glaciers.

« Il conclut que s'il est bien constaté qu'il existe des traces de glaciers dans les Vosges et dans d'autres contrées, dont l'élévation est bien inférieure à la limite des neiges perpétuelles, il faut en conclure que le sol de toutes ces contrées s'est naturellement abaissé; et si les belles observations de M. Agassiz ne peuvent prouver qu'une grande partie de notre sol supportait jadis un manteau de glace, elles fourniront du moins de nouvelles preuves des grands mouvements de la croûte ter-

également insuffisants pour l'explication du phénomène<sup>1</sup>.

Faut-il donc que la terre ait été placée dans des conditions anormales, et que tout l'appareil de notre

« restre, pour lesquels nous avons déjà tant de faits incontes-  
« tables » (Note de M. Rozet, *Sur la cause de l'existence d'anciens glaciers dans des contrées où il n'en existe plus, et où il ne peut plus en exister aujourd'hui*).

(*Bulletin de la Société géologique*, 2<sup>e</sup> série, t. II, p. 664).

<sup>1</sup> Récemment M. le chanoine Gal a émis une opinion nouvelle sur la cause du phénomène erratique : « Maintenant, dit-il, j'é-  
« mets une opinion que je crois m'être propre ; aussi je l'avance  
« avec timidité, en la soumettant au jugement des savants. Elle  
« me paraît simple et à l'abri des difficultés très-graves, pour  
« ne pas dire insolubles, qu'on élève contre les partisans de ces  
« mers de glace continues dans le sens exposé, et de celles dans  
« lesquelles se jettent les antagonistes des stries, qui attestent  
« évidemment l'existence d'anciens glaciers dans des lieux où il  
« ne pourrait y en avoir aujourd'hui. A mon avis, le déluge a  
« soulevé les glaciers ; le courant les a transportés, et les eaux  
« en baissant et en se retirant en ont déposé en divers endroits,  
« où ils auront certainement passé plusieurs années avant de se  
« dissoudre par la liquéfaction ; ce qui se conçoit facilement, si  
« l'on considère qu'une avalanche qui n'est qu'une partie minime  
« en comparaison d'un glacier, dure quelquefois une année ou plus  
« avant de disparaître complètement. La température ayant dû  
« être refroidie après le déluge, aura conservé les glaciers *erra-*  
« *tiques*, et même des neiges plus fréquentes les auront alimen-  
« tés pendant quelque temps.

« Si cette opinion acquiert de la certitude en se vérifiant par  
« des observations que d'autres plus éclairés pourront faire, elle  
« deviendra une nouvelle preuve du grand cataclysme mosaïque.  
« Je ne prétends pas généraliser les conséquences que je crois  
« devoir tirer de mes observations ; mais je me borne à la vallée  
« d'Aoste » (*Sur les stries et les moraines des glaciers de la val-  
lée d'Aoste*, par M. le chanoine Gal.)

(*Bulletin de la Société géologique*, 2<sup>e</sup> série, t. II, p. 728).

système solaire, dans son mouvement de translation dans l'immensité des espaces éthérés, ait traversé, pendant des milliers d'années, des zones réfrigérantes? La somme de chaleur distribuée dans un temps donné à sa surface, était-elle inférieure à ce qu'elle est aujourd'hui?

Quoi qu'il en soit, il nous semble évident qu'en raison de la masse des matériaux erratiques, les anciens glaciers ont eu une durée excessivement longue, durée égale à une période géologique tout entière.

Nous croyons également que cette période vient se placer dans l'ordre chronologique des révolutions de la terre, immédiatement avant l'établissement de l'ordre de choses actuel.

Nous croyons encore que cette époque des grandes glaces européennes est une ère à part dans l'histoire du globe. La terre tout entière ne se trouvait point placée dans les mêmes conditions thermales qu'aujourd'hui.

---

## NOTES.

## I.

Un fait très-extraordinaire relatif aux glaciers a été découvert il y a quelques années en Sicile ; il est décrit en détail par M. Charles Lyell dans ses *Principes de Géologie*. Nous allons le rapporter en entier :

