

425
(1)

COUP D'ŒIL
SUR LE
TERRAIN ERRATIQUE

DES
VOSGES,

PAR
HENRI HOGARD.

1848.

Édition accompagnée d'un Atlas de 32 planches,
publiée par
DOLFUSS - AUSSET.
1851.



HOG

ÉPINAL,
De l'Imprimerie de veuve Gley.

1851.

H-1700

sciences de la terre
E I U S
JUSSIEU
C A D I S

J'ai cherché, le premier je le crois, à constater l'existence des moraines profondes en dehors des limites de la région des glaciers en activité; et en 1848, dans ce mémoire sur le terrain erratique de la Suisse et des Vosges, je disais *que toutes les nappes dites de transport et d'alluvions, composées de sables et de galets, situées à l'aval des premières moraines frontales conservées, appartenaient au terrain erratique, et que le transport des matériaux constituant ces nappes avait été effectué par des glaciers et non par des cours d'eau.*

Cette opinion devait soulever bien des objections, et plusieurs de mes confrères m'en ont adressées, soit verbalement, soit dans leurs lettres; d'un autre côté, les travaux de MM. Daubrée et Collomb, sur les comblements des vallées du Rhin et des Vosges, ont ensuite offert des conclusions entièrement opposées aux miennes.

Depuis 1848, j'ai cherché à réunir des faits et des preuves, et à déterminer quelle pouvait être la part des eaux et celle des glaciers dans la production des terrains superficiels dont il est question: quelques observations à cet égard se trouvent consignées dans un mémoire sur les nappes et cônes d'éboulement (1),

(1) *Bulletin de la Société géologique de France*, t. 7, 2^e série, p. 186; 1849-1850.

dans mes observations sur le comblement du Rhin entre Bâle et Manheim , enfin dans une esquisse du terrain erratique de la vallée du Rhin postérieur.

Je venais de terminer ce dernier travail lorsque je reçus le mémoire de mes collègues , Ch. Martins et Gastaldi , sur les terrains superficiels de la vallée du Pò (1), mémoire dans lequel j'ai eu la satisfaction de trouver une confirmation d'une partie de mes observations , et la description de moraines profondes , non-seulement dans la vallée du Pò , mais encore dans la Suisse , à de grandes distances des glaciers actuels.

Selon ces auteurs , la moraine profonde recouvre un diluvium plus ancien , et les comblements dont ils ont donné la description seraient composés de deux étages distincts , tandis qu'on considérait généralement encore les nappes , même près des glaciers actuels , comme des accumulations exclusivement produites par l'action des eaux.

Cette séparation en deux étages que je n'ai vu nulle part , existe-t-elle réellement ? et , si elle existe , l'étage inférieur offre-t-il les caractères essentiels des dépôts formés par des eaux courantes ? Ces questions seront résolues quand on aura de nouveau et suffisamment étudié les faits. Cette étude sera nécessairement poursuivie avec activité , et l'on arrivera , dans un temps qui ne saurait être éloigné , à une solution rigoureuse et définitive ; ce premier pas marqué hors du champ des hypothèses et ce premier progrès que j'avais hâte de constater doivent le faire espérer.

Épinal , le 1^{er} Mars 1851.

(1) *Bulletin de la Société géologique de France* , t. 7, 2^e série , 1849-1850.

INTRODUCTION.

Les débats que la théorie des glaciers a soulevés , et principalement lorsque l'on a cherché , pour la première fois , à expliquer les phénomènes d'une époque antérieure à la nôtre , prouvent combien il nous est difficile de renoncer à une erreur , quand elle a été en quelque sorte consacrée par une longue habitude. C'est avec une peine infinie que nous sommes parvenus à reconnaître , dans une partie des terrains superficiels , les caractères essentiels des formations erratiques et les preuves

de l'existence d'anciens glaciers ; encore nous sommes-nous renfermés dans des limites fort resserrées , auxquelles nous ne devons plus songer à nous arrêter aujourd'hui.

Les glaciers agissent sous nos yeux ; nous pouvons suivre et étudier leur marche , leur travail , et pour ainsi dire constater chaque jour les résultats de leur action ; les roches moutonnées , polies et striées , les galets anguleux , arrondis , polis ou rayés , les blocs transportés , les roches triturées , les déjections de boue , de sables et de graviers ; nous voyons d'un seul coup d'œil les effets et la cause , et certainement c'est peut-être de toutes les *causes actuelles* celle dont l'action et les résultats peuvent être le plus facilement notés et compris.

Pour parvenir ensuite à déterminer les points sur lesquels des glaciers ont existé autrefois , il ne s'agirait donc que de faire une simple application de nos connaissances sur le régime des glaciers actuels , qui ne font que continuer l'œuvre de la formation erratique , suivant des règles invariables ; mais pour procéder à cette application il ne faudrait se préoccuper que des faits et n'opérer qu'avec la ferme résolution de ne tenir compte que des causes connues , et d'oublier , pour quelques instants , des systèmes habituellement accueillis avec d'autant plus de

faveur, qu'ils nous conduisent rapidement et sans difficulté à la solution des questions que nous ne voulons pas prendre la peine d'étudier à fond.

L'eau est une des causes principales à laquelle on attribue un grand nombre d'effets dans la formation des dépôts composant l'enveloppe du globe. A la surface de la terre, elle n'a cessé et elle ne cesse d'agir, et c'est un des agents de destruction et de reconstruction des plus actifs. L'eau dissout, corrode les masses minérales et opère le transport de leurs débris, pour en former ensuite des accumulations souvent considérables; mais son action ne s'exerce que dans certaines limites; et l'on peut s'en rendre compte par des observations directes, ou en reconnaître les traces au moyen de caractères propres qu'elle imprime invariablement, soit aux terrains qu'elle a formés, soit à ceux qui ont été soumis à cette action.

Cependant quand nous trouvions dans le lit d'un cours d'eau, des sables et des galets, c'était pour nous un dépôt de transport et d'alluvion; hors de ce lit, les accumulations des mêmes matériaux étaient des nappes de transport et de comblement quand ils constituaient des nappes dans les vallées, et nous n'hésitions pas à y reconnaître les traces du diluvium lorsqu'ils reposaient sur des plateaux ou sur des

sommités que ne sauraient atteindre les eaux actuelles; et presque toujours nous commettons à cet égard les plus graves erreurs.

La question du transport des blocs erratiques par des courants diluviens paraît être définitivement jugée; les travaux de MM. Agassiz, de Charpentier, Ch. Martins, Desor et d'un grand nombre de géologues ne laissent plus aucun doute à ce sujet; et nous savons aujourd'hui que ce transport s'est effectué par des glaciers, immenses ramifications des glaciers actuels, ou constituant autrefois divers systèmes indépendants, sur la plus grande partie des régions où ils ne sauraient plus exister dans les conditions climatiques de notre époque.

Mais on n'a pas encore établi, d'une manière satisfaisante, les circonscriptions de ces anciens glaciers, et les limites au delà desquelles l'eau à l'état liquide a pu seule agir; les nappes de sables et de galets, *comblement ou diluvium*, sont-elles dues, soit à l'action exclusive des courants qui s'échappaient des glaciers et entraînaient les détritiques et les menus matériaux rejetés aux pieds des talus extrêmes, soit à l'action combinée de la glace et de l'eau, soit enfin à l'action unique de la glace?

Telles sont les questions que nous avons dû nous poser depuis que nous avons commencé à étudier et à décrire une partie du terrain

erratique du système des Vosges ; nous en avons constamment cherché la solution pour rectifier autant que possible d'anciennes erreurs , en nous efforçant de nous soustraire à l'influence des conceptions hypothétiques , et en notant avec soin une certaine série de faits que nous n'avions pas suffisamment observés , et que nous n'avions pu négliger ou oublier sans nous exposer à nous écarter sensiblement de la vérité.

L'étude du terrain erratique actuel et des traits les plus saillants qui le caractérisent , nous avait fourni les moyens de distinguer , dans un certain rayon , les anciennes moraines des Vosges , et de déterminer les principaux emplacements d'anciens glaciers dont on ne saurait plus méconnaître les traces ; mais au delà des moraines frontales , lorsque nous étions parvenus aux grandes nappes nivelées , aux terrasses constituées par des matériaux identiques à ceux de ces moraines , nous ne pouvions que procéder au hasard ; l'eau devait nous paraître la seule cause probable du transport et de l'arrangement de ces matériaux dont nous n'avions pas encore suffisamment étudié les caractères et l'arrangement.

C'est à cet examen de détail que nous avons dû nous livrer plus spécialement. Nous avons recherché , au contact des glaciers , les blocs et les galets qu'ils rejettent et qu'ils façonnent ;

dans les cours d'eau, les matériaux transportés ou roulés, et après avoir noté les caractères essentiels des uns et des autres, nous avons reconnu, parmi les galets glaciaires, des types offrant des caractères tranchés, essentiels, que nul autre agent ne saurait imprimer ou produire, et que l'eau à l'état liquide non-seulement ne donne jamais aux galets soumis à son action, mais qu'elle leur enlève même assez promptement, ainsi qu'on peut le constater par des expériences et des observations directes.

Quant aux accumulations de matières transportées et déposées par les eaux, elles ne diffèrent pas moins essentiellement des accumulations dues à l'action des glaciers, ainsi que nous allons avoir l'occasion de l'établir; et si notre point de départ se trouve bien établi, si nous opérons d'après des données certaines, si nos types de comparaison ont été bien choisis et présentent, ainsi que nous le pensons, des caractères constants et tranchés, les résultats auxquels nous allons arriver devront nécessairement offrir le degré de certitude que l'on doit espérer atteindre quand on rapporte les effets à la cause qui, seule, a pu réellement les produire, et quand on s'abstient pour donner l'explication de phénomènes naturels, d'invoquer des causes imaginaires et inconnues.

Les types des galets glaciaires se présentent

sans altération dans nos anciennes moraines, dans une grande partie des terrains dit *de transport, de comblement, de diluvium*, dépôts appartenant évidemment aux formations erratiques. Mais ne devons-nous pas les rencontrer dans des terrains plus anciens ? C'est ce que de nouvelles observations feront connaître sans doute.

Toutefois nous croyons devoir sommairement indiquer ici que la réponse à cette question nous paraît devoir être affirmative, et qu'on reconnaîtra les preuves de l'existence des glaciers aux diverses époques géologiques. Nous avons sous les yeux un exemple d'un terrain erratique ancien, attribué uniquement à l'action de courants marins ; terrain arénacé, à stratification enchevêtrée et semblable à celle des moraines sableuses de la région granitique, dépourvu de fossiles si abondants au-dessus et au-dessous de lui. Le grès des Vosges enfin avec ses galets arrondis, aplatis et polyédriques, à arêtes émoussées, à surfaces planes, etc., et dont les formes accusent évidemment le concours et l'action de la glace (1).

(1) Le nagelfluh et d'autres conglomérats rentreront probablement aussi dans la classe des terrains erratiques. Nous donnons quelques croquis des galets de ces formations, pl. 44, fig. 40 à 47 et fig. 48 à 22.

Il serait fort intéressant de déterminer quelle est l'origine de ces accumulations considérables de galets formant la base du poudingue et du grès des Vosges, de quels massifs ils ont été détachés, quel était le relief des Vosges à l'époque de leur translation. Questions sur lesquelles nous n'avons aujourd'hui encore que des données fort incomplètes, et que la théorie du transport par des courants ne saurait rendre moins obscures.

Notre but, en écrivant ces notes, n'est pas de rechercher les preuves de l'existence de glaciers à diverses époques ; nous nous bornerons à y étudier le terrain erratique de la période qui a immédiatement précédé l'époque actuelle, les accumulations de débris si abondamment répandus à la surface du sol et dont on attribue encore l'origine à diverses causes, tantôt à l'action exclusive ou de courants ou de glaciers, tantôt à leur action combinée, soit dans un même espace de temps, soit successivement et à différentes époques.

L'ordre suivant dans lequel nous devons procéder est tout naturellement indiqué. Nous passerons en revue les phénomènes produits par deux des principales causes actuelles, les résultats de l'action des cours d'eau et des glaciers ; puis nous chercherons ensuite, en

comparant les données recueillies et en faisant application des faits constatés, à déterminer l'origine de certains terrains superficiels, et à reconnaître, d'après la nature des effets, le genre de la cause qui a dû contribuer à leur production. Enfin, pour éviter d'entrer dans de trop longs détails, dans d'inutiles discussions, nous nous contenterons de présenter, aussi sommairement que possible, nos observations écrites, et nous exposerons les faits au moyen de croquis et de coupes, dans lesquels on pourra, d'un seul coup d'œil, nous l'espérons, retrouver tous les éléments propres à faire comprendre l'ensemble et les détails des formations erratiques.

I.

ACTION DES COURS D'EAU.

Dans le fond de la plupart de nos vallées les cours d'eau coulent sur des nappes de sables, de galets et de divers détritits soumis à des déplacements et à des remaniements incessants; ces accumulations de matériaux dans lesquelles les canaux d'écoulement se sont creusés, ont évidemment été formées par voie de *transport*, et leur position dans le fond des cavités considérées comme d'anciens lacs desséchés aujourd'hui, leurs relations exclusives avec les rivières, devaient naturellement faire présumer que ce transport s'était opéré sous l'influence

de l'action unique des eaux, et dans cette hypothèse, on les a désignées sous les noms de terrains de *transport et de comblement*, de *terrains d'alluvions*, de *diluvium*, anciens ou modernes.

On explique dans tous les traités de géologie de quelle manière ces transports et ces comblements se sont effectués, et nous avons besoin, avant d'aller plus loin, de présenter un résumé des opinions généralement accréditées à ce sujet.

L'eau répandue sur la surface de la terre, agit sur les masses minérales qu'elle pénètre et dissout, qu'elle divise et corrode, et dont elle entraîne les débris pour en former ensuite des dépôts et des terrains nouveaux. Son action incessante tend donc à modifier les formes extérieures des terrains, à dénuder les flancs des montagnes, à rejeter dans les vallées et dans les cavités les déblais arrachés aux lieux élevés, à opérer plus ou moins complètement le nivellement des inégalités de la surface du globe.

Dans tous les temps, mais surtout dans les saisons de pluies et lors de la fonte des neiges, les ruisseaux, les rivières, en un mot tous les cours d'eau charrient, en plus ou moins grande quantité, des sables, des galets, des

blocs et des détritux limoneux qui se déposent et s'accumulent vers les embouchures, près des côtes ou dans les bas-fonds, dès que la vitesse des courants se ralentit et descend au-dessous d'une certaine limite.

Les matériaux ainsi transportés subissent les effets d'un frottement continu : ils s'usent, leurs angles s'émousent, ils s'arrondissent et tendent à acquérir la forme de sphéroïdes plus ou moins réguliers; et tandis qu'ils s'arrêtent et se déposent dans toutes les parties du lit où la vitesse est trop faible, les détritux provenant de la décomposition des diverses substances charriées et tenues en suspension dans les eaux, continuent à être entraînés et vont, dans les bassins où les courants se jettent, former des nappes de sédiment.

La plupart des vallées, présentant des renflements et des étranglements, étaient, à ce que l'on présume, autrefois divisées en un certain nombre de bassins successifs, dans lesquels des lacs étaient emprisonnés; et ces lacs échelonnés à différents étages, communiquant entre eux par des cataractes, par des rapides, ont été graduellement comblés d'une manière plus ou moins complète, suivant que les barrières ont résisté plus ou moins de temps à l'action destructive des courants qui se déversaient de bief en bief, d'un bassin dans un autre.