« *Glacier couvert par un courant de lave*. En 1828, une « découverte remarquable a été faite sur l'Etna : on y a trouvé « une masse de glace considérable qui avait été garantie de « la fusion pendant plusieurs années, et même pendant plu- « sieurs siècles, peut-être, par cette circonstance singulière « qu'un courant de lave brûlante l'avait recouverte. Les faits « suivants viennent à l'appui d'un phénomène qui, au pre- « mier aspect, doit paraître paradoxal. La chaleur extraor- « dinaire que, pendant l'été et l'automne de 1828, on éprouva « dans le midi de l'Europe, fut cause que les approvision- « nements de neige et de glace qui avaient été faits au prin- « temps de cette même année, pour Catane ainsi que pour « les parties voisines de la Sicile et pour l'île de Malte, se « trouvèrent entièrement perdus. On eut donc beaucoup à « souffrir de la privation d'une chose considérée dans ces « pays plutôt comme une des nécessités de la vie que comme « un objet de luxe, et dont l'abondance contribue, dans « quelques-unes des grandes villes, à la salubrité de l'eau « et à la santé des habitants. Les magistrats de Catane en « appelèrent à M. Gemmellaro, dans l'espoir que la connais- « sance locale qu'il avait de l'Etna le mettrait à portée de « découvrir sur cette montagne quelque crevasse ou quelque « grotte naturelle renfermant encore de la neige. En effet, ils « ne se trompaient point ; depuis longtemps, M. Gemmel- « laro avait soupçonné qu'une petite masse de glace perma-

« nente, qui se trouvait au pied du cône le plus élevé,  
 « faisait partie d'un *grand glacier continu*, recouvert par  
 « un courant de lave. S'étant procuré un nombre suffisant  
 « d'ouvriers, il fit creuser dans la glace, et reconnut qu'elle  
 « était couverte de lave sur une étendue de plusieurs cen-  
 « taines de mètres; ce qui acheva de le convaincre que la  
 « position du glacier ne pouvait être attribuée qu'à l'écou-  
 « lement de la lave sur la glace. Malheureusement pour le  
 « géologue, la dureté de la glace se trouva telle, et les frais  
 « d'excavation furent si considérables qu'il n'est guère pro-  
 « bable que ces travaux soient jamais repris.

« Le 4<sup>er</sup> décembre 1828, je visitai ce point, qui se trouve  
 « sur le côté S.-E. du cône, et un peu au-dessus de la *Casa*  
 « *Inglese*; mais la neige qui était tombée récemment avait  
 « déjà comblé presque entièrement la nouvelle ouverture,  
 « de sorte qu'elle n'offrait d'autre apparence que celle de  
 « l'entrée d'une grotte. Toutefois je ne mets point en doute  
 « l'exactitude des conséquences déduites par M. Gemmel-  
 « laro de ses premières conjectures; connaissant parfait-  
 « tement les indices des moindres accumulations de neige  
 « dans les fissures et dans les cavités de l'Etna, il avait  
 « constaté, même avant l'exécution des travaux dont nous  
 « venons de parler, la particularité qu'offrait la position de  
 « la glace dans cette localité. On peut supposer qu'au com-  
 « mencement de l'éruption, une masse considérable de neige  
 « avait été couverte par des sables volcaniques avant que  
 « la lave s'y répandît. Une couche épaisse de cette poussière  
 « fine mêlée de scories est, comme l'on sait, un très-mau-  
 « vais conducteur de la chaleur: aussi les pâtres ont-ils  
 « coutume, dans les hautes régions de l'Etna, de faire des  
 « approvisionnements d'eau pour abreuver leurs troupeaux  
 « pendant l'été, en étendant une couche de sable volcanique  
 « de quelques pouces d'épaisseur sur la neige, ce qui suffit  
 « pour empêcher la chaleur du soleil d'y pénétrer.

« Si l'on admet que la masse de neige ait été garantie de  
 « la fusion jusqu'au moment où la partie inférieure de la  
 « lave fut solidifiée, on comprendra dès lors qu'un glacier

« ainsi protégé, à la hauteur de dix mille pieds (plus de  
 « 5000 mètres) au-dessus du niveau de la mer, puisse sub-  
 « sister aussi longtemps que les neiges du Mont-Blanc, à  
 « moins qu'il ne soit fondu par la chaleur volcanique pro-  
 « venant directement des régions souterraines. Lorsqu'au  
 « commencement de l'hiver (le 4<sup>er</sup> décembre 1828), je visitai  
 « le grand cratère, je trouvai les crevasses, à l'intérieur,  
 « incrustées d'une couche épaisse de glace; et, en quelques  
 « points, j'observai des vapeurs brûlantes qui se déga-  
 « geaient entre des masses de glace et les parois rugueuses  
 « et escarpées du cratère.

« Après la découverte de M. Gemmellaro, il ne serait point  
 « étonnant de trouver dans les cônes des volcans de l'Is-  
 « lande, qui, pour la plupart, sont couverts de neiges per-  
 « pétuelles, des alternances répétées de courants de lave et  
 « de glaciers. Le lieutenant Kendall nous apprend que l'île  
 « de la Déception, dans le nouveau Shetland Austral, est  
 « principalement composée de couches alternantes de cen-  
 « dres et de glace <sup>1</sup>.»

Il est à regretter que des observations aussi curieuses, sur un glacier existant dans un terrain volcanique, près du sommet de l'Etna, n'aient pas été poursuivies plus loin. On aurait pu en tirer d'utiles enseignements pour la théorie des glaciers, surtout si l'on avait pensé à déterminer sa marche. Il est reconnu que tous les glaciers, quelle que soit la contrée ou la latitude où on les a observés, sont animés d'un mouvement locomotif, celui de l'Etna doit sans doute posséder les mêmes propriétés, et son étude sous ce rapport deviendrait très-intéressante.

## II.

M. Lecoq, professeur d'histoire naturelle à Clermont-Ferrand, a donné dernièrement une explication des phé-

<sup>1</sup> Lyell, *Principes de Géologie*, troisième partie, p. 177.

nomènes erratique et diluvien , fondée sur une hypothèse nouvelle , celle du refroidissement lent et séculaire du soleil. Ce savant a exposé ses idées à la Société géologique. Nous allons donner un aperçu de cette ingénieuse théorie.

M. Lecoq admet l'incandescence primitive du globe.

Il suppose que le soleil était beaucoup plus chaud autrefois que de nos jours.

Depuis l'origine des temps la chaleur rayonnante de cet astre a été constamment en diminuant.

Dans les temps primitifs l'action solaire sur notre terre était masquée par l'incandescence extérieure du globe.

Puis est arrivée une époque où l'action de la chaleur intérieure de la terre a cessé de se manifester au dehors. Les climats solaires ont seuls acquis une indépendance suffisante pour donner lieu à tous les phénomènes géologiques (sauf les actions volcaniques) jusqu'à nos jours.

« Il est facile de se figurer l'état du globe , dit M. Lecoq ,  
 « quand , ayant perdu en grande partie (à l'extérieur du  
 « moins) la chaleur due à son incandescence primitive , il se  
 « trouvait soumis à l'influence directe et indépendante du  
 « soleil.

« Cet astre , plus chaud qu'aujourd'hui , agissait en for-  
 « mant d'abord aux deux extrémités de la terre une zone  
 « alternativement tropicale et refroidie , et en séparant ces  
 « deux zones par une large bande ultra-tropicale.

« Cette dernière zone s'est successivement rétrécie , en  
 « sorte qu'un climat équivalent à la chaleur actuelle des  
 « tropiques a formé sur la terre deux zones concentriques  
 « qui avaient les pôles pour centre , et qui , s'en éloignant  
 « avec une extrême lenteur , se rapprochaient entre elles ,  
 « et sont maintenant confondus en une large bande qui ,  
 « seule sur la terre , possède encore la température élevée  
 « qui s'est promenée sur les zones glaciales et tempérées des  
 « deux hémisphères.

« Pendant ce refroidissement séculaire dû au rayonnement  
 « du soleil , les deux extrémités de la terre , placées au centre

« des deux cercles à température tropicale, qui s'en éloi-  
 « gnaient de plus en plus, passaient alternativement d'une  
 « température élevée à un état thermométrique inverse,  
 « puisque l'axe de la terre, incliné, comme il l'est toujours  
 « sur le plan de son orbite, plaçait notre globe dans les  
 « mêmes conditions, relativement au soleil, que celles où il  
 « se trouve encore annuellement.

« Une température élevée, appliquée à la surface de la  
 « terre, avait nécessairement pour résultat de rendre l'éva-  
 « poration plus active et d'augmenter la quantité d'eau en  
 « circulation. Les terrains plus mouillés, l'eau courante  
 « plus abondante et surtout plus trouble, de vastes lacs et  
 « d'immenses cours d'eau devaient fournir un aliment con-  
 « tinuel à la chaleur solaire....

« .... Quoique nous supposions la chaleur solaire indépen-  
 « dante depuis l'époque oolitique, elle a dû suffire pour main-  
 « tenir longtemps les pôles au-dessus de zéro par le con-  
 « tact du point refroidi avec des terres échauffées, des eaux  
 « tiédies, et des courants d'air à température très-élevée.  
 « Les pluies seules agissaient alors; d'immenses terrains de  
 « transport se formaient, et tout sol préexistant était dé-  
 « gradé.