Les dépôts formés aujourd'hui dans les lacs par accumulation des détritiques que les rivières y charrient, prennent *une inclinaison* qui varie suivant la nature des matières transportées et la profondeur des eaux ; en effet les matières les plus lourdes se déposent d'abord, et, aussitôt que la vitesse du courant a diminué, elles constituent des zones rayonnant autour d'un centre situé à l'embouchure même de la rivière et forment des couches offrant des bourrelets, des ondulations et des renflements.

Ces couches, comme celles d'un remblai que l'on exécuterait en jetant des matériaux sans cesse à partir d'un même point, prennent des pentes d'autant plus inclinées qu'elles sont réparties sur des surfaces moins étendues.

Les sables, le limon et les matières tenues en suspension, au contraire, sont poussés plus loin et se déposent lentement et par grandes nappes, dont l'horizontalité peut être souvent parfaite, et qui tendent à combler toutes les inégalités du fond du bassin, et même celles qui présentent les amas de galets.

Les torrents sont les agents de destruction les plus actifs et les plus redoutables ; les dépôts qu'ils produisent dans les vallées où ils dégorgeant, ne sont pas composés de couches stratifiées, comblant les fonds de cavités, de lacs, ou formant des nappes continues sur les

terrains peu inclinés ; ce sont des amas de matériaux jetés sans ordre, d'immenses ruines s'élevant de plus en plus au-dessus du sol qu'elles envahissent, et sur lequel elles forment des bourrelets saillants et alongés connus sous le nom de cônes de déjection, anciens ou récents.

Les eaux exercent une action continuelle sur les parois de leurs lits et sur les masses minérales exposées à leur choc ; les sables, les graviers et les galets qu'elles mettent en mouvement, facilitent l'érosion des rochers, en usent les aspérités, entament les parties les plus tendres et y creusent même, suivant les fissures, des sillons irréguliers qui se bifurquent et s'entrecroisent ; enfin, par un mouvement de rotation intermittent ou continu, ils y creusent des cavités, des bassins dont on voit tant d'exemples, et que l'on peut surtout étudier avec facilité en suivant le cours des rivières torrentueuses dont les eaux, en certains instants, diminuent de manière à laisser à découvert les rochers ainsi façonnés. (*Pl. 3. — Pl. 4, fig. 1.*)

En résumé les eaux opèrent le transport de débris détachés des masses minérales. Elles en forment des nappes de déjection diversement inclinées, affectant principalement la forme de bourrelets coniques ; en même temps les dé-

tritus qu'elles tiennent en suspension, se précipitent et constituent des couches sédimentaires, dont l'horizontalité doit être parfaite dans le fond des cavités des lacs : elles corrodent les rochers, y pratiquent des cavités, y creusent des réseaux de sillons; enfin les blocs ou les galets qu'elles charrient, s'usent, s'arrondissent et tendent graduellement à prendre la forme de sphéroïdes plus ou moins réguliers; et c'est une conséquence de leur mode de progression : ils roulent sur eux-mêmes, autour de leur centre de gravité, sans pouvoir avancer en glissant parallèlement à l'une de leur face et au plan suivant lequel ils sont placés à un moment donné.

Examinons maintenant les principaux effets de l'action des glaciers.

II.

ACTION DES GLACIERS.

Animés d'un mouvement de progression qui s'effectue dans le sens de la plus grande pente, les glaciers impriment sur les terrains qu'ils recouvrent des traces de leur puissante action. La glace, dans toutes ses parties, renferme des substances étrangères, du sable, du gravier, des galets; elle n'est jamais en contact immédiat avec les masses minérales sur lesquelles elle s'étale; mais elle en est toujours séparée par une couche de boue dont l'épaisseur augmente vers la partie inférieure, où elle forme une nappe mélangée de fragments de roches et de sables imprégnés d'eau. Cette couche mise en

mouvement par le glacier et soumise à une forte pression, corrode, use et polit la roche sous-jacente, et creuse à sa surface des stries, des sillons plus ou moins profonds, toujours dirigés dans le sens de la marche du glacier; mais quelquefois ces stries s'entrecroisent et leur parallélisme se trouve altéré lorsque le glacier éprouve latéralement quelques déviations.

Sur les parois latérales, les stries sont généralement horizontales, ou parallèles au plan incliné de la surface de la masse de glace; mais elles se redressent et se rapprochent souvent même de la verticale, pour s'incliner ensuite de nouveau chaque fois que le glacier rencontre soit un étranglement de la vallée, soit un obstacle qui le forcent à se relever puis à redescendre pour continuer sa marche.

Toutefois les résultats de cette action ne sauraient être les mêmes dans tous les cas et sur des masses minérales, de composition, de structure et de dureté différentes. Les roches tendres ou feuilletées sont broyées et démolies sous cette puissante pression; les roches dures résistent, mais leurs aspérités disparaissent, leurs surfaces exposées au choc s'arrondissent, reçoivent un poli souvent parfait et se recouvrent de stries tandis que vers l'aval les parois abruptes qui ne sont pas exposées au contact de

la glace, conservent leurs aspérités et leurs formes accidentées.

(1) « Les blocs de diverses dimensions engagés entre le glacier et la surface des rochers, sont fortement pressés, broyés et triturés ; la plupart sont réduits en un limon impalpable qui forme la couche de boue sur laquelle il repose. Tous leurs angles s'émoussent, toutes leurs arêtes s'effacent et ils prennent la forme de cailloux arrondis ou présentant des facettes inégales résultant d'un frottement prolongé. Si la roche est tendre comme les calcaires, alors non-seulement le cailloux est arrondi, mais il offre une foule de stries entrecroisées dans tous les sens. Le glacier seul a le pouvoir de façonner, d'user et de strier ainsi ces cailloux ; l'eau les polit et les arrondit, mais elle ne les strie pas. Il y a plus, elle efface les stries burinées par les glaciers. »

Les matériaux provenant de la destruction des massifs qui entourent un glacier, tombent à sa surface, sont entraînés et suivent son mouvement de progression : ce sont les principaux éléments des moraines, dont on reconnaît plusieurs genres, savoir :

(1) Ch. Martins.

1° Les moraines latérales, formant sur les rives des glaciers de longues traînées de blocs, de débris, alimentées par des éboulements successifs; ces moraines sont tantôt simples quand elles sont produites par des avalanches provenant d'un couloir unique, tantôt composées et divisées en plusieurs bourrelets, lorsque les éboulements proviennent de différents points;

2° Les moraines médianes, disposées longitudinalement vers le milieu du glacier et résultant de la jonction de deux glaciers de puissance à peu près égale. Au pied du promontoire (*Abschwung*) du massif séparant les deux glaciers, les moraines latérales se joignent, la moraine droite de l'un s'appuie contre la moraine gauche de l'autre, et elles se confondent bientôt en une seule, pour former la moraine médiane de la région du glacier où les deux affluents se trouvent réunis;

3° La moraine terminale ou frontale résultant de l'accumulation des matériaux des deux premières, parvenus à l'extrémité inférieure du glacier, et tombés au pied du talus terminal, en avant duquel elle forme une digue concentrique à cette extrémité. Elle repose soit sur le fond de la vallée, soit sur la moraine profonde dont nous allons parler;

4° Enfin la moraine profonde, comprenant

la couche de sable et de cailloux ou galets qui supporte le glacier et le sépare du roc sous-jacent, et se nivelle sous l'action de ce puissant rouleau compresseur.

C'est M. Ch. Martins qui a remarqué ce quatrième genre de moraine et qui l'a indiqué dans un remarquable mémoire. (*Revue des deux mondes*, 1847.) Avant lui il ne semble pas qu'on s'en soit beaucoup préoccupé, et que l'on ait ensuite pensé à le rechercher en dehors des limites des glaciers, c'est-à-dire au delà des moraines frontales. Cependant les observations que nous avons eu occasion de faire pendant notre dernier séjour dans les Alpes, en confirmant les conjectures que nous avons exposées en 1847, nous ont mis à même de constater certains faits dont nous pourrions utilement faire application dans nos recherches sur le terrain erratique et sur l'origine de certains dépôts attribués à l'action des eaux courantes, et nous ont démontré la nécessité d'apporter à cette partie de l'étude du régime des glaciers une attention toute particulière.

La moraine profonde, pendant une grande partie de l'année, est imprégnée d'une certaine quantité d'eau qui favorise le déplacement des matériaux dont elle se compose. Et les galets pressés et poussés en avant dans des sables

humides, perdent souvent leurs stries, et tendent à prendre un poli plus complet et plus parfait.

Ils tendent en même temps à s'arrondir ; mais comme ils sont renfermés dans les détritits et que la couche est comprimée par la masse du glacier, ils ne sauraient avancer librement et rouler comme ils le feraient dans un courant assez rapide pour les transporter. Aussi doit-on s'attendre à rencontrer dans la moraine profonde des galets de formes très-variées, dont nous allons d'abord rechercher et noter les types principaux.

Si les cours d'eau ont la propriété d'arrondir et de polir les galets, les glaciers ne la possèdent pas moins. (*Pl. 5, fig. 1.*) Et les galets arrondis et polis, sphéroïdaux ou ovoïdaux, que nous avons recueillis sous les glaciers du Rhône, de l'Aar, et de tous ceux que nous avons visités, nous prouvent que la présence de cette espèce de galets est loin d'être suffisante pour faire attribuer exclusivement à l'action des eaux le dépôt qui les renferme, puisqu'ils appartiennent à des terrains formés sous l'influence de deux causes bien distinctes.

Les galets striés, si bien décrits par divers auteurs, et qui appartiennent incontestablement et exclusivement aux glaciers seuls, ne se re-

trouvent pas toujours dans les nappes glaciaires qui ont subi pendant un certain temps l'action des eaux. Aussi ne doit-on pas s'attendre à les retrouver toujours dans les anciennes formations erratiques, où leur présence permettrait d'ailleurs de déterminer trop facilement l'origine des dépôts que nous nous proposons d'étudier.

Mais si les galets peuvent perdre très-facilement et assez promptement leurs stries, il n'en n'est pas de même de certains autres caractères non moins saillants qu'ils conservent, même après quelques altérations, et que, dans les nappes immergées et découpées par des cours d'eau, il sera toujours possible de trouver.

Indiquons quelques-unes des formes de ces galets. (*Pl. 5.*)

Les galets ovoïdaux aplatis, sorte de disques souvent très-minces, ayant leurs grandes surfaces convexes, planes ou concaves, un contour irrégulier ellipsoïdal ou polygonal, avec angles émoussés et des facettes latérales (*Pl. 5, fig. 3, 4, 5.*), dispositions dans lesquelles on ne saurait méconnaître les résultats de frottements successifs, prolongés dans un même sens, et entièrement opposées à celles que ces galets auraient acquises s'ils avaient été soumis à un mouvement de rotation ;

Les galets ovoïdaux imparfaits avec une surface plane ou pan coupé ;

Divers polyèdres à angles émoussés, à surfaces planes, concaves ou convexes ;

Et enfin des galets ayant une ou plusieurs faces frottées et polies, d'autres brutes ou n'offrant que quelques points frottés, des angles émoussés légèrement et d'autres complètement rabattus ou arrondis.

Et l'on n'en finirait pas si l'on voulait énumérer toutes les variétés de formes qu'affectent les galets glaciaires qui tous, à l'exception des cailloux arrondis, diffèrent essentiellement des cailloux que d'habitude on croit façonnés par les eaux ; aussi pour éviter des détails inutiles en ce moment, et que nous serons forcés de reproduire ailleurs, nous terminerons ce résumé écourté de l'action des glaciers, par l'observation suivante.

Les eaux arrondissent et polissent les galets. Les glaciers les arrondissent, les polissent, les strient, et leur impriment diverses formes caractéristiques que non-seulement les eaux ne peuvent imprimer aux cailloux qu'elles entraînent, mais qu'elles tendent même à détruire et qu'elles parviennent même quelquefois à leur enlever.

III.

APPLICATION DES OBSERVATIONS QUI PRÉCÈDENT DANS L'ÉTUDE DE QUELQUES PORTIONS DU TERRAIN ERRATIQUE DE LA SUISSE.

Les montagnes des Vosges , à une certaine époque , ont eu leurs glaciers ; c'est un fait acquis , constaté , et qu'il a bien fallu admettre en présence des preuves matérielles , irrécusables que ces glaciers ont imprimées sur le sol d'une partie du département.

Les blocs erratiques , les moraines latérales , les moraines frontales , les roches polies et striées , les galets glaciaires , frustes ou striés , de formes caractéristiques ont été étudiés et

décrits ; et ceux des membres de la Société géologique de France , qui ont visité les Vosges en 1847, ont pu vérifier ce que nous avons dit à cet égard , et reconnaître non-seulement des traces d'anciens glaciers , mais encore se convaincre du développement considérable que le phénomène erratique avait pris dans la région des montagnes.

Mais à partir des moraines frontales , les plus avancées dans les vallées , il semblait que l'on était parvenu aux limites extrêmes de ces anciens glaciers ; au delà , les nappes de sables et de galets n'étaient plus pour nous que des *nappes de comblement* , et il semblait que l'on touchait à une nouvelle région dans laquelle l'eau seule avait pu exercer son action. Entre ces moraines on croyait reconnaître les traces d'anciens lacs retenus par des barrages successifs : des nappes de galets indiquaient le fond de ces bassins dans lesquels venaient se reposer les torrents alimentés par les glaciers et chargés de détritrus et de matériaux qu'ils abandonnaient en perdant leur vitesse. Et nous avions là encore des exemples de dépôts de comblement formés par les eaux.

Et cependant ces nappes parfaitement nivelées font partie intégrante , essentielle du terrain erratique ; ce sont *les moraines profondes* que

nous n'avions pas encore su deviner, et que nous ne pouvions d'ailleurs reconnaître définitivement, qu'après une nouvelle étude des moraines profondes en voie de formation. C'est de cette partie du terrain erratique principalement que nous devons nous occuper aujourd'hui. Mais avant d'aborder cette question, nous avons besoin de rechercher d'abord si, dans les vallées des Alpes, nous ne trouvons pas des faits dont la connaissance puisse nous guider plus sûrement dans nos appréciations.

La moraine profonde s'étend sous le glacier, et elle le déborde chaque fois qu'il vient à se retirer; son développement doit naturellement varier en raison des formes de la vallée dont elle opère le comblement. Dans un vaste cirque, quand le glacier peut s'étaler, elle forme une nappe ayant sensiblement la même inclinaison longitudinale que le sol sous-jacent; mais dans les défilés, dans les passages où se présentent une ou plusieurs chûtes, quand le glacier se divise par tranches qui tombent successivement pour se remanier ensuite, la moraine profonde cesse de former une nappe continue, et elle est bouleversée et découpée comme le glacier lui-même. Et cette disposition serait absolument la même dans le cas d'un comblement par les eaux, les matériaux transportés seraient abandonnés

dans les bassins et disposés en nappes offrant des caractères propres, tandis qu'ils ne pourraient s'arrêter dans les chûtes pour envelopper et recouvrir le sol accidenté, quelques débris seulement se fixant dans les fentes et dans les anfractuosités des rochers.

Il y a toujours contact entre la moraine frontale et la moraine profonde : si un glacier s'avançait brusquement sur un terrain dépouillé de débris erratiques, la moraine frontale ne la toucherait que par son bord intérieur; mais malgré la tendance des glaciers actuels des Alpes à prendre une nouvelle extension et à envahir de nouveau leurs lits abandonnés, comme ils sont tous renfermés dans des limites au delà desquelles s'étendent les immenses domaines qu'ils occupaient autrefois, et dont ils se sont graduellement retirés, nous pouvons à chaque pas vérifier les relations de ces deux genres de moraines et constater que l'une forme la base sur laquelle l'autre repose.

Cette superposition est très-visible au glacier du Rhône. (*Pl. 5, fig. 2.*) La moraine frontale actuelle s'appuie en outre à l'aval sur une digue vers laquelle le glacier se reporte de nouveau et qu'il tend à renverser; et ce nouvel envahissement est parfaitement apparent; en effet, le plan incliné recouvert de végétation du côté d'aval

de l'ancienne moraine était relevé verticalement (le 16 août 1848), et les tiges de divers arbrisseaux, aulnes, rhododendrum et genévriers étaient horizontales ou déjà inclinées vers l'aval. Au delà de cette moraine renversée en partie, on en compte encore quatre autres parfaitement bien conservées et toutes concentriques au bord du glacier; le terrain compris entre chacune de ces digues circulaires est évidemment l'ancienne moraine profonde successivement abandonnée; et nous avons là sur une petite échelle et sur un terrain peu étendu, un exemple de ces bassins successifs, à fonds plats, séparés par des moraines frontales, que nous retrouverons plus en grand dans les vallées des Vosges.

Au glacier de l'Unter-Aar la moraine frontale est simple. (*Pl. 6.*) En avant s'étend une nappe de galets, interrompue au passage du premier pont de l'Aar, et que nous retrouvons de nouveau dans le cirque sous le Grimsel, et dans ceux de Raeterichsboden, d'Im-Grund, (*Pl. 7, fig. 1 et 2.*) de Meyringen, etc., et beaucoup plus bas encore, jusque dans la grande vallée du Rhin, à partir de Bâle et bien au delà de Strasbourg. Quelles sont les relations de cette nappe avec l'action glaciaire? A-t-elle été formée en partie par le glacier lui-même, en partie par les eaux qui s'en échappent, dans le

régime actuel, ou qui, à une certaine époque, par suite d'une fonte subite, se seraient précipitées dans la vallée en torrents diluviens? L'examen des lieux semble indiquer tout d'abord que les courants n'ont pu exercer qu'une action fort secondaire dans le transport des matériaux dont elle se compose; que l'hypothèse de courants violents, à un moment donné ou pendant une certaine période d'années, ne semble pas admissible; et quand on se livre à l'étude de détail de cette nappe, on est naturellement amené à reconnaître la *moraine profonde* de l'ancien glacier.

En effet, dans le vallon de l'Hospice, au pied même du glacier actuel, la nappe s'étend sur toute la largeur de la vallée. (*Pl. 6.*) Elle est nivelée transversalement et longitudinalement; elle présente un grand plan incliné sur lequel un puissant cylindre a dû exercer son action. On ne rencontre dans tout cet espace aucune trace de bourrelets, de cônes de déjection qui puissent rappeler l'action de torrents sortis du glacier, s'épanchant sur un terrain libre, ou se jetant dans un bassin. Entre le talus terminal et le pont de l'Aar, on voit plusieurs massifs de rochers dont les surfaces d'amont et latérales sont polies et striées. A l'amont, sur les côtés, et à l'aval, la nappe est également

régulière, disposition entièrement opposée à celle qu'offrirait un terrain de comblement déposé par un torrent qui serait venu frapper contre ces massifs, et aurait agi, dans leur voisinage, comme les rivières agissent sur les piles des ponts qui entravent leurs cours.

Un peu plus bas, dans les cirques du Grimsel et de Raeterichsboden, les bassins ont, à chacune de leurs extrémités et à l'amont principalement, des canaux fort étroits encaissés dans des rochers (*Pl. 6 et pl. 7.*); les eaux franchissant ces défilés, avec une vitesse qui devait diminuer progressivement dans la traversée de ces cirques très-élargis vers leur milieu, auraient agi comme de coutume en formant des nappes irrégulières et sans doute plus élevées vers l'axe du cours d'eau que sur les rives.

Dans le premier de ces cirques, le comblement aurait dû remonter vers l'amont, puisque le bassin s'évase dans cette direction à droite, tandis que, dans le second, l'évasement existe vers la gauche. Ici encore, nous retrouvons un nivellement transversal qui doit nous forcer à chercher dans une autre cause l'explication de ce fait. Et il y a plus, nous remarquons ici pour la première fois, les rudiments de terrasses parallèles aux bords des bassins et de plus en plus élevées à partir du thalweg jus-

qu'aux rives, disposition dont nous avons inutilement cherché des exemples dans les bassins où les eaux agissent journellement sous nos yeux. Enfin le bassin est partiellement fermé à l'aval sur la rive gauche par une moraine frontale reposant sur la nappe de comblement, relation qui ne laisse aucun doute sur l'origine erratique du dépôt inférieur.

Dans ces terrasses on a vu des preuves de l'action de courants dont les lits, d'abord très-larges, se sont successivement réduits, de ces courants qui avaient la singulière propriété de combler et de se creuser ensuite des canaux d'écoulement dans les dépôts qu'ils avaient formés.

Mais si l'on veut bien prendre la peine de remarquer le régime des torrents au sortir des glaciers, on ne tardera pas à renoncer à cette explication; et l'on reconnaîtra que leurs lits ouverts dans la moraine profonde, loin d'offrir des rives parallèles, sont irréguliers et présentent à chaque instant des élargissements, des étranglements, des sinuosités sans nombre, et que sur un plan vertical la ligne de leurs thalwegs offre une série de renflements et de dépressions qu'on retrouverait latéralement sur la nappe de comblement, si elle représentait une masse de déjections produites par l'action seule des eaux.

Le fond du bassin d'Im-Grund est comblé de la même manière; mais le glacier, après avoir abandonné sa moraine frontale sur les rochers du Kirchet, est venu à leur pied en former une nouvelle, dont une partie est très-bien conservée sur la rive gauche de la coupure étroite par laquelle s'échappe le torrent de l'Aar; et cette moraine repose incontestablement sur la nappe de comblement. (*Pl. 7, fig. 2 et pl. 8, fig. 2.*)

Cette nappe, en voie de formation quand le glacier s'étendait beaucoup plus loin, n'a pas dû varier depuis qu'elle a été abandonnée; et sa surface régulière aussi bien que la moraine frontale qu'elle supporte à l'aval, n'indiquent-elles pas que le glacier s'est retiré lentement et graduellement, sans qu'il y ait eu de ces débâcles, de ces fontes subites au moyen desquelles on expliquait le transport des blocs et des galets composant les nappes dont nous nous occupons. La masse énorme de blocs et de détritrus accumulés à l'amont, à l'entrée même de la gorge du Hasly, ainsi que les matériaux de la moraine profonde de la vallée d'Urbache qui se termine par un escarpement vers l'amont du cirque, auraient été entraînés dans le bassin d'Im-Grund par une de ces débâcles; et si la moraine du Kirchet n'avait pas été atteinte par

les eaux, la moraine frontale du pied intérieur du barrage eut été recouverte ou entraînée; enfin, au lieu de cette surface régulière, nous aurions, contrairement à ce qui existe, un cône de déjection énorme, à en juger d'après le volume des dépôts aux dépens desquels il aurait dû se former.

On admet généralement que le comblement des bassins inférieurs, jusqu'à la grande vallée du Rhin, s'est opéré dans le sein et par l'action des eaux. Mais malgré mon vif désir d'accepter cette explication, il me semble pourtant qu'elle est loin de faire cesser mes doutes et mes incertitudes, et qu'au lieu de rendre la question moins obscure, elle ne peut que la compliquer et qu'en rendre la solution moins satisfaisante.

En effet, en laissant même de côté pour un moment les dépôts erratiques ou diluviens jetés sur des plateaux assez élevés au-dessus du fond de ces bassins, je ne puis comprendre le mécanisme du transport par les eaux des galets de la vallée de l'Aar dans les environs de Berne, par exemple; et nous cherchons inutilement à deviner comment ils ont pu franchir les lacs de Brienz et de Thun sans s'y arrêter! Il faudrait donc admettre que ce comblement s'est effectué quand le glacier de l'Aar occupait encore l'emplacement de ces deux lacs. Mais après sa retraite, et

quand il couvrait encore la vallée du Hasly, le comblement des cirques de Meyringen et d'Im-Grund aurait dû commencer à se former, et, par suite de causes inconnues, s'arrêter à la tête du dernier lac, qu'il n'était pas destiné à combler, et passer par Im-Grund en laissant intacte la moraine frontale de ce dernier bassin, où il pouvait très-facilement s'arrêter, ce qui n'a pas eu lieu. Ou bien le comblement était-il complet quand le glacier s'est avancé vers Berne et Thun, et quand, en se retirant, il laissait des moraines sur ce comblement? Mais alors les courants auraient précédé la retraite des glaciers; et où trouverons-nous donc les sources de ces fleuves qui auraient recouvert la plus grande partie des plateaux entre la chaîne des Alpes et le Jura Bernois?

On a, à la vérité, une explication toute prête. Il y a eu, nous a-t-on dit, des redressements, des enfoncements de certaines parties du sol; mais le bassin d'Im-Grund était creusé avant ces dernières secousses: et comment n'a-t-il pas été comblé en premier lieu? ou s'il l'était, comment ensuite s'est-il creusé avec cette régularité de pentes longitudinale et transversale, qui ne peut être que le résultat des efforts d'un immense cylindre compresseur? l'explication donnée ne saurait donc nous satisfaire. Et hâtons-

nous de terminer cette inutile digression, pour revenir à l'examen des faits.

Nous avons un moyen tout naturel d'éviter de nous jeter dans ces discussions hypothétiques, c'est d'étudier les nappes elles-mêmes, leurs dispositions extérieures et leurs éléments. Les galets qu'elles renferment ont-ils été façonnés par les eaux, ou par les glaciers? des galets glaciaires transportés par des courants à de grandes distances auraient-ils perdu leurs caractères distinctifs? Et les nappes dont il est question ressemblent-elles en rien à des déjections torrentielles, ou même à des dépôts que les rivières jettent dans certains bassins? Telles sont les questions que nous devons examiner avant d'aller plus loin.

Le sol de la plaine de la Suisse est recouvert d'un dépôt stratiforme de gravier et de sable qui atteint parfois une épaisseur d'environ 40 mètres (1). C'est ce que l'on considère comme le diluvium (alluvions anciennes); et c'est dans ce dépôt, et même plus profondément, que *les rivières actuelles* auraient creusé leurs lits, en laissant des terrasses superposées comme pour indiquer les époques de repos et celles de travail.

(1) E. Desor; *Excursions dans les Alpes*. 1845.

Ces puissantes masses de gravier sont recouvertes par un diluvium plus récent souvent sans stratification, contenant des galets grands et petits, et des blocs enfoncés dans une argile sableuse. C'est le terrain erratique ou glaciaire de MM. de Charpentier, Agassiz et autres.

Or, si ce dernier en totalité ou en partie appartient aux dépôts erratiques, le premier sans nul doute devrait lui être également assimilé et rapporté. En effet, ces alluvions anciennes ou récentes sont stratifiées ou plutôt stratiformes. Elles renferment des galets dont les formes ne semblent pas être différentes dans l'une et dans l'autre; et c'est je crois bien à tort que l'on a indiqué, comme caractère essentiel de la première, la présence exclusive de *galets toujours arrondis*.

Dans les environs de Berne, sur les plateaux que franchit la nouvelle route de Soleure, arrêtons-nous sur un point quelconque; nous retrouverons - là des alternances irrégulières, des lits entrecroisés de sables, de galets, d'argile sableuse renfermant des blocs et des galets évidemment glaciaires, arrondis, ou anguleux, à angles émoussés, à surfaces planes et polies, et l'argile sableuse en veines irrégulières offrant tous les caractères de la boue des glaciers, lorsqu'elle n'a pas été lavée ou entraînée par

des eaux courantes; mais surtout ces disques aplatis très-alongés et très-minces, dont les formes ne semblent pas indiquer des galets roulés et arrondis par suite d'un long trajet dans le cours d'une rivière. Et dans ces deux dépôts encore, nous retrouvons dans les galets toutes ces formes variées que les glaciers seuls impriment aux matériaux soumis à leur action, tandis que dans l'hypothèse d'un transport par les eaux on ne devrait y rencontrer que des galets arrondis plus ou moins parfaitement, enfin des cailloux roulés et non des fragments *frottés*. (Pl. 12.)

Si l'on admet qu'entre la chaîne de l'Oberland, le Jura Bernois, la Forêt-Noire et les Vosges, il existait autrefois un immense bassin bordé en partie par les collines de la Molasse et dans lequel un dépôt considérable de comblement a eu lieu, il faut admettre aussi que ce bassin était un lac dans lequel les rivières des vallées actuelles venaient verser leurs eaux chargées de détritrus, de galets, et même de blocs : ce qui se passait alors, sur une très-grande échelle, ne pouvons-nous pas nous le figurer en étudiant l'action des eaux dans un bassin moins étendu? Les effets seront moins grands, mais ils seront relativement les mêmes, à moins que les lois naturelles n'aient été modifiées depuis l'époque nommée diluvienne.

L'Aar, à ce que l'on dit, charrie une énorme quantité de détritrus et de galets, et il suffit de jeter les yeux sur ses eaux boueuses pour comprendre que cette assertion est vraie en ce qui concerne les détritrus ; nous savons d'ailleurs par les expériences de M. Dolfuss-Ausset, qu'elles tiennent en suspension, au sortir du glacier, une quantité de sable fin évaluée, dans le courant d'août 1844, à 140 mètres cubes par 24 heures (soit par kilomètre carré de surface du glacier, 9 mètres cubes de sédiment *sec* par 24 heures, en été).

Mais en ce qui concerne les galets, l'assertion me paraît fort hypothétique.

Au sortir de la voûte du glacier, ce torrent roule avec tant de bruit sur les galets de la moraine profonde, qu'on serait tenté de croire à une prochaine destruction de la nappe. Et cependant l'action des eaux doit être beaucoup moins importante qu'on ne le suppose, à en juger d'après l'état de leur lit qui varie fort peu en profondeur et en largeur; dans les bassins inférieurs du Grimsel, de Raeterichsboden, on ne remarque aucune trace des cônes de déjection qu'on devrait s'attendre à y rencontrer, s'il y avait une quantité notable de galets charriés; les rochers de la chute de la Handeck (1)

(1) E. Desor ; *Excursions*. 1844, p. 261.

loin d'être arrondis et usés comme ils devraient l'être sous le choc des eaux et des galets, sont au contraire en grande partie anguleux. Enfin il y aurait, soit dans le cirque d'Im-Grund, soit à Meyringen, soit à l'entrée du lac de Brienz, quelques indices de dépôts qu'on n'y rencontre pas.