« Une époque est arrivée où chaque pôle, pendant l'ab-  
 « sence du soleil, pouvait acquérir une température inférieure  
 « à zéro, et ce fut alors que l'eau solide parut sur la terre  
 « et forma sur le pôle refroidi une masse de neige qui s'ac-  
 « crut peu à peu et devint incomparablement plus volumi-  
 « neuse que celle qui existe maintenant; il ne pouvait en être  
 « autrement, à cause de l'énorme évaporation qui avait lieu  
 « sur toute la terre.

« La présence de la neige sur le globe date très-probable-  
 « ment, comme nous venons de le voir, de l'époque tertiaire  
 « et erratique, et peut-être même, au pôle, de la période  
 « crayeuse. C'est l'introduction dans les causes géologiques  
 « d'un élément nouveau, l'eau solide avec toute sa puis-  
 « sance.

« C'est pendant la déclinaison australe du soleil que le

« pôle Nord recevait ses neiges , comme il les reçoit encore  
« de nos jours , et réciproquement pour l'autre pôle.

« ..... Les effets diluviens ont précédé ceux des glaciers ,  
« et la plupart des phénomènes de transport que l'on ob-  
« serve dans le nord ont dû s'y produire avant toute ac-  
« tion glaciaire ; et , d'après notre théorie , les profondes  
« sulcatures trouvées sur les flancs de ces montagnes , au-  
« raient été creusées par l'eau chargée de matériaux de  
« transport.

« ..... Les glaciers n'ont pu se former sur la terre que par  
« suite du refroidissement lent et séculaire du soleil ; ..... il  
« dut arriver une époque où il resta sur les pôles et sur les  
« hautes montagnes une petite quantité de neige qui ne pou-  
« vait plus fondre en été , non parce que la température ne  
« permettait pas cette fusion , mais parce que la quantité de  
« neige tombée augmentait tous les ans , et qu'il y avait dis-  
« proportion entre l'alimentation et la fusion.

« Cette neige , demi fondue par la chaleur solaire , se  
« transformait en glace , qui prit successivement plus d'ex-  
« tension , et dès lors commença l'apparition des glaciers et  
« la cause des phénomènes erratiques , dont l'âge est très-  
« probablement différent pour les pôles et les diverses chaînes  
« de montagnes.

« On sait qu'un glacier ne peut se former que sous l'in-  
« fluence d'une certaine élévation de température ; tant que  
« le thermomètre indique zéro ou un point plus bas , la neige  
« reste en paillettes et éphémère ; elle ne peut se transformer  
« en glace que par son ramollissement.

« La progression , la marche et l'étendue des glaciers sont  
« encore subordonnés à la température de l'atmosphère et à  
« la configuration du sol.

« Leur extension ou leur rayonnement autour du pôle ou  
« des points culminants est dû à l'alimentation produite par  
« la neige qui tombe et à l'étendue du cirque qui contient  
« le névé.

« Son retrait ou sa dégradation vers les centres de rayon-  
« nement tient à la fusion de son extrémité inférieure.

« Si ces deux actions se compensent , le glacier est station-  
« naire.

« Des inégalités dans l'alimentation et la fusion sont les  
« causes de l'extension et du retrait.

« La principale cause d'alimentation pour le glacier réside  
« dans l'abondance du névé....

« Le froid ne peut donc faire naître que des neiges éphé-  
« mères ; et si l'abaissement de température était général  
« sur le globe, il n'y aurait pas de glaciers, parce que, l'éva-  
« poration cessant, la neige même ne se montrerait plus.

« La chaleur, au contraire, favorisant la création de la  
« vapeur d'eau, est la principale cause de la chute de neige  
« sur les points élevés ou refroidis, et cette même cause a  
« été bien plus active autrefois que de nos jours.

.....  
« Lorsque, par suite du refroidissement du soleil, les pre-  
« miers glaciers commencèrent à se former, à l'époque ter-  
« tiaire, vers les pôles, et, à l'époque de transport, sur les  
« montagnes de zones tempérées, l'alimentation produite  
« par une large évaporation l'emportait sur la fusion ; il y  
« avait chaque année un reste qui s'accumulait avec celui  
« des années précédentes et qui augmentait le glacier. Ainsi  
« une température élevée, en favorisant la fusion par la des-  
« truction de l'extrémité inférieure du glacier, augmentait  
« l'alimentation dans une proportion plus grande encore,  
« puisqu'elle était la cause première d'une plus forte éva-  
« poration.

« L'une des deux causes, *l'alimentation*, ayant bien plus  
« d'importance que l'autre, *la fusion*, une température an-  
« ciennement plus élevée a dû contribuer à l'extension des  
« glaciers, tandis qu'une température très-basse n'aurait pas  
« même permis leur création.

« L'extension des anciens glaciers n'est donc que la consé-  
« quence de l'ancienne élévation de chaleur des climats, dé-  
« pendant de l'action calorifique du soleil, et non de la cha-  
« leur centrale.

« La question, envisagée sous ce point de vue, nous per-

« met de comprendre une plus grande extension des glaces  
 « aux deux pôles, dans les Alpes, etc.; elle nous laisse la  
 « possibilité de voir des restes de glaciers dans des lieux,  
 « comme les Vosges, l'Écosse, etc., où il n'en existe plus au-  
 « jourd'hui.

« C'est à la période de plus grande extension que les gla-  
 « ciers se sont développés sur les flancs des Alpes scandi-  
 « naves, préalablement ravinés, dénudés, sulcaturés, qu'ils  
 « ont rempli les grandes vallées des Alpes qui avaient déjà  
 « reçu des terrains diluviens, qu'ils ont rayonné autour des  
 « Vosges, etc. C'est à cette époque qu'il faut attribuer une  
 « partie des *laves* ou roches polies et striées, notamment  
 « celles qui existent dans les Alpes au-dessus de la limite des  
 « glaciers actuels.

« Pendant la même époque d'extension, les glaciers ont  
 « déposé eux-mêmes, en les charriant, une grande partie  
 « des blocs erratiques de la Suisse, du Jura, des Vosges et  
 « de plusieurs autres localités.

« ..... La disposition rayonnante des terrains de transport  
 « autour des centres nombreux, aujourd'hui surbaissés par  
 « une action destructive, nous démontre que les pôles et les  
 « montagnes ont toujours rempli le rôle de condenseurs,  
 « dont les effets étaient d'autant plus marqués que l'évapo-  
 « ration était plus active et les inégalités de température  
 « plus caractérisées.

« Tous les faits relatifs aux glaciers, aux terrains erra-  
 « tiques et diluviens, s'accordent avec l'hypothèse d'une di-  
 « minution très-lente de température, ayant pour cause le  
 « refroidissement propre de la terre jusqu'à l'époque ooli-  
 « tique et l'affaiblissement de la chaleur solaire dans toutes  
 « les périodes suivantes, notamment pendant la longue sé-  
 « rie diluvienne; aussi les diverses théories présentées pour  
 « l'explication des phénomènes erratiques, et qui admettent  
 « toutes une température inférieure à celle qui règne de nos  
 « jours, ne s'accordent pas avec les faits observés.

« L'étude des fossiles et de leur distribution dans le sens  
 « vertical et horizontal vient confirmer l'hypothèse d'un re-

« refroidissement solaire et de l'influence des climats depuis  
« l'époque de la première apparition des êtres vivants sur  
« le globe....

« Enfin l'idée d'un refroidissement lent et séculaire du so-  
« leil n'est en opposition ni avec les lois de la physique, ni  
« avec les observations astronomiques. Elle s'accorde avec  
« l'hypothèse de Laplace sur la formation de notre système  
« planétaire, avec les découvertes récentes faites sur les né-  
« buleuses, avec les présomptions de plusieurs savants cé-  
« lèbres<sup>1</sup>. »

<sup>1</sup> Mémoire de M. Lecocq, professeur à Clermont-Ferrand (*Bulletin de la Société géologique*, 2<sup>e</sup> série, t. III, p. 300, mars 1846).

FIN.

## TABLE DES MATIÈRES.

---

	Pages.
Avant-propos.....	5
Définition.....	9
Tableau synoptique du terrain erratique.....	12
Moraines stratifiées.....	14
Blocs erratiques.....	16
Accumulation de débris.....	21
Qu'est-ce que les galets striés?.....	22
Des roches polies et striées.....	31
Des stries rectilignes.....	36
Des stries saccadées.....	37
Des stries cannelées.....	37
Vallée de Saint-Amarin.....	38
Moraines frontales.....	41
Moraine de Wesserling.....	41
Moraine de Krüth.....	44
Moraines par obstacle.....	47
Le Bärenberg.....	48
Wildenstein.....	53
Odern.....	54
Le Hasenbühl.....	56
Roches striées.....	58
Le Glattstein.....	58
Stries croisées.....	64
Vallée latérale d'Urbès.....	66
«  de Mollau.....	70
«  de Storckenson.....	74
«  de Schliffels.....	75
«  de Saint-Nicolas.....	81
«  de Mitzach.....	85