Le delta du lac s'allonge évidemment; les détritrus s'accumulent principalement dans le petit golfe compris entre son extrémité et la rive du lac, et par suite ce delta prend sensiblement de l'extension, mais en formant une nappe conique très-déprimée et inclinée vers l'aval. Supposons toutefois que l'Aar puisse entraîner des galets dans le lac sans en abandonner dans les cirques de la haute vallée, et que ce transport soit assez considérable pour opérer le comblement d'une partie du bassin. Il y formerait évidemment une nappe conique allongée, dont l'arête supérieure serait dans l'axe du courant; dans le même temps le torrent principal de Brienz, ainsi que tous les torrents secondaires de la rive droite, ne cessant pas d'agir et se jetant dans le lac à peu près à angle droit sur l'axe du bassin, on aurait à l'amont et latéralement des nappes de déjection qui viendraient s'entrecroiser; le tout entremêlé de couches de détritrus déposées par voie de

sédiment, pourrait sans doute à la longue remplir la dépression actuelle : mais quand le lac aurait disparu, et quand ce comblement serait mis à sec, offrirait-il l'aspect de ces bassins de l'Aar, du Grimsel, de Meyringen ? non assurément ; et les eaux en agissant sous nos yeux, nous démontrent, par les effets mêmes de leur action, qu'il faut chercher ailleurs les causes du nivellement des nappes dont nous recherchons l'origine. (*Pl. 7, fig. 3.*)

Entre les lacs de Brienz et de Thun, nous retrouvons une nappe comme à l'amont du premier bassin ; (*Pl. 8, fig. 1.*) vers le milieu de son étendue, à gauche en face d'Interlacken, la lutschine sort des gorges de Lauterbrunen ; ce cours d'eau, dont la branche principale sort des glaciers de Grindelwald, bouleverse leurs moraines profondes dans le voisinage du glacier inférieur principalement ; elle déplace les galets et en forme des bourrelets alongés, mais elle n'est pas parvenue à détruire les caractères du comblement, dont la masse demeure réglée longitudinalement et transversalement. Dans la vallée d'Interlacken, le sol au confluent de la vallée ne présente pas de renflement ; le cylindre compresseur en s'avancant a dressé la surface du terrain ; et là encore s'il y avait eu transport par les eaux, le sol

aurait une disposition tout opposée, on y reconnaîtrait les cônes de déjection de l'Aar et de la lutschine.

Au-dessous du lac de Thun, la régularité de la nappe profonde n'est pas interrompue : elle se rattache par des terrasses aux dépôts des plateaux qui la dominant, et qui évidemment appartiennent au même phénomène. Leur séparation ne saurait plus être motivée sur des différences qui n'existent pas dans les formes des matériaux dont les uns et les autres se composent ; ils sont tous erratiques : et s'ils sont placés à divers étages, c'est que le terrain était ainsi disposé quand ils ont été formés. Les vallées étaient ouvertes quand leur comblement a eu lieu, l'agent qui l'a opéré avait sa direction naturellement indiquée par ces dépressions, et il l'a suivie sans pouvoir s'en écarter. Mais quel était cet agent ? était-ce un torrent, une rivière, un fleuve ? Est-il encore possible de douter, quand les effets nous révèlent une autre cause et en présence de dépôts offrant dans leurs détails et dans leur ensemble tous les caractères essentiels des formations erratiques, et des dispositions entièrement opposées à celles que les eaux impriment aux terrains résultant de leur action exclusive ?

De Berne à Meyringen, la vallée offre un

grand plan incliné régulier ; et la nappe profonde n'a d'autres inflexions qu'aux emplacements des deux lacs de Thun et de Brienz : ces dépressions résultent soit d'enfoncements, soit d'une action locale de l'ancien glacier ; mais quelle que soit l'explication adoptée, les parties conservées de la nappe ne se rattachent pas moins à un plan uniforme, et non à des bassins successifs et étagés ; et sur une pareille étendue de terrain, comment un courant principal et à chaque instant grossi par des affluents, aurait-il pu produire cette nappe régulière, dont les bords ne sont pas plus élevés que le milieu entre le Kirchet, à l'amont de Meyringen, et les hauteurs du Belpberg, au-dessous de Thun ? Comment rendre compte de ce fait tandis que les causes actuelles, agissant incessamment sous nos yeux dans la même contrée, produisent des effets entièrement différents, dont il faudrait ne tenir aucun compte, si l'on voulait persister à trouver ici un exemple de comblement produit par les eaux ?

Cependant les deux dépôts du diluvium ancien et du diluvium moderne, que l'on n'a séparés que pour compléter une série imaginaire des terrains superficiels, offrent une sorte de stratification que l'on considère comme une preuve irrécusable du concours de l'eau dans leur

arrangement, dans leur formation ; et le peu de régularité des lits, leurs renflements, leurs contournements, semblent indiquer un travail irrégulier intermittent des cours d'eau, tantôt calmes, tantôt impétueux. Et c'est précisément ce qui se passe dans les moraines profondes, dans toutes les parties du terrain erratique où l'action de l'eau se combine avec celle du glacier.

« Dans la région des glaciers on voit souvent des fonds plats recouverts de fin sable disposé en couches régulières (1). Or, comme le glacier lui-même n'occasionne jamais de dépôts stratifiés, on est nécessairement conduit à attribuer cette disposition à l'action de l'eau. En effet, il n'est pas rare de voir de petits lacs périodiques se former dans les anses des vallées le long des flancs des glaciers. Ce phénomène, quelque insignifiant qu'il paraisse au premier abord, mérite cependant d'être pris en considération, parce qu'il est une réponse à l'objection que l'on pourrait tirer, contre la théorie des glaces, de la présence de pareils dépôts stratifiés au milieu *des anciennes moraines*, situées à de grandes distances des glaciers actuels. »

La quantité d'eau qui s'échappe du glacier de l'Aar, par exemple, est de près de 2,000,000

(1) E. Desor. *Excursions*, 1844, p. 205.

de mètres cubes par 24 heures en certains instants de l'année, et elle varie à d'autres époques de 6 à 500,000 mètres cubes. Cette eau provenant de la fonte et des sources, pénètre la moraine profonde, favorise le classement des matériaux et, sous la pression du glacier, contribue efficacement au nivellement et à un arrangement stratiforme des galets et des détritits. L'observation directe des effets actuels nous révèle encore le mécanisme des formations résultant de la même cause hors des limites, où son action s'exerce aujourd'hui, et nous démontre qu'il y a eu concours combiné de l'eau et de la glace.

Les travaux exécutés par les glaciers sont immenses : ils usent, strient et polissent les rochers qui les encaissent ; ils transportent les matériaux que des éboulements jettent à leur surface, sur leurs bords, ou qui tombent entre la glace et les parois des rochers ; ils façonnent les blocs et les galets, ils en réduisent une partie en une couche de boue plus ou moins sableuse ; enfin ils ont seuls la propriété, avec le concours des eaux, de former des nappes régulières dont les surfaces sont réglées longitudinalement et transversalement, suivant des plans réguliers ou disposés par étages successifs. Et si l'on voulait se faire une idée de la masse et de la

puissance des anciens glaciers des Alpes, il suffirait de se rappeler qu'autrefois le glacier du Rhône, non-seulement comblait le Valais, mais qu'il payait aussi son tribut aux glaciers de l'Aar, auxquels il venait se réunir en franchissant le faite de la Meyenwand, et le dos de la montagne de Saas élevée à 2,500 mètres, c'est-à-dire à plus de mille mètres au-dessus de la base actuelle du glacier aux sources du Rhône.

Les eaux, sur ces nappes abandonnées, creusent leurs lits, déplacent des galets, entraînent les parties les plus ténues, et quelquefois même des galets ou des blocs; elles tendent à détruire l'harmonie et les formes premières des dépôts erratiques; mais les déplacements qu'elles opèrent, les atterrissements qu'elles abandonnent, les formes de leurs déjections, les altérations qu'elles apportent dans les formes des galets glaciaires, en un mot tous leurs effets propres et bien constatés, comparés aux effets des glaciers, nous démontrent que s'il y a eu *concours* de l'eau dans l'arrangement des dépôts attribués à des débâcles, à des courants diluviens, l'agent principal du transport, du nivellement des nappes et du façonnement de leurs éléments constitutifs, était évidemment la glace.

L'étude détaillée des dépôts, dont nous venons de tracer à la hâte une esquisse fort incomplète, ne saurait amener les observateurs à admettre des conclusions opposées à celles que nous formulons et que nous avons besoin d'indiquer sommairement avant d'arriver au but principal de ce mémoire, la description des moraines profondes du système des Vosges.

IV.

ÉTENDUE DU TERRAIN ERRATIQUE DES VOSGES.

A l'époque où les Vosges avaient leurs glaciers, ceux de la Suisse et du Jura s'étendaient au loin et se développaient dans le bassin du Rhin entre nos montagnes et la Forêt-Noire. Les glaciers du versant oriental de la chaîne venaient se jeter dans cette immense mer de glace; ceux du sud et de l'ouest descendaient du faite de la petite chaîne, vers la Haute-Saône et la Haute-Marne; dans l'intérieur et au nord, ils suivaient la direction des vallées, mais au delà d'une ligne sinueuse enveloppant une partie de la Saône, du Coney et du Madon,

nous n'en n'avons jusqu'ici retrouvé aucune trace.

En 1845, le terrain erratique nous paraissait renfermé dans des limites beaucoup plus étroites; au midi la moraine terminale de Giromagny semblait marquer le point le plus avancé des glaciers des ballons d'Alsace et de Comté : à l'est on pensait qu'ils s'étaient arrêtés au pied des montagnes; et dans l'intérieur, au-dessous d'une ligne passant par Saint-Dié, Jussarupt et Saint-Nabord, les dépôts de comblement étaient pour nous des formations dues à l'action exclusive des eaux qui, en s'échappant des glaciers pendant une longue période d'années, entraînaient les menus matériaux, dans les circonstances ordinaires, et les blocs lors des crues produites par la fusion accidentelle et subite d'une partie des massifs de glace. Et c'était une grave erreur que nous nous hâtons de signaler et que nous allons chercher à rectifier aujourd'hui.

V.

MORAINES PROFONDES.

En cherchant à grouper sur une carte les dépôts superficiels, nous nous étions bien aperçus des relations intimes des moraines avec les nappes *alluviales* ou *de comblement*, dont on ne voit d'exemples qu'à l'aval des massifs erratiques, auxquels les eaux paraissaient avoir arraché les matériaux dont ces nappes sont formées pour les étaler, non-seulement dans le fond des vallées, mais encore sur des plateaux assez élevés.

Dans le fond des vallées, une sorte de stratification, quoique fort irrégulière, un prétendu triage des matériaux, la régularité des nappes

faiblement inclinées et à surfaces réglées transversalement, étaient des preuves de l'action des eaux; mais ce qui devait surtout donner à cette manière d'expliquer le comblement, une apparence de probabilité, c'était principalement la forme générale des galets que, par habitude, nous ne manquions pas de voir tous arrondis plus ou moins parfaitement, absolument comme on voyait les galets du diluvium de la Suisse. Et pendant de longues années, le lit de la Moselle, qui est là sous nos yeux, ne nous a pas paru renfermer d'autres galets.

Le pavé de la ville d'Épinal, formé de cailloux tirés du lit de cette rivière, nous offrait cependant à chaque instant une grossière mosaïque dans laquelle on voit les contours les plus variés et des sections qui n'appartiennent pas aux formes supposées des fragments de roches façonnés par les eaux: mais nous y avons à peine pris garde, et avant de reconnaître notre erreur, nous avons besoin d'étudier de nouveau le terrain erratique en voie de formation.

Aujourd'hui nous sommes arrivés à une opinion entièrement différente, et que nous allons émettre avec d'autant plus de confiance qu'elle ne résulte pas d'investigations ou de combinaisons systématiques, et que notre conviction ne s'est

établie que sur des faits, et qu'après avoir procédé du connu à l'inconnu.

Toutes les nappes dites de transport et d'alluvions, composées de sables et de galets, situées dans les vallées à l'aval des premières moraines frontales conservées, appartiennent au terrain erratique. Et le transport des matériaux constituant ces nappes a été effectué par des glaciers et non par des cours d'eau.

Les moraines frontales ont-elles été coupées et démantelées par des courants sortis des glaciers et qui ont dispersé et étalé leurs débris sous formes de nappes de comblement? Nous le pensions encore en 1847 lors de la session extraordinaire de la Société géologique de France dans les Vosges. Mais à l'appui de cette assertion, nous n'avions d'autres preuves à invoquer que le nivellement des nappes et la forme des galets que nous supposons arrondis plus ou moins complètement. Plaçons-nous à la moraine du Longuet près de Saint-Nabord et examinons la disposition du terrain. (*Pl. 13, fig. 1, 2 et 3. Pl. 14, fig. 1.*)

Cette moraine terminale forme une enceinte circulaire coupée vers la droite de la vallée, au point même où coule la Moselle. Entre ce cours d'eau et le flanc des montagnes à gauche, elle est parfaitement conservée. Elle offre plu-

sieurs petits monticules allongés, dont le principal est perpendiculaire à l'axe de la vallée; elle a environ 80 mètres de hauteur verticale au-dessus du lit de la rivière. A l'aval elle s'étale sur le comblement du bassin d'Éloyes, dont la surface s'élève graduellement jusqu'aux pieds de ces monticules de l'arête supérieure de la moraine; la coupure unique, pratiquée dans ce barrage, prouve que le cours de la Moselle suit la direction du torrent de l'ancien glacier et que, pendant toute la durée de l'action erratique, cette direction n'a subi aucune variation. Si la moraine avait été complète et si elle avait formé un barrage continu, les eaux se seraient élevées jusqu'à sa crête, et en se déversant sur un ou sur plusieurs points, elles auraient imprimé sur le terrain des traces visibles de leur passage, mais on n'en aperçoit nulle part.

C'est donc par cette coupure que les matériaux auraient été entraînés jusque dans les parties basses les plus éloignées du bassin où nous les retrouvons. De la coupure à l'extrémité latérale gauche de la nappe, la distance étant d'environ 1,200 mètres moyennement, et sur la droite vis-à-vis le vallon de la Suche de 600 mètres, la largeur de la nappe entière sur ce point est de 1,800 mètres. Or, on ne saurait admettre dans le bassin un cours d'eau de 1,800 mètres

de largeur ayant une profondeur moyenne au moins égale à celle du dépôt, c'est-à-dire de 30 à 40 mètres. Il n'est guère possible de supposer que le comblement s'est fait d'un seul jet. Mais on pourrait pour un moment supposer que les eaux ont agi pendant tout le temps nécessaire et que le même torrent, se répandant tantôt à droite, tantôt à gauche, a fini par amener et par accumuler sur ce point tous les matériaux que nous y retrouvons; enfin qu'il est parvenu à combler la dépression d'aval en créant des étages ou gradins successifs, dont les retraites sont transversales et non parallèles aux rives du bassin. Mais tout cela ne saurait nous conduire à une explication satisfaisante.

En effet, la moraine étant intacte entre la Moselle et le pied des montagnes à gauche sur plus de 1,000 mètres, les matériaux de comblement n'auraient pu franchir sa crête supérieure, et ils auraient dû, avec le cours d'eau, la contourner et se déposer à son pied et sur son talus d'aval. Mais ce n'est pas la nappe qui repose sur la moraine; celle-ci n'en est que la continuation et ses mamelons les plus élevés reposent sur le dernier gradin et le recouvrent incontestablement. La moraine serait donc d'une époque postérieure; et le comblement ne résulterait pas de sa destruction partielle.

Si le sol de la vallée offrait à l'amont une nappe inclinée dans le prolongement de la plaine d'Éloyes, on pourrait peut-être conserver quelques doutes sur l'âge relatif des deux dépôts. Mais à l'amont le sol est considérablement déprimé, et il se trouve en contre-bas de plus de 50 mètres; il présente une nouvelle nappe inclinée, régulière, bordée de moraines latérales et qui se prolonge à l'amont bien au delà de Remiremont, dans les deux vallées de la Moselle et de la Moselotte, et que nous retrouvons à l'aval entre Éloyes, Pouxieux et le Saut-du-Broc.