Terrain erratique au-dessous de la moraine de Wessering .....	85
Du profil du pied des montagnes sous forme de terrasses parallèles .....	89
Vallée de Guebwiller.....	92
« de Münster.....	96
« de Massevaux.....	99
« de Giromagny.....	106
Versant occidental des Vosges.....	109
Le vallon de la Prelle.....	123
Karrenfelder .....	125
De la présence de la boue du glacier dans le terrain erratique .....	126
Des marais et des lacs propres au terrain erratique....	151
Des limites du phénomène .....	159
Les matériaux erratiques ont été déposés avec une lenteur extrême .....	144
Sur la direction du phénomène et sur son point de départ .....	146
Des roches striées et des galets rayés dont l'origine n'est pas erratique.....	152
Identité des faits observés dans les Vosges avec ceux observés dans d'autres contrées, relativement au terrain erratique .....	160
Comment le phénomène a-t-il cessé d'exister, par une révolution brusque ou par une révolution lente?....	169
Du nouveau système de M. de Boucheporn dans son application au phénomène erratique dans les Vosges, et à la fusion lente des anciennes glaces.....	174
Le retour d'un pareil phénomène est-il possible de nos jours dans les Vosges?.....	179
Des petits glaciers temporaires des Vosges .....	180
Problème. Combien les forces naturelles, mises en mouvement à l'époque erratique, ont-elles mis de temps absolu pour accumuler une masse connue de matériaux sur un point donné?.....	197
Pourquoi dans les anciennes moraines des Vosges les matériaux roulés et usés sont-ils beaucoup plus abondants que ceux à angles vifs, contrairement à ce qui	

se remarque en Suisse, où les moraines en voie de formation sont presque en entier composées de matériaux anguleux?.....	205
Comparaison des phénomènes modernes avec les phénomènes anciens.....	210
D'un terrain abandonné récemment par un glacier...	210
D'une moraine de formation récente.....	211
Vallée de Chamounix.....	213
Des roches polies et striées en voie de formation.....	217
Sur la fusion lente et intermittente de l'ancien glacier de M. de Charpentier.....	220
Faits pour servir à l'histoire des glaciers en activité....	223
Résumé.....	229
Notes.....	235

FIN DE LA TABLE.