Si cette dernière nappe n'est pas la moraine profonde du glacier dont le front s'est arrêté à une certaine époque à Longuet, il faut que ce soit une déjection alluviale et de comblement. Elle serait nécessairement plus ancienne que celle d'Éloyes, puisque les eaux poussent toujours en avant les matériaux qu'elles charrient, qu'elles procèdent d'amont en aval, et les galets de la plaine d'Éloyes ont tous passé sur le sol compris entre Remiremont et Longuet, c'est un fait qu'on ne saurait nier. Comment donc un cours d'eau diluvien ne les y aurait-il pas abandonnés et les aurait-il exclusivement réservés pour un comblement plus éloigné et en relief sur cette dépression? Cette marche ne serait-

elle pas entièrement différente de celle que nous observons dans l'action des rivières qui se jettent dans les lacs et y forment des atterrissements disposés en nappes coniques inclinées ? et pourrait-on s'arrêter à cette singulière hypothèse sans admettre que le Rhône et la Drance par exemple, à leur arrivée dans le lac de Genève, loin d'abandonner près de leurs embouchures les sables, les détritiques et les galets qu'ils entraînent, les charrient à travers les eaux paisibles du lac, pour élever sur une nappe profonde et nivelée, un barrage en relief occupant toute la largeur du bassin en avant de Genève, entre Nyon et Coppet, c'est-à-dire sans attribuer à une cause connue des effets inverses de ceux qu'elle produit.

Cependant on pourrait nous objecter que si les eaux comblent des bassins elles ont aussi la propriété de s'ouvrir ensuite des canaux d'écoulement dans les dépôts qu'elles ont d'abord transportés, et que dans la localité que nous avons choisie on a un exemple d'une immense érosion à l'amont d'Éloyes, et que les légères terrasses parallèles du bassin d'amont, marquent les retraites successives du torrent.

Mais dans la plaine comprise entre Épinal et Chavelot, la Moselle s'était emparée d'un vaste terrain sur lequel elle exerçait encore

librement son action il y a peu d'années. (*Pl. 2.*) C'était une nappe de galets convertie aujourd'hui en une belle prairie; elle avait été originellement réglée et nivelée transversalement, et dans son ensemble elle conserve encore tous les caractères essentiels d'une moraine profonde.

La rivière se divisait en une infinité de bras irréguliers et variant à chaque instant, mais conservant toujours des calmes et des rapides comme nous en présentent tous nos cours d'eau torrentueux; (*Pl. 1^{re}.*) sur des sables et des menus galets les eaux agissaient puissamment, et elles les bouleversaient continuellement. Mais on y aurait inutilement cherché le moindre accident qui pût rappeler, même sur une petite échelle, le creusement d'un bassin régulier divisé en diverses sections par des massifs en relief, offrant un fond plat continu nivelé comme ceux de Pouxoux et de Remiremont, à l'amont et à l'aval de la grande moraine du Longuet, et bordé de hautes terrasses latérales présentant des élargissements et des étranglements successifs aux pieds desquels la nappe profonde suit une ligne de pente continue. Ce n'est donc pas à l'action des eaux qui se jettent dans des lacs ou agissant sur des terrains mis à sec qu'il faut chercher l'explication du fait dont il est question et dont nous retrouvons à chaque pas des

exemples dans le domaine des glaciers anciens et actuels.

Il ne m'a pas été possible, jusqu'ici, de suivre la moraine profonde du bassin de la Moselle au delà de la limite du département, près de Charmes; et je ne puis indiquer, même approximativement, jusqu'où l'ancien glacier de cette vallée s'est avancé; pour le moment je devrai donc me borner à ne parler que de la partie de cette moraine comprise dans les Vosges.

La vallée de la Moselle est divisée en un certain nombre de bassins à fonds plats se détachant nettement du pied des montagnes et des coteaux environnants et séparés par des passages plus ou moins resserrés. A partir de Charmes, en remontant, nous rencontrons d'abord celui de Vincey : sa longueur entre Charmes et Portieux, est de 4,500 mètres et sa plus grande largeur est de 1,600 mètres; à Charmes, le passage d'aval est de 500 mètres et celui d'amont de 500 mètres : puis successivement, ceux de Nomez, d'Igney et Thaon, de Dogneville, de Golbey, d'Arches, d'Éloyes, de Saint-Nabord, de Remiremont et de Dommartin. (*Pl. 14, fig. 2, 3, 4 et 5.*)

Le fond de tous ces bassins est occupé par une nappe ou moraine profonde, réglée longitudinalement suivant une ligne de pente con-

tinue. Elle existe également dans les passages entre Vincey et Nomexy, entre Nomexy et Thaon, etc. ; mais elle y a subi diverses modifications par suite de l'action incessante du cours d'eau. A partir d'Épinal, (*Pl. 1^{re}.*) elle n'offre plus rien de régulier jusqu'à Jarmenil, au confluent de la Vologne ; au-dessus de ce point on peut la suivre sans interruption jusqu'à l'amont de Rupt ; enfin du hameau de la Roche jusqu'à l'origine de la vallée, elle suit les inflexions du sol qui devient plus accidenté que dans la partie inférieure.

Le comblement dans lequel la Moselle a creusé son lit n'a pas été formé par les eaux de cette rivière ; on peut le comprendre en jetant les yeux sur une carte du bassin et sur des profils relevés suivant l'axe longitudinal et transversalement. (*Pl. 16, fig. 1 et 2.*) La continuité de la nappe, dans des cavités successives ainsi disposées, cette régularité que des destructions partielles et récentes n'ont pu altérer, ne sauraient nous représenter des déjections produites par des eaux, tantôt calmes, tantôt rapides, dont la vitesse devait augmenter dans tous les passages resserrés, puis diminuer ensuite dans les cirques ; et qui, en définitive, auraient alternativement creusé les canaux d'écoulement et encombré les bassins de réception de dépôts irréguliers.

Mais nous pouvons nous dispenser d'entrer inutilement dans une longue discussion théorique à cet égard, et il suffira, pour trancher cette question, de faire connaître que les matériaux de la nappe profonde de la Moselle, sont évidemment erratiques, et de citer quelques exemples des formes caractéristiques de ses galets.

En effet, au-dessous d'Épinal, dans le lit même de la rivière, dans la nappe dite alluviale, nous rencontrons des cailloux arrondis, sphéroïdaux et polis, associés à des galets polyédriques à angles vifs ou émoussés, à surfaces planes, convexes ou concaves, ou de formes les plus variées; enfin nous y avons recueilli des galets striés et parfaitement conservés. (*Pl. 9 et pl. 10.*) (1)

Dans un terrain de comblement, dont les matériaux auraient été charriés par les eaux, on devrait s'attendre à ne rencontrer que des galets uniformément façonnés, tous plus ou moins parfaitement arrondis, suivant le mode du clivage des roches qui les ont fournis, et en raison de la longueur du trajet parcouru.

(1) Les galets des nappes du bassin et du lit même du Rhône dans le département de l'Isère, offrent les mêmes caractères. Voyez *Pl. 1, fig. 1 à 8.*

Mais des galets de la même roche, retrouvés sur un même point, soumis à la même action, ne sauraient sensiblement varier dans leurs formes; les schistes de Bussang par exemple, pourraient-ils, après avoir parcouru 60 kilomètres, fournir des sphéroïdes, des disques, des cônes, des polyèdres, ou même des fragments anguleux n'offrant aucune trace de frottement, et n'ayant subi d'autre altération que celle que les agents atmosphériques ont pu produire ?

On a singulièrement exagéré les effets des eaux, et pour rendre compte de ceux qu'on leur attribue, on a dû imaginer des inondations subites et violentes. Supposons toutefois que les sphéroïdes ont été façonnés par nos rivières et qu'ils se sont réellement arrondis en roulant dans les eaux. Où cela nous conduira-t-il ? A faire admettre le comblement de nos bassins par les rivières ! Non assurément, car il faudrait pour cela trouver des nappes distinctes composées exclusivement de cailloux roulés, tandis que même dans ce que l'on considère encore comme l'alluvion moderne, nous trouvons un mélange complet de ces cailloux roulés et de galets anguleux et striés. (*Pl. 9.*)

D'un autre côté, il faut nécessairement à un fragment anguleux détaché d'un rocher, un cer-

tain temps, une certaine distance parcourue pour perdre sa forme première et ses angles, et pour s'arrondir complètement. Mais cependant nous trouvons de ces cailloux sur tous les points, aussi bien à Bussang, à Saint-Maurice, qu'à Épinal et à Charmes. De même que nous en voyons sous le glacier même de l'Aar d'aussi parfaitement arrondis que dans les environs de Berne, et dans la plaine d'Alsace. Si nous ne devons plus tenir compte ni de la distance parcourue, ni du temps pendant lequel un galet a été soumis à ce frottement, il faut choisir entre les divers agents, entre les diverses causes, et nous serons encore conduits à admettre que le façonnement des galets arrondis s'étant opéré sur place aussi bien qu'à distance, c'est à l'action d'un glacier seul qu'on doit l'attribuer.

Il est possible que dans le lit même de la Moselle, il y ait quelques galets arrondis par les eaux seules. Les galets retenus dans les karrenfelder s'arrondissent, nous le voyons tous les jours; les eaux déplacent quelquefois des masses assez importantes des moraines et de la nappe profonde; dans le lit des rivières des affouillements se pratiquent journellement et les matériaux de la fouille sont rejetés à l'aval sous forme de bourrelets élargis. Il y a donc déplacement graduel et par suite transport de quelques-

uns des éléments du sol. Mais ces mouvements sont en général fort peu importants, et le régime des cours d'eau ordinaires n'est pas sensiblement modifié. Et ce qui le prouve c'est le grand nombre de galets anguleux, dont la présence fait bien voir que l'action n'est que partielle et que ses résultats sont tellement peu sensibles, après un grand nombre de siècles, que la masse entière du dépôt erratique conserve encore aujourd'hui, et presque sans altération, ses caractères essentiels.

Dans les vallées affluentes de celle de la Moselle, nous retrouvons la moraine profonde avec les mêmes caractères, savoir : dans la vallée de la Vologne jusqu'à Granges; dans la vallée de la Moselotte jusqu'à Zeinvillers, à Saulxures et sur diverses parties de la haute vallée; dans la vallée de Cleurie, entre les moraines frontales du Tholy, du Beillard, à l'amont du Saut-des-Cuves. (*Pl. 17 et 20.*) Elle existe en outre dans les vallées de la Saône, de la Mortagne, de la Meurthe et de la Bruche; enfin tout le terrain de transport de la vallée du Rhin est l'ancienne moraine profonde des glaciers réunis d'une partie des Alpes Bernoises, du Jura Suisse et des Grisons.

Dans ce dernier bassin, le nivellement transversal de la nappe, son raccordement aux plans

légèrement inclinés des vallées de la Doller, de la Thur, de la Fecht, etc., prouvent que les matériaux n'ont pas été transportés par les eaux dans un grand lac comme on le présumait autrefois. Il y a prolongement de la moraine profonde dans les vallées secondaires, mais aucune trace de lits de déjections de nappes coniques inclinées aux points où les rivières seraient venues verser leurs eaux dans ce lac.

Dans l'intérieur des Vosges on ne peut guère constater la puissance des moraines profondes ou étudier leur arrangement intérieur; elles sont généralement trop peu élevées au-dessus du niveau des eaux pour qu'il soit possible de pratiquer les fouilles nécessaires. Cependant on remarque dans les tranchées ouvertes pour l'établissement des canaux d'irrigation, sous la nappe superficielle généralement composée de galets et de sables, des blocs plus gros et dont les dimensions sont quelquefois assez considérables; dans la plaine du Rhin, on observe une semblable disposition, et diverses fouilles pratiquées dans les environs de Mulhouse ont fait voir que les débris de roches devenaient d'autant plus volumineux, qu'on descendait davantage.

Aux abords des glaciers actuels les moraines profondes sont dans les mêmes conditions, et

s'il arrive qu'une crue subite permette aux eaux qui s'en échappent d'ouvrir un canal d'écoulement dans la nappe abandonnée, on s'aperçoit que les galets et les blocs les plus gros se trouvent enfoncés dans la masse des détritns.

Ainsi que nous l'avons dit, les eaux qui parviennent au fond du glacier pénètrent la couche de boue, de sables et de galets sur laquelle il repose, et les blocs soumis à la pression qu'exerce la masse de glace pénètrent facilement dans cette nappe détrempee, et s'enfoncent plus ou moins profondément et disparaissent même entièrement. Si le glacier de l'Aar, dont les envahissements sont fort sensibles, continue à s'avancer encore, il aura bientôt atteint le bloc énorme et fissuré qui se trouve placé un peu en avant de la voûte. Il le brisera en partie et finira par le faire disparaître, ainsi que les matériaux de la moraine frontale, sous les sables et les menus galets. Si le sol sous-jacent était solide et en état de résister, tous les débris seraient broyés et pulvérisés; mais sur une nappe sans consistance et pénétrée par les eaux, ils s'enfonceront et une fois engagés dans la masse boueuse ils échapperont à la destruction.

Dans la vallée de Wildenstein, la moraine profonde est ouverte à l'amont de la moraine frontale de Grùth; (*Pl. 26, fig. 4.*) on y a

exploité une carrière de sable, et nous avons là un exemple de cet arrangement intérieur. En effet, à partir de la surface nivelée de la nappe, on rencontre, 1^o une couche de sables mélangés de graviers et de galets ;

2^o Diverses couches ou nappes de sables fins non mélangés dans laquelle paraissent quelques blocs, dont le nombre et le volume augmentent vers le fond.

La moraine formant barrage, et les eaux étant retenues en partie, le nivellement des sables, leur arrangement par couches a pu avoir lieu, en même temps que les blocs plus lourds s'enfonçaient sous l'effort de la pression et sollicités par leur propre poids.

Quant à la puissance de ces nappes elle doit être souvent très-considérable ; on ne peut toutefois que l'évaluer approximativement d'après la forme des cavités, et eu égard à l'inclinaison des montagnes bordant les bassins et les vallées. Et si l'on tient compte des surfaces des terrains qu'elles recouvrent, en ne leur supposant même qu'une très-faible épaisseur, on voit qu'elles comprennent une masse énorme de débris, dont il ne faut pas rechercher l'origine dans les parties détruites de quelques moraines frontales, dont

la dispersion ne produirait sur les nappes profondes qu'une inappréciable sur-élévation (1).

Les moraines profondes n'existent pas seulement dans le fond des vallées, mais on les retrouve encore hors des bassins sur des plateaux élevés; de chaque côté de la Moselle, par exemple, la plupart des coteaux et des proéminences du sol en sont recouverts, à plus de 100 mètres au-dessus du niveau de cette rivière. Ces dépôts sont ceux que nous avons appelés *alluvions des plateaux élevés, en dehors des vallées*. (Pl. 16, fig. 1 et 2. Pl. 14, fig. 2, 3, 4, 5.)

Leurs galets offrent toutes les formes propres aux galets erratiques, mais les sables sont moins purs et beaucoup plus mélangés d'argiles et de marnes argileuses; ces argiles recouvrent même parfois les amas de galets et forment des nappes qui représentent dans les Vosges le *lehm* de la vallée du Rhin. Les eaux n'ayant pu séjourner sur des terrains inclinés, sur des proéminences du sol, comme dans les parties basses des bassins, on comprend que les matériaux erratiques ont

(1) On retrouvera dans les croquis joints à ce mémoire les figures des galets que nous avons recueillis sur divers points, et dont l'examen nous a révélé et fera comprendre, nous le pensons, l'intervention toute spéciale des glaciers dans la formation de ces nappes profondes. (Pl. 9 et 10.)

dû être moins détremés ; que les parties tenues et boueuses n'ont été que très-partiellement entraînées et que le lavage des matériaux n'a pu s'opérer que très-incomplètement.

L'abondance de galets de quartz roulés et arrondis donne à ces nappes l'apparence d'un terrain transporté par les eaux ; mais au-dessous de la région occupée par le grès des Vosges, la présence de ces cailloux s'explique : ils proviennent presque tous de ce grès qui a fourni une masse énorme de sables généralement décolorés, comme les cailloux dont l'enduit ferrugineux a été détruit par le frottement, et non par des courants acides, comme on avait dû le supposer, pour rendre compte de cette décoloration dans l'hypothèse d'un transport par les eaux (1).

Il suffit de jeter les yeux sur une coupe générale de la vallée de la Moselle et sur la série de profils en travers, (*Pl. 16.*) pour qu'il ne soit plus possible de s'arrêter à cette hypothèse ; en effet, les nappes dont il est question s'élèvent à plus de 100 mètres moyennement au-dessus

(1) Les sables et les galets à la surface des moraines profondes sont généralement *lavés*, et dépourvus de l'enduit ferrugineux dont les matériaux de certaines moraines frontales et latérales sont souvent recouverts.

du niveau actuel du cours d'eau, jusqu'à Épinal et à plusieurs centaines de mètres, dans les environs de Remiremont; et, des environs de Nomexy, on les retrouve presque sans interruption jusqu'à la vallée de la Mortagne, sur une largeur qui, à ce point, n'a pas moins de 25 kilomètres. Le transport ayant eu lieu dans la direction moyenne S.-E. N.-O., c'est dans les montagnes des Vosges qu'il faudrait rechercher la source d'un courant diluvien de cette puissance, et de tous ceux qu'il serait en outre nécessaire d'imaginer, pour couvrir entièrement toute la contrée où le dépôt erratique existe dans les mêmes conditions. On le voit donc, si dans quelques-unes de leurs parties considérées isolément, ces dépôts paraissent appartenir à une formation due à l'action des eaux, dès qu'on les observe dans leur ensemble, on est bien vite conduit à rejeter cette hypothèse, à laquelle nous aurions d'ailleurs renoncé depuis longtemps si, avant de nous prononcer, nous nous étions occupés à rechercher les éléments que nous avons tardivement recueillis.

Dans la partie des Vosges, où ces nappes se rencontrent hors des vallées, on ne voit aucune trace de moraines latérales ou frontales; et les dépôts inférieurs se trouvant seuls, il y a lieu de présumer qu'au moment où ils se

formaient le massif des montagnes était entièrement recouvert de nevés et de glace, et que nulle cime ne dominant les glaciers, ceux-ci étaient alors entièrement dépourvus de débris à leurs surfaces supérieures.

Les avalanches et les éboulements n'ont pu commencer que plus tard, et à mesure que quelque cime venait à se découvrir et à dominer les glaciers; aussi n'est-ce qu'à une certaine époque de la période de décroissement que des blocs erratiques et les moraines latérales commencent à paraître, en contre-bas de ces plateaux couronnés par les nappes profondes, au-dessous d'Épinal; et à diverses hauteurs, ainsi que des moraines frontales, à l'amont de ce même point; enfin l'absence de moraines frontales jusqu'à Éloyes et Longuet indique un retrait progressif du glacier, sans ces temps d'arrêts marqués par les barrages existant sur tous les points où il a dû stationner, souvent pendant une longue période d'années, à en juger par la masse de matériaux dont ces accumulations terminales se composent.

VI.

COMBLEMENTS DES VALLÉES DE L'OUEST.

Dans la partie occidentale du département, nous ne retrouvons plus de nappes, de galets, de blocs, indices de l'action d'anciens glaciers; les accidents du sol y sont moins prononcés; les vallées sont moins profondes et les aspérités des terrains beaucoup moins élevées; enfin les pentes des cours d'eau y sont généralement très-faibles.

Cependant le fond des vallées est occupé par des amas stratiformes de détritits provenant de la décomposition des masses minérales dans lesquelles ces cavités sont ouvertes, et présentant dans leur ensemble le caractère de dépôts

du à l'action exclusive des eaux; les glaciers ne semblent pas avoir pénétré de ce côté. (*Pl. 4, fig. 2 et 3.*)

Dans les vallées du Vair, de la Vraine, de la Meuse, et dans toutes celles de cette région, le comblement se compose d'un amas boueux, d'argiles et de marnes renfermant quelques couches sableuses dans le voisinage du grès du lias, et très-rarement des débris de roches; tout dans leur ensemble indique un dépôt de sédiment, formé lentement dans le fond de ces bassins dont les pentes sont tellement faibles que les eaux, faute de pouvoir y acquérir une vitesse suffisante, débordent à chaque crue jusqu'aux pieds des talus des deux rives. Elles forment ainsi à chaque instant des lacs d'une eau chargée de détritrus entraînés par les eaux pluviales qui détrempe et lavent la couche terreuse superficielle et en entraînent quelques parties; et le comblement se continue graduellement par les additions successives de nouvelles couches de sédiment, dont la puissance annuelle est très-faible, à la vérité, mais qui, à la longue, finissent par exhausser le sol et par remplir et encombrer les canaux d'irrigation et d'écoulement.

Lorsque les eaux pluviales tombées sur une certaine étendue de terrain, se réunissent et

parviennent dans ces vallées par un pli du terrain, elles forment de petits torrents ayant leurs bassins de réception, leurs canaux d'écoulement et leurs lits de déjection. Elles entraînent non-seulement des détritrus, de la terre, mais encore des fragments de roches qui viennent latéralement s'unir à la nappe de comblement et y ajouter des débris qu'on ne retrouve que dans le voisinage de ces cônes de déjection. Dans la vallée de l'Anger, entre Gendreville et Malaincourt, on en voit plusieurs exemples, et l'on en pourrait citer dans un grand nombre d'autres localités.

Le comblement de ces vallées représente donc les dépôts auxquels on peut conserver les noms d'alluvions et d'atterrissements. Ils semblent résulter de l'action lente et continue des eaux, mais non de débâcles qui auraient eu lieu lors de la disparition des anciens glaciers, à l'époque d'un diluvium auquel on rapportait autrefois la plus grande partie des formations superficielles.

En effet, la régularité de ce comblement, l'absence de galets roulés, les amas de matériaux anguleux existant sur les flancs de divers coteaux, les formes heurtées de certains rochers calcaires sur les rives des cours d'eau, ne sauraient permettre d'admettre dans ces localités le passage

de courants violents et rapides, dont l'origine serait d'ailleurs inconnue.

En admettant que la formation des nappes de sables et de galets situés à 5 ou 600 mètres au-dessus du niveau de la mer, était le résultat d'inondations, on pourrait supposer en même temps que la plus grande partie des terrains de l'ouest des Vosges étaient submergés et, qu'à cet instant, les eaux avaient opéré la totalité ou la masse principale des dépôts de comblement de cette dernière contrée.

Dans cette hypothèse, il y aurait eu à l'ouest, sur une partie des Vosges et des départements voisins, un lac fort étendu dans lequel les eaux de la région des montagnes seraient venues partiellement se jeter ; mais on ne comprendrait alors ni l'absence complète de toute traînée de matériaux, de sables, de galets, ou de blocs, de l'est à l'ouest, ni l'existence de courants agissant en même temps dans ce lac suivant des directions différentes et souvent entièrement opposées.

Les vallées de l'ouest à cette époque, avaient-elles des courants entièrement séparés de ceux de l'est et provenant de sources inconnues ? avant de l'affirmer, il faudrait constater les résultats de leur action, nous montrer à certaines

hauteurs des traces d'érosion, prouver que les nappes de matériaux que l'on voit sur certains points n'existaient pas alors puisqu'elles n'ont pas été entraînées, enfin nous faire voir dans les bassins, des galets et des blocs arrondis que des débris calcaires beaucoup moins durs que les quartzites et les roches porphyriques auraient dû facilement fournir, mais que l'on y recherchait infructueusement.

Dans la vallée du Mouzon, bordée d'escarpements assez rapides, on retrouve à la vérité quelques accumulations de fragments de calcaires jurassiques (*Pl. 4, fig. 4.*); mais ces fragments, dont les angles sont plus ou moins complètement émoussés, soumis à l'action de l'eau, n'offrant aucune des formes indiquant un transport violent ou prolongé, nous démontrent tout simplement que l'action fort lente et fort peu énergique du Mouzon a pu s'affaiblir graduellement par suite de la diminution du volume des eaux, à mesure que les terrains se sont déboisés, mais qu'elle n'a pas subi d'intermittences notables et qu'à aucune époque elle n'a atteint un maximum d'énergie qu'elle aurait eu inévitablement, si la contrée avait été soumise à des inondations diluviennes.

Ce que nous remarquons ici n'est-il pas une nouvelle preuve de la nécessité d'étudier d'abord

les faits pour en rechercher ensuite les causes, et d'abandonner enfin la voie dans laquelle nous nous étions laissés aveuglément entraîner, en admettant sans examen préalable et sérieux, la théorie de la formation de la plupart des dépôts superficiels par les eaux? Et pourrions-nous encore comprendre dans une même catégorie, des formations différant aussi essentiellement entre elles, quoique rapportées à une seule et même action?

D'après les observations qui précèdent, il ne nous paraît plus guère possible qu'on cherche encore à reproduire l'hypothèse des inondations, et des courants diluviens, et si l'on compare les dépôts des vallées de la région des montagnes à ceux des vallées de l'ouest, on verra immédiatement qu'elle nous conduirait d'ailleurs à des conclusions contradictoires.

En effet, dans la vallée de la Moselle, par exemple, une crue subite des eaux aurait favorisé la rupture des barrages ou des moraines frontales, dont les matériaux se seraient étalés en longues traînées ou nappes alluviales, les galets façonnés par le glacier auraient perdu leurs formes caractéristiques, se seraient arrondis; et les eaux s'étant successivement élevées à diverses hauteurs auraient laissé des dépôts sur des plateaux qu'elles ne sauraient atteindre aujourd'hui, et, en se

retirant, auraient creusé dans les nappes inférieures des terrasses parallèles, en conservant dans la partie inférieure une nappe parfaitement nivelée transversalement et longitudinalement, sans imprimer à ces lits abandonnés les caractères des canaux d'écoulement ou de déjection.

Dans la vallée de la Meuse, au contraire, les eaux n'auraient produit que des dépôts de sédiment, stratifiés ou stratiformes, dans lesquels le lit actuel de la rivière est ouvert; mais les eaux auraient respecté les rochers des parois de la vallée, les débris de ces calcaires fendillés y seraient demeurés attachés, sans rouler, sans se mêler en galets arrondis aux détritiques; enfin le courant aurait subi ses diverses phases de croissance et de diminution sans entamer le comblement et sans y creuser ces divers étages, ces terrasses considérées autrefois comme une preuve irrécusable de l'ancienne puissance des courants, dont les lits étagés et de plus en plus rétrécis, présentaient, par des sections de plus en plus étroites et profondes, des diminutions successives dans le volume des eaux; et c'était là une explication acceptée comme on la donnait, sans discussion, sans preuves matérielles à l'appui. L'examen du régime des cours d'eau cependant devait nous fournir l'occasion de nous éclairer à cet égard, mais nous ne l'avons pas suffisamment suivi.

Le Rhin coule sur une nappe de comblement dont l'épaisseur n'est pas connue, et ce dépôt, quelle que soit son origine, est parfaitement disposé pour subir l'action du fleuve qui attaque les berges, déplace des masses de graviers, en forme des bancs qu'il déplace ou modifie ; mais que ses eaux viennent à se retirer subitement pour nous laisser voir cette vallée d'érosion, parsemée de proéminences irrégulières et séparées par des canaux sinueux et onastomosés, aurons-nous sous les yeux un exemple de la distribution que nous remarquons dans la plupart des terrains de comblement et que l'on n'expliquait pas autrement qu'en invoquant l'action des eaux ?

Et sur une plus petite échelle, dans les bassins élargis et nivelés de la Moselle, les eaux limpides de cette rivière nous permettent de saisir les moindres accidents de son lit, et de comparer les effets réels aux effets supposés des érosions, et nous aurons encore là une nouvelle preuve de la confusion dans laquelle nous avons été entraînés faute d'avoir convenablement étudié les causes actuelles.

VII.

LEHM.

Dans la vallée du Rhin, sur divers points le long de la chaîne, et principalement au sud de Mulhouse, la nappe de galets est recouverte par des marnes argileuses, le lehm, dont l'épaisseur est quelquefois considérable. Ces marnes se retrouvent sur divers plateaux élevés d'environ 100 mètres au-dessus du sol de la vallée, dans un espace à peu près triangulaire entre Mulhouse, Dell et Leymen; on les rangeait autrefois dans le terrain d'alluvion (1).

(1) Voltz ; *Géognosie de l'Alsace*.

Leur stratification, leur relation à stratification concordante avec des argiles plus sableuses et des sables purs, la présence de quelques coquilles palustres indiquent un dépôt formé dans le sein et par l'action des eaux; mais il ne semble pas que l'on ait cherché à expliquer de quelle manière il avait pu, sur divers points isolés, se placer en relief au-dessus de la partie inférieure de la base du terrain composé d'accumulations de sables, de graviers, de galets et de blocs, sans se répandre uniformément sur la nappe entière.

Si cette nappe ainsi que le dépôt de marnes avait été produits par une débâcle diluvienne, on comprendrait jusqu'à un certain point l'arrangement général des éléments de cette formation, et leur classement par ordre de pesanteur spécifique, enfin la situation du dépôt de sédiment à la partie supérieure. Mais nous avons eu occasion de remarquer que dans la masse des galets, cet arrangement présumé n'existe réellement pas.

Dans tous les cas, ou le lehm a dû recouvrir la totalité du terrain et être ensuite enlevé et détruit en grande partie, ou il ne s'est déposé que dans quelques bassins isolés, ce qui est beaucoup plus probable. Mais comment les eaux de ces bassins pouvaient-elles être retenues

au-dessus du fond de la vallée, si ce n'est par une ceinture de glace ?

Nous ne saurions aujourd'hui discuter convenablement cette question et espérer d'arriver immédiatement à une solution à laquelle des observations nouvelles nous conduiront certainement. Cependant nous avons l'intime conviction que l'on retrouvera encore ici une nouvelle preuve de l'action combinée de la glace et de l'eau, et non de l'action exclusive de cette dernière cause.

Nous avons eu occasion déjà de parler des lacs périodiques que l'on remarque dans les anses des vallées et le long des flancs des glaciers actuels, ainsi que des dépôts stratifiés qui s'y forment. De semblables retenues d'eau n'ont-elles pu exister le long de la chaîne des Vosges et des montagnes de la Forêt-Noire, au confluent du grand glacier du Rhin et des glaciers d'une partie du revers méridional des ballons et du Gresson ; et recevoir des eaux chargées de sables et de détritrus argileux et calcaires provenant de la destruction des roches du Jura et d'une partie des Alpes ? Et si nous admettons que le lehm s'est formé de cette manière, nous ne ferons qu'une application des faits observés dans le régime des glaciers en activité, et nous éviterons de retomber dans le vague des conceptions hypothétiques. Autrement il nous

faudrait revenir à l'idée des grands courants diluviens, à l'action desquels la formation du lehm était attribuée, admettre que ces courants au lieu de laisser tomber les sédiments dans les dépressions du sol, ont préféré les placer sur les plateaux élevés, ou que s'ils les ont répandus sur toute la plaine du Rhin, la plus grande masse de ces détritrus a été ensuite détruite et entraînée par de nouvelles débâcles spécialement créées à cet effet.

Quant aux coquilles terrestres du lehm, de la boue de l'ancien glacier du Rhin, elles se retrouvent dans ce dépôt comme dans tous les dépôts superficiels; et les coquilles palustres, à quelle époque appartiennent-elles? Est-ce à la période glaciaire antérieure à la nôtre? C'est ce que nous ne sommes pas en mesure de vérifier, et ce que sans doute on nous expliquera plus tard.