*Liste de Engelmann père et fils à Mulhouse*

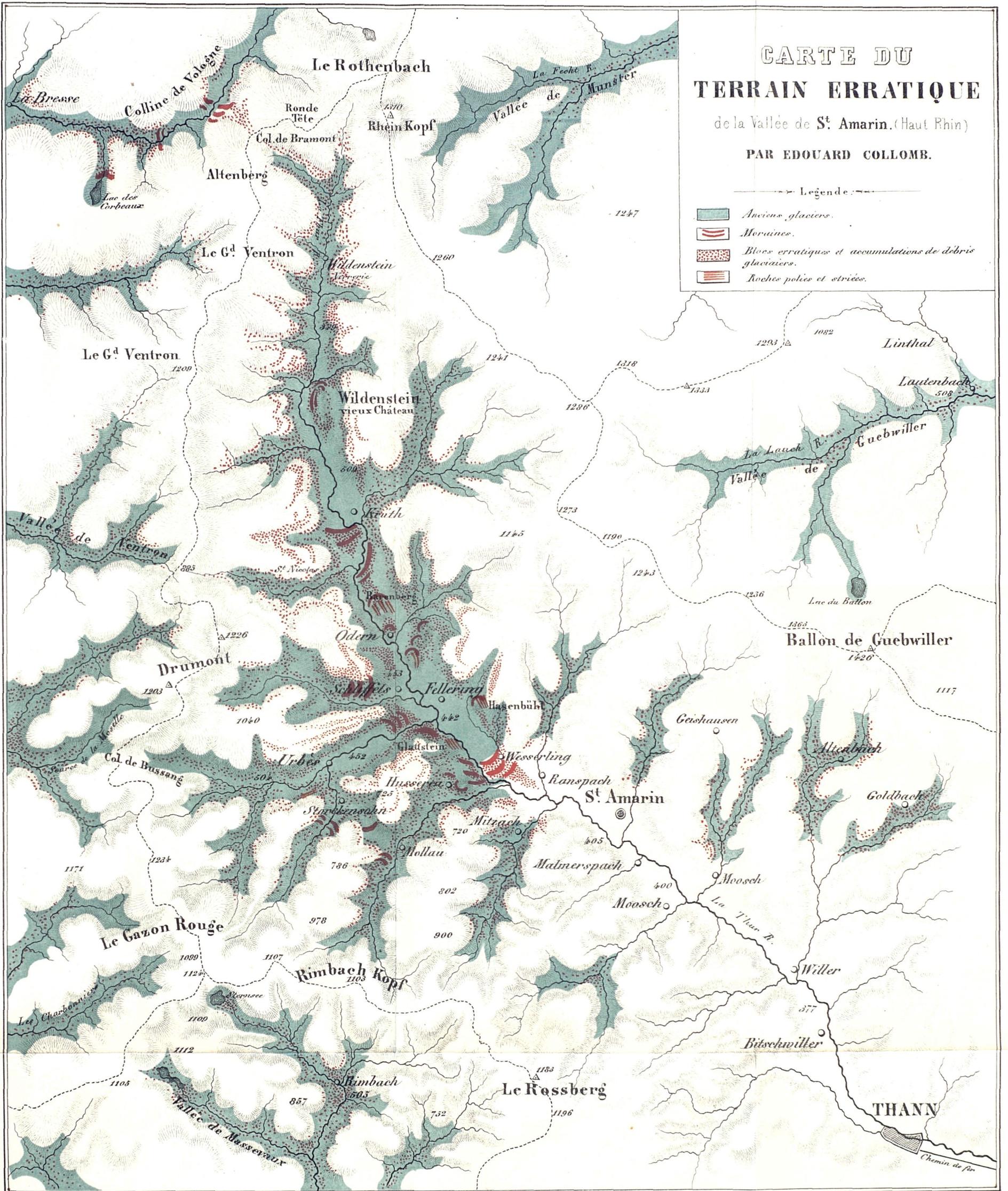
# CARTE DU TERRAIN ERRATIQUE

de la Vallée de St. Amarin. (Haut Rhin)

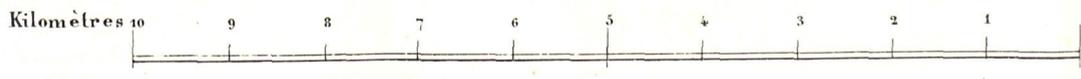
PAR EDOUARD COLLOMB.

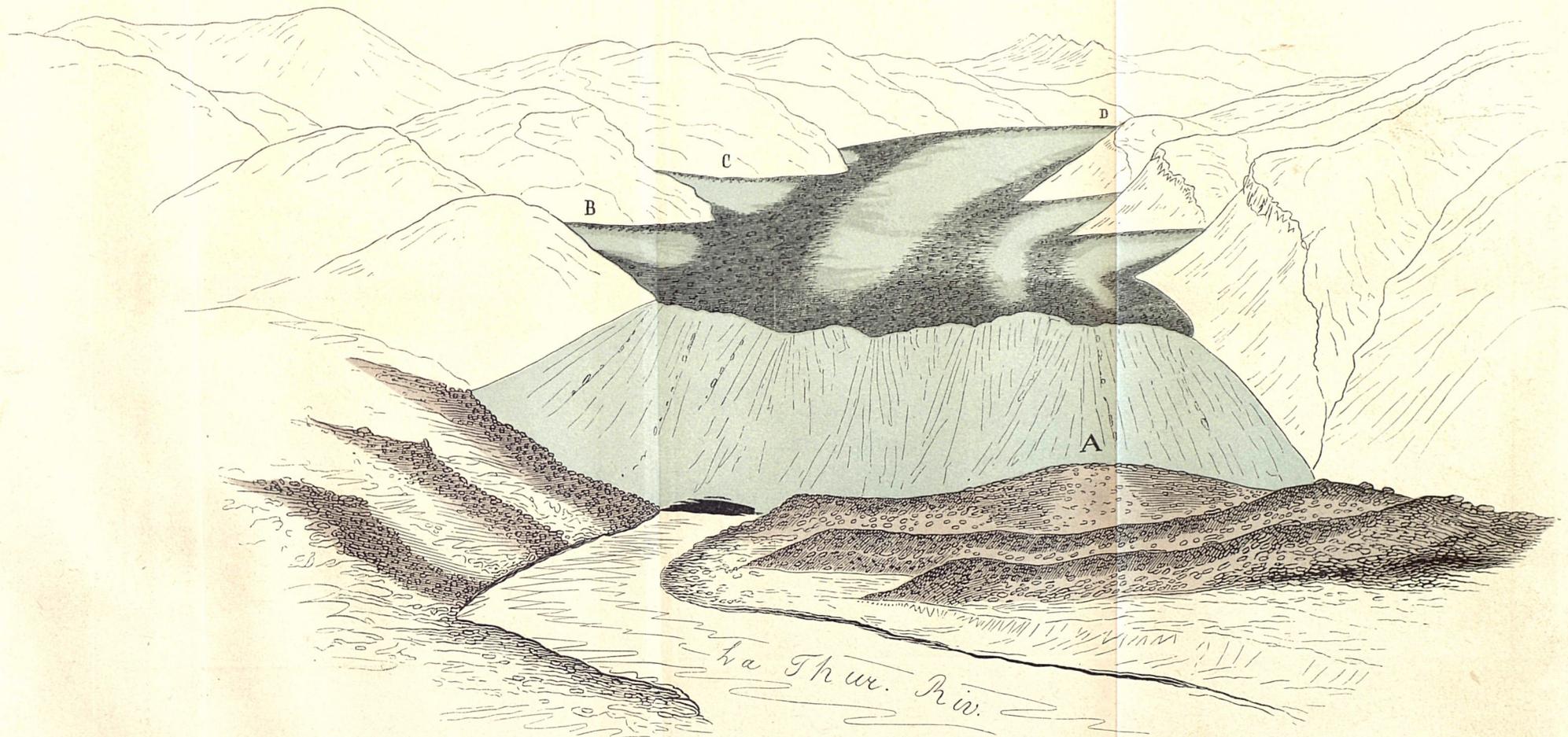
Legende.