VIII.

MORAINES LATÉRALES.

Dans la plupart des vallées de la région des montagnes on trouve, à diverses hauteurs, des accumulations de sables, de galets et de blocs indiquant les points de station des rives des anciens glaciers; ce sont les moraines latérales. Elles ne commencent à paraître qu'au-dessous des faîtes secondaires d'abord recouverts de glace, et elles marquent les premières retraites des glaciers, au-dessous de ces proéminences formant les séparations des bassins dans lesquels le phénomène erratique s'est concentré, pendant la période de décroissement.

Placées à des hauteurs que les eaux ne sauraient atteindre, elles étaient autrefois considérées comme les restes d'immenses dépôts de comblement, d'abord amoncelés par les eaux dans les bassins, puis ensuite démantelés et entraînés par des courants successivement réduits jusqu'au minimum de puissance qu'ils conservent encore aujourd'hui. Mais on n'indiquait pas l'origine des matériaux que la masse première aurait dû renfermer. Cependant, si l'on considère qu'à Ramonchamp, par exemple, le comblement aurait eu moyennement 400 mètres de puissance, sur 7 kilomètres de largeur à sa surface et 100 mètres à sa partie inférieure, soit une surface de section de 1,600,000 mètres carrés; que ce dépôt se prolongeait à l'amont et à l'aval dans des proportions plus faibles ou plus fortes suivant les dispositions de la vallée, il faudrait alors imaginer au-dessus du faite actuel des montagnes bordant le bassin des crêtes et des pics fort élevés, trouver une cause à la destruction de ces masses dont les débris étaient destinés à former cet énorme dépôt.

Mais il faudrait plus encore, et la difficulté ne nous paraît pas moins grande, il faudrait expliquer par quel agent les galets et les blocs ont été façonnés, arrondis, polis et striés. Les courants n'auraient pu suffire à tout, ils pou-

vaient bien exécuter le transport , user et arrondir des galets charriés à une certaine distance; mais sur place, à l'origine même de la vallée, ils n'auraient certainement pu réussir à façonner ainsi les débris des roches les plus dures de la contrée.

Les dépôts dont il est question sont nettement caractérisés par les éléments qu'ils renferment, par des galets erratiques et non par des matériaux roulés dans le sein des eaux. Ils forment quelques bourrelets partiellement attaqués ou détruits par des ruisseaux ou par des causes accidentelles; mais on ne saurait y voir les restes, les ruines d'un comblement qui n'a jamais existé et que les eaux n'auraient pu d'ailleurs détruire et entraîner sans combler les bassins inférieurs, sans recouvrir la moraine profonde de Remiremont et sans culbuter la première moraine frontale de la Moselle, celle de Longuet, dont la conservation est parfaite et que des torrents plus puissants que la Moselle n'auraient pu toucher sans la faire disparaître.

Enfin s'il était besoin de démontrer les relations intimes de ces accumulations avec le phénomène glaciaire, il nous suffirait de dire qu'elles recouvrent sur un grand nombre de points des rochers polis et parfaitement striés, dont elles préservent les surfaces de l'action

des agents atmosphériques et d'une destruction rapide et inévitable sur certaines espèces de roches; dispositions que nous ne retrouvons que dans le domaine des glaciers et dont les terrains soumis à l'action des eaux ne nous ont jamais fourni d'exemples.

Nous n'avons pas l'intention de dresser ici un tableau des diverses moraines latérales des Vosges, figurées sur notre carte du terrain erratique, ni d'en donner une description. Nous dirons quelques mots seulement de certaines portions de ces moraines remaniées par des glaciers secondaires sous forme de moraines frontales, et de celles que l'un des bras du glacier principal de la vallée de la Moselle a placées sur un col, en quittant une vallée qu'il occupait à l'époque de sa plus grande extension.

A mesure que la surface du grand glacier de la Moselle s'abaissait au-dessous du niveau des faîtes des montagnes, bordant ce bassin et les vallées secondaires qui s'y rattachent, les moraines latérales se sont déposées sur les flancs et dans les anses des massifs que les glaces avaient d'abord franchis.

Cependant de ces faîtes encore recouverts de neiges descendaient de petits glaciers secondaires renfermés dans des cirques fort peu étendus. Les moraines frontales du Thillot, des

sablons de Remanvillers, de Rupt, de Fondromé, de Remiremont, et du Goujot près d'Éloyes, indiquent les limites dans lesquelles ces petits glaciers se sont renfermés.

La première fois que j'ai signalé ces moraines frontales, je ne pouvais comprendre comment des glaciers aussi faibles, emprisonnés dans des cirques de quelques centaines de mètres de longueur seulement, avaient pu rejeter sur leurs fronts des masses aussi considérables de débris. Mais en examinant plus tard la nature des galets, j'ai reconnu qu'ils étaient pour la plus grande partie, étrangers à la localité; que ces moraines avaient été formées aux dépens des déjections latérales du glacier principal; enfin que les glaciers secondaires, en remaniant les dépôts auxquels ils imprimaient la forme de barrages circulaires, dont la courbure est dirigée contre l'axe de la vallée, n'y avaient introduit que quelques débris provenant des roches des vallons secondaires.

Les membres de la Société géologique de France, en parcourant les Vosges en 1847, ont visité la plupart de ces moraines remaniées, dont j'ai donné ailleurs des coupes et des croquis que je reproduirai en partie aujourd'hui, après les avoir complétés. (*Pl. 19, fig. 2. Pl. 23.*)

Mon but n'étant pas de décrire avec détails

chacune des localités en particulier, je me bornerai pour le moment à indiquer les traits les plus caractéristiques de ces dépôts.

Sur la rive gauche, les moraines du Thillot, de Fondromé et de Remiremont (Grande-Courue), renferment des galets, des blocs, mêlés à des sables. Mais dans celles de la rive droite les sables dominant, et particulièrement à Remanvillers (moraines des sablons), et ils sont divisés par couches inclinées, entre-croisées, et entremêlées de lits d'argile pure ou sableuse (boue du glacier); cette différence s'explique quand on sait que les hauteurs dominant les vallons de Remanvillers et de Rupt, sont couronnées par une masse de grès vosgien dont la destruction partielle a fourni une grande quantité de sables, mélangés de cailloux siliceux arrondis, que l'on nous citait comme une preuve irrécusable de l'action des eaux et du transport par des courants. Mais la présence de ces cailloux que le glacier a d'ailleurs trouvés sur place et tout façonnés, ne provenant pas de la haute vallée, et se trouvant aux pieds des montagnes recouvertes par la formation arénacée, serait un fait très-embarrassant et inexplicable par la théorie diluvienne, à moins que l'on ne parvienne à démontrer qu'avant d'être entraînés dans le dépôt de comblement, ils ont été fa-

çonnés et arrondis par des courants remontant la vallée.

Au moment où les cimes de la petite chaîne des Vosges commençaient à dominer le glacier de la Moselle, celui-ci était encore en communication avec la vallée de l'Ogronne, et l'un de ses bras franchissait le col d'Olichamp, le plus déprimé de tous les passages de cette petite chaîne et par lequel elle se rattache aux préominences de la région du grès bigarré, proprement dite. Les moraines latérales que l'on retrouve à droite et à gauche du bassin de l'Ogronne, l'indiquent suffisamment. (*Pl. 18.*)

Après avoir reculé jusqu'au col, le glacier s'est arrêté pendant un certain temps, et sa moraine latérale a barré transversalement le plateau de la Demoiselle près d'Olichamp; et le terrain permettant à la glace de former sur ce point une sorte de promontoir, rudiment de l'ancienne dérivation, les matériaux rejetés sur cette saillie circulaire ont constitué une véritable moraine frontale, concentrique au talus terminal, c'est-à-dire ayant sa courbure tournée vers Olichamp en dehors du bassin de la Moselle.

Les moraines de la Grand-Courue (Remiremont) sont séparées de celles d'Olichamp par la tête du Bambois, qui se rattache aux hauteurs du Sapenois par un col un peu plus élevé, re-

couvert par une partie de l'ancienne moraine latérale du grand glacier. Au-dessous de ce col que franchit la route de Remiremont au Val-d'Ajol, on voit une moraine frontale dont la courbure est tournée vers le fond de la vallée, c'est-à-dire dans une direction inverse de celle qu'affectent les moraines d'Olichamp. Cet arrangement est une conséquence du relief du terrain.

En effet, entre le Bambois et les hauteurs de Mailleronfaing, le col de la Demoiselle a 4 kilomètres de longueur ; il domine le cirque de Rouveroy, vers Remiremont, et les vallons de Faillères et d'Olichamp du côté opposé, et il n'est dominé par aucun mamelon disposé pour conserver de petits glaciers secondaires ; aussi la rive gauche du grand glacier a-t-elle pu suivre l'inflexion du terrain et y former un bourrelet qui ne pouvait être soumis à aucun remaniement après la retraite du glacier principal. De l'autre côté, au contraire, les montagnes du Bambois, du Sapenois et du Corroy forment un cirque dans lequel un petit glacier a pu persister pendant un certain temps, et qui, en descendant suivant la pente du terrain, a repoussé vers l'aval la partie de la moraine latérale qu'il pouvait atteindre et en a formé un bourrelet circulaire, une moraine frontale, dont la puissance indique tout d'abord une action beaucoup plus puissante

que celle d'un glacier renfermé dans les étroites limites du cirque d'amont ; et d'un autre côté la nature des matériaux fait voir qu'il y a mélange d'éléments étrangers à la localité et qui n'ont pu parvenir dans cette anse de la vallée et s'y accumuler qu'en suivant la rive gauche du grand glacier.

Au-dessous de Remiremont, sur la rive droite, la moraine frontale du Goujot résulte presque exclusivement d'un remaniement de la moraine latérale, tandis que celle de la Suche est formée en partie des débris de la moraine latérale et pour le surplus des débris de la vallée secondaire d'amont dont le développement est de plusieurs kilomètres.

IX.

MORAINES TERMINALES OU FRONTALES.

La moraine terminale ou frontale résulte de l'accumulation des matériaux des moraines médianes et latérales parvenus à l'extrémité inférieure du glacier et tombées au pied du talus terminal, en avant duquel elle forme une digue concentrique à cette extrémité.

Dans les glaciers simples et dépourvus de moraines médianes, les accumulations ne se produisent que sur les deux bords du talus ; leurs fronts restent libres, comme on le voit par exemple au glacier de Rosenloui. Et la puissance du barrage est nécessairement plus ou moins grande, et en rapport avec celles des

traînées de blocs et de débris répandus sur la surface de la glace.

Cependant pour qu'une moraine terminale puisse acquérir une certaine élévation, il faut que le séjour du glacier qui la produit se prolonge pendant un certain temps; car s'il se retirait progressivement il ne laisserait après lui, sur le sol ou sur la moraine profonde abandonnée, qu'une traînée de débris, formant une nappe irrégulière, et d'une faible épaisseur. La puissance des anciennes moraines frontales peut donc, non-seulement nous révéler la puissance de l'action des anciens glaciers, mais encore nous donner une idée de la durée de leur séjour sur les différents points où ils ont dû s'arrêter.

Dans les Vosges, les moraines frontales ont quelquefois des dimensions colossales; celles du Tholy, au Rein-Brice, par exemple, s'élèvent moyennement de 100 mètres au-dessus du fond de la vallée; et elles s'étendent par étages successifs, sur près de 3 kilomètres, sur une largeur transversale d'environ 1 kilomètre; et elles ne renferment pas moins, déduction faite des portions enlevées, de 160,000,000 mètres cubes, de sables, de blocs et de divers débris. (*Pl. 20.*)

Les moraines actuelles, en voie de formation,

sont bien loin d'atteindre à ce développement de ces anciennes accumulations, quoique cependant les glaciers en activité transportent des quantités considérables de matériaux.

Au glacier du Rhône, les moraines abandonnées sur quelques centaines de mètres en avant du talus terminal n'ont que 7 à 8 mètres de hauteur au-dessus de la nappe profonde. Au glacier supérieur de Grindelvald, la moraine n'a pas plus de 20 mètres moyennement; et au glacier de l'Unter-Aar, le bourrelet est simple et ne s'élève pas à plus de 2 à 3 mètres au-dessus de la nappe.

Ce dernier glacier est en progrès depuis un certain temps, et il est probable qu'il a culbuté sa moraine frontale et qu'il l'a étalée sur la couche inférieure; et quand on examine la masse de blocs répandus à sa surface, on comprend que s'il n'y avait pas eu de nouveau envahissement progressif de la glace, que s'il y avait eu séjour prolongé du talus au point où il se trouve aujourd'hui, le barrage serait beaucoup plus puissant; cet envahissement graduel est d'ailleurs démontré par l'enlèvement de troncs de vieux sapins atteints en ce moment par la glace, dont ils ont été éloignés pendant fort longtemps. Dans le voisinage des autres glaciers, on remarque également les preuves matérielles de cette marche progressive.

Jusqu'aux environs d'Éloyes, le glacier de la Moselle n'a pas laissé de barrages transversaux, et nous ne rencontrons à l'aval d'autres traces de son passage que les moraines latérales et que la moraine profonde, mais au-dessus de ce point, la nappe de la plaine de Thiaville s'élève graduellement jusqu'à la moraine de Longuet où le glacier s'est arrêté. Ainsi toute la masse erratique d'Éloyes à Longuet appartiendrait aux moraines latérales et à la moraine frontale, étagée jusqu'aux pieds des derniers cônes qui la surmontent d'un côté à l'autre de la vallée.

A partir de Remiremont, nous retrouvons dans la vallée de Cleurie les moraines frontales de Saint-Amé, du Tholy, du Beillard, des lacs de Gérardmer et de Longemer; (*Pl. 17.*) celles du Saut-des-Cuves et de Xonrupt; (*Pl. 21.*) dans la vallée du Bouchot, celles de Rochesson et de Creusegoutte; dans la vallée de Ventron, celles des Champs-à-Nabord et du Corps-de-Garde. (*Pl. 22.*) Dans la vallée de la Moselotte, celles du Chajoux entre la Bresse et le lac de Lispach, de la vallée dite de Vologne à Bellehutte; (*Pl. 24, 25.*) enfin celles des lacs de Blanchemer et des Corbeaux. Et dans la vallée de la Moselle, celles de Bussang, puis les moraines latérales remaniées de Remiremont, de Rupt, de Fondromé, de Remanvillers et du Thillot. (*Pl. 19 et 23.*)

Hors du bassin de la Moselle, au sud de la petite chaîne, on voit des moraines frontales dans les vallées d'Hérival, de Plancher-lez-Mines, de Giromagny et de Massevaux; à l'est de la grande chaîne, celles des vallées de Wildenstein, de Munster, etc.

Ces moraines sont tantôt simples, tantôt divisées en plusieurs étages successifs, groupés sur un même point, ou séparés par des coupures jusqu'à la moraine profonde. Les barrages des lacs de Longemer, de Blanchemer, des Corbeaux et de Fondromé, des vallons de Remanvillers et du Goujot, sont des moraines simples, semi-circulaires; ceux que l'on retrouve dans les vallées du Chajoux, de Bellehutte à la Bresse, du Tholy, de Cleurie, de Rupt, enfin le barrage des lacs de Gérardmer et de Lispach sont des moraines composées ou à plusieurs étages. Les unes et les autres ont été décrites par MM. le Blanc, Édouard Collomb et par moi, et font l'objet de divers mémoires dans lesquels on pourra rechercher des détails que nous ne saurions reproduire ici.