-  Anciens glaciers.
-  Moraines.
-  Blocs erratiques et accumulations de débris glaciaires.
-  Roches polies et striées.



Lith. de Engelmann père et fils à Mulhouse





- A Wesserling.
- B Vallée latérale d'Urbès.
- C Vallée latérale de Saint-Nicolas.
- D Wildenstein.

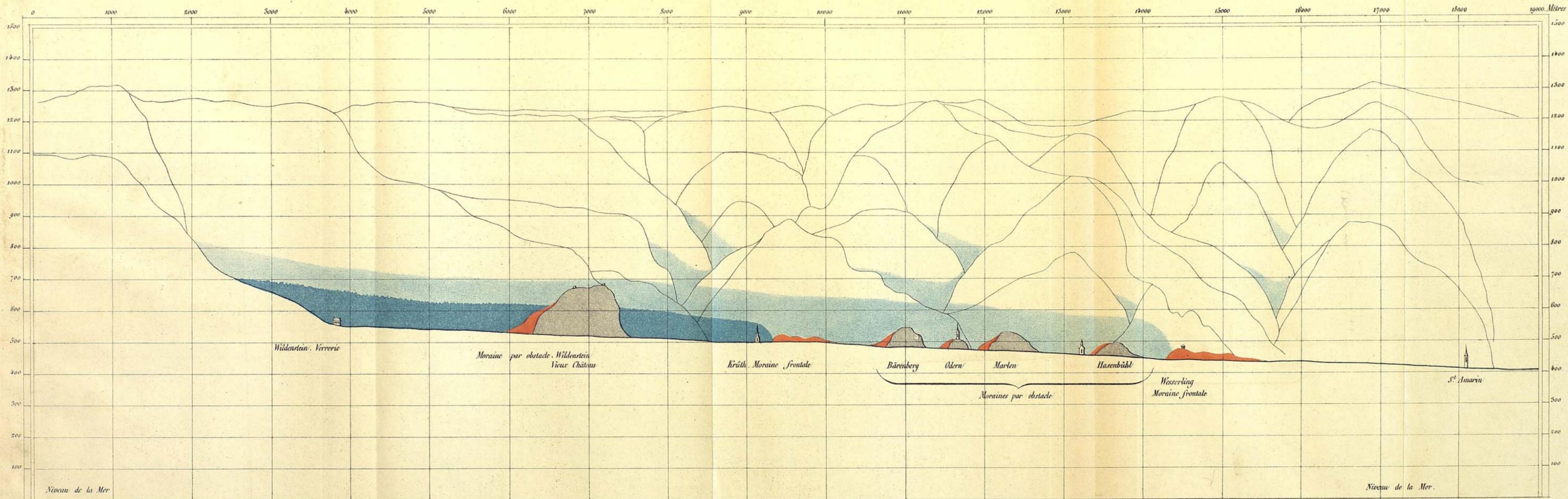
### L'ANCIEN GLACIER DE LA VALLÉE DE SAINT-AMARIN (HAUT-RHIN),

PAR ED. COLLOMB.

-  Glaces anciennes.
-  Moraines.

# COUPE LONGITUDINALE DES MORAINES DE LA VALLÉE DE ST AMARIN (HAUT RHIN)

par Edouard Collomb. 1845.



*Moraines.*
 *Glac, période d'extension.*
 *Glac, période de déroit.*