Les moraines frontales sont formées de sables, de galets et de blocs, soit amoncelés confusément, sans indices d'une distribution par ordre de ces matériaux, soit présentant des couches irrégu-

lières entrecroisées ou parallèles et une stratification imparfaite. (*Pl. 15, fig. 4, 5, 6, 7.*)

Dans les moraines du Tholy, les couches sont généralement entrecroisées, et divisées par des lits d'argile sableuse ou de boue glaciaire. Des blocs et des galets sont irrégulièrement perdus dans la masse sableuse. Dans celle de Rupt, la stratification est plus régulière; à la partie inférieure du premier barrage d'aval, on voit des sables en couches, minces et inclinées, alternant avec des couches argileuses; puis à la partie supérieure des sables mêlés de galets et de quelques petits blocs. Ces matériaux proviennent en très-grande partie de la destruction du grès vosgien, dont on retrouve des fragments anguleux mélangés aux quartzites arrondis du poudingue. Les blocs granitiques sont à la partie supérieure du dépôt, disposition qui nous fait voir que les roches de la localité ont été broyées et triturées en premier lieu, sous une masse puissante de glace recouvrant les montagnes granitiques dont les débris n'ont pu parvenir immédiatement sur ce point qu'ils ont ensuite atteint, après un certain temps, et quand des pics granitiques, élevés au-dessus des glaces, ont pu fournir des blocs aux moraines latérales.

La stratification de ces moraines est due à l'intervention de l'eau pendant la durée du

phénomène glaciaire. Les ruisseaux qui sillonnaient la surface des glaciers, se déversant sur leurs fronts, entraînaient des sables et des graviers et en les réunissant sur un même point, favorisaient leur distribution par couches plus ou moins régulières. Cet arrangement est d'ailleurs toujours partiel ; les couches s'entrecroisent fréquemment et l'on n'en remarque jamais d'assez étendues pour occuper, soit toute la largeur, soit toute la longueur des barrages, se prolongeant en plans réguliers d'un côté à l'autre de la vallée, en ayant une épaisseur uniforme, comme on le voit dans les dépôts arénacés formés dans le sein des eaux, le grès bigarré, par exemple, etc. L'action de l'eau n'est donc ici que secondaire. Elle ne s'est pas exercée séparément et exclusivement, mais elle se combinait avec l'action glaciaire.

A Saint-Amé et au Saut-des-Cuves, les moraines frontales ont été ouvertes pour l'établissement du chemin de Remiremont à Gérardmer, et la rectification du chemin de Gérardmer à Longemer. Des coupes feront voir la structure intérieure de ces barrages. Mais nous ne devons pas oublier de mentionner en passant un fait assez curieux que l'on observe au Saut-des-Cuves, à l'embranchement de la route et du chemin. A la partie inférieure on voit un grand nombre

de couches de sables et de menus graviers ; dans la partie supérieure quelques blocs isolés, anguleux ou arrondis ; et enfin vers la partie moyenne, des sables et des galets agglutinés et convertis en un grès grossier, de peu de dureté, et ayant l'aspect de certaines couches du grès des Vosges. Les coupes de ces diverses moraines nous offrent d'ailleurs, dans presque tous les cas, des dispositions entièrement analogues à celles que l'on observe dans cette dernière formation arénacée, qui nous semble, ainsi que nous l'avons dit en commençant, un ancien terrain erratique.

Les moraines frontales dont nous avons indiqué un certain nombre, sont généralement bien conservées ; leurs arêtes supérieures sont bien dessinées, et comme nous le verrons plus tard, elles sont quelquefois couronnées de blocs erratiques : leurs talus inférieurs sont plus inclinés que ceux d'amont contre lesquels la pression du glacier a dû s'exercer, tandis qu'à l'aval les matériaux rejetés prenaient librement une inclinaison variable, suivant leur nature et leur volume.

Les coupures naturelles, par lesquelles s'écoulaient les ruisseaux et les rivières, sont situées suivant les thalwegs des vallées ; c'est ordinairement vers le milieu de la courbure,

cependant la ligne de pente suivie par les eaux ne partageant pas toujours les vallées par leur milieu, et offrant diverses inflexions d'un côté ou de l'autre, il s'en suit que certaines moraines sont coupées près de l'une de leurs extrémités; ainsi à Longemer, l'écoulement se fait sur la rive gauche du lac; au Saut-des-Cuves il a lieu sur la droite, ainsi qu'à Remanvillers, etc. Dans la vallée du Chajoux, c'est tantôt au milieu, tantôt sur un des côtés que se présente le canal d'écoulement.

Le lac de Gérardmer ne se déverse pas dans la vallée de Cleurie comme cela devrait être, la moraine ayant entièrement barré la vallée; les eaux s'écoulent en reprenant à l'amont la direction de la coupure de la Vologne qui quitte latéralement la grande vallée de Retournermer à Saint-Amé; et si les eaux n'avaient trouvé cette issue, pendant que le glacier occupait le bassin du lac, il y aurait eu nécessairement érosion dans la moraine, suivant la direction naturelle de la vallée principale.

Depuis que les glaciers ont disparu, les lits des cours d'eau ouverts dans les moraines, par suite d'érosions continuelles, sont devenus de plus en plus profonds et sont descendus quelquefois jusqu'au roc sous-jacent. Lorsque les moraines ont résisté, il est résulté des amas

d'eau à l'amont, des étangs, des lacs, comme nous le voyons encore à Blanchemer, au lac des Corbeaux, à Lispach, à Longemer, à Gérardmer et à Fondromé. Si la partie du barrage respectée par les ruisseaux était peu élevée, la moraine profonde abandonnée à l'amont n'était recouverte que d'une nappe d'eau peu profonde, de marais envahis par une végétation, dont les débris accumulés ont donné lieu à ces dépôts tourbeux importants que nous retrouvons entre les moraines du Tholy, entre le Beillard et le lac de Gérardmer, à Xonrupt, etc., etc.; dans les vallées de la Bresse, etc., etc., et qui, aujourd'hui, se trouvent presque entièrement à sec.

Ici encore nous voyons les effets de l'action destructive des eaux; mais en même temps rien ne nous indique une action violente et sujette à de fréquentes ou à de subites intermit- tences. Sur des masses de sables et suivant des pentes aussi fortes que celles des vallées du Tholy et de la Bresse, par exemple, un torrent d'une certaine énergie aurait facilement exercé des ravages dont on trouverait quelques traces; il aurait entraîné des masses considérables de sables et de galets, et les aurait rejetées en nappes inclinées, en bourrelets irréguliers sur les moraines profondes qui, cependant, n'ont

éprouvé aucune altération visible. Les tourbières seraient enfouies sous ces matériaux transportés.

Mais d'où serait venu le torrent auquel on attribuerait l'ouverture du canal d'écoulement, dans les moraines du Beillard, du Tholy, de Saint-Amé? Du haut de la vallée, des bassins de réception de Retournemer et de Belbriette sans doute. Alors nous aurions quelques difficultés à nous rendre compte des divers effets qu'il aurait produits.

En effet, la moraine de Longemer est intacte; la Vologne sort du lac par une coupure assez étroite et peu profonde : en redescendant la vallée, celles de Belbriette et du Saut-des-Cuves sont ouvertes, l'une par le milieu, l'autre latéralement à droite. La moraine du lac de Gérardmer est parfaitement intacte, tandis que toutes les autres au-dessous sont coupées. Ainsi le torrent entre Retournemer et Saint-Amé aurait partiellement détruit certains barrages et laissé intact celui du lac de Gérardmer. (*Pl. 17, fig. 1 et fig. 2.*)

Ou bien il y aurait eu deux torrents séparés, l'un s'échappant par la vallée de la Vologne, après avoir exercé son action sur deux barrages sans toucher à celui de Longemer, en n'ayant pu atteindre le lac de Gérardmer; et l'autre prenant sa source à l'aval de ce dernier lac et

agissant immédiatement sur les moraines du Beillard, du Tholy et de Saint-Amé. Mais pour ce dernier, nous avons inutilement cherché sur le terrain le point d'où il aurait pu surgir tout à coup, et il est fort à craindre que sa source ne puisse jamais se découvrir.

Dans la plupart des moraines les blocs et les galets sont presque tous arrondis ou frottés, quelques-uns seulement ont conservé la vivacité de leurs angles. Le petit nombre de blocs anguleux nous ramène encore naturellement à rappeler ce que nous avons dit déjà de l'envahissement de toutes les cimes pendant la première partie de la période glaciaire; les moraines superficielles alors devaient être à peu près nulles, ou ne paraissant qu'à une certaine distance des cirques, et elles ne pouvaient être alimentées que par les matériaux arrachés par les glaciers sur leurs fonds ou sur leurs flancs. Et, ainsi que l'a remarqué M. Edouard Collomb (1), une preuve de ce mode d'alimentation des moraines superficielles est fournie par les formes des matériaux, arrondis et usés et d'un faible échantillon, formant la masse principale, tandis que ceux dont les angles sont conservés intacts y

(1) *Excursions de la Société géologique de France dans les Vosges. 1847.*

sont très-peu nombreux. Mais quand par suite d'une première retraite, des escarpements de rochers ont dominé la surface des glaces, les traînées de blocs ont commencé à se produire et à fournir des matériaux bruts qui sont venus se mêler aux blocs et galets façonnés par les glaciers. Les dernières moraines nous offrent des exemples de ces mélanges principalement opérés vers la fin de la période de décroissement.

La présence d'une quantité considérable de galets arrondis et usés, l'absence ou l'extrême rareté des galets striés dans ces moraines si différentes de celles des glaciers actuels de la Suisse, composées en très-grande partie de blocs anguleux, a dû contribuer singulièrement à faire considérer le terrain erratique des Vosges, comme une formation diluvienne.

Cependant, on ne l'a pas oublié, les glaciers arrondissent et polissent une quantité considérable de blocs; et si l'on tient compte de la situation de nos moraines, des distances de transport de leurs matériaux emprisonnés pendant une partie de leur trajet, on comprendra qu'ils ont dû être frottés et usés et que la plupart des roches dures, mais particulièrement les débris de roches arénacées, n'ont pu parvenir au terme de leur course que broyés et réduits en sable.

Quant à l'absence ou à l'extrême rareté des galets striés, M. Edouard Collomb l'a parfaitement expliquée ; et après des recherches suivies, il est arrivé à cette conclusion : que les galets ne conservent le trait du burin imprimé sur leurs surfaces que lorsqu'ils sont formés de roches dont le degré de dureté est tel qu'elles se laissent facilement entamer ; pour que les galets se couvrent 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.

Aussi dans le terrain erratique de la vallée de la Moselle rencontre-t-on plus fréquemment des galets striés dans le voisinage des massifs de roches de sédiment, des terrains schisteux du groupe de la Grauwacke, dont les débris sont abondamment mêlés aux roches euritiques et aux granites dans les environs du Thillot, dans la grande moraine frontale de Bussang et dans les moraines des vallées d'Orbey et de Wildenstein.

Au-dessous du Thillot, les schistes sont peu abondants ; quelques fragments de ces roches seuls sont parvenus jusqu'au bas de la vallée ; et c'est dans ceux-là qu'il faut rechercher surtout des exemples de galets striés. J'en ai même

rencontré, dans la moraine profonde de la plaine de Dogneville, associés à des galets de diorite, également striés. (*Pl. 10, fig. 10 et 11.*)

Dans les autres bassins ouverts dans les roches granitiques, ils sont beaucoup plus rares; les roches cristallines étant probablement trop dures pour recevoir des empreintes burinées, ainsi que nous l'observons dans le voisinage des glaciers actuels. Les moraines d'Olichamp et de Faillières renferment cependant une grande quantité de blocs parfaitement striés d'eurites, de granites et même de grès des Vosges.

X.

MORAINES SUR DES OBSTACLES ; MORAINES D'ABSCHWUNG.

M. Edouard Collomb a, le premier, indiqué des amas de matériaux erratiques adossés contre des roches en place et dont on voit des exemples sur tous les monticules isolés, coniques, de rochers de trente, quarante, cinquante à cent quatre-vingts mètres d'élévation qui surgissent du sol, et qui dominant la nappe profonde comme des îles, entre Wesserling et Wildenstein (1).

(1) Edouard Collomb. *Preuves de l'existence d'anciens glaciers dans les vallées des Vosges*. 1847.

Il en a donné une description fort détaillée dans son remarquable travail sur les anciens glaciers des Vosges et les a nommées moraines par obstacle, forme du terrain erratique que l'on n'avait pas signalée avant lui.

Dans l'intérieur des Vosges, on ne voit d'autres exemples de ces îlots de rochers dans les vallées, que dans la commune de Rupt, et particulièrement près du tissage des Maix, encore sont-ils fort peu élevés. Cependant à l'amont de ces îlots on voit de petites accumulations de sables et de galets, reproductions rudimentaires des moraines par obstacle, du bassin de la Thur.

Au Saut-des-Cuves, un barrage de rochers visible en partie et recouvert dans presque toute son étendue par une puissante moraine, interromp le cours de la vallée; les eaux s'échappent sur le côté droit, dans une coupure étroite, à parois verticales, ouverte dans ces rochers contre lesquels la moraine s'appuie à l'amont, comme le dépôt erratique de Wildenstein s'appuie à gauche sur la base du massif de rochers du Vieux-Château : ce serait aussi une moraine par obstacle. (*Pl. 26, fig. 1.*)

J'ai eu occasion de voir dans les Alpes plusieurs exemples de ce genre de moraine, et d'étudier le mode de leur production, aux glaciers du Rhône et de Renfen, dans la vallée d'Urbach notamment.

Quand un glacier rencontre un obstacle qu'il peut franchir, il use et polit toutes les surfaces contre lesquelles il vient frapper ou sur lesquelles il glisse, et en même temps il laisse intactes les parois abruptes d'aval. Sur ces surfaces mamelonnées et striées, il ne saurait laisser un dépôt de matériaux qu'il presse et qu'il broie, et des détritiques provenant de la destruction des galets ou des blocs qui servent à façonner les rochers soumis à son action.

Mais quand ces obstacles ne sont pas entièrement recouverts, soit qu'ils dominent la surface du glacier, soit qu'ils se trouvent placés dans des enfoncements disposés de telle façon que les matériaux transportés puissent s'y accumuler, il y a production de ces sortes de moraines.

Dans le vallon de l'Hospice, à l'aval du glacier de l'Unter-Aar, les massifs isolés de rochers ne sont recouverts à l'amont que de quelques débris erratiques; sur le dernier pourtant, près des Chalets, on remarque des blocs épars; le glacier en se retirant, ne se serait pas arrêté contre ces rochers ou n'y aurait pas fait un long séjour.

Dans la vallée d'Urbach, le glacier descendant du Hangendhorn se divise en deux branches contre un rocher qu'il ne peut plus franchir aujourd'hui, et contre lequel il rejette à l'amont

une masse de débris constituant une moraine semi-circulaire, relevée au-dessus de la surface du rocher, et dont la courbure est tournée vers le sommet de l'angle que forment les deux branches du glacier.

Au glacier du Rhône, sur la rive droite, au pied de la Grande-Chête, la masse remaniée de la glace éprouve une déviation à la rencontre d'un rocher autour duquel elle se déprime, et les matériaux transportés tombant dans la dépression, s'arrêtent sur le rocher et le recouvrent sur toute sa face antérieure. Et si, par suite d'un retrait ou d'une fusion plus forte sur ce point, l'obstacle venait à se découvrir jusqu'à sa base, le dépôt se placerait sur toute la surface d'amont, dont une partie est encore aujourd'hui en contact immédiat avec le glacier.

Les mêmes accidents se sont reproduits dans les Vosges, où nous voyons, comme en Suisse, les moraines profondes, frontales, médianes, ou latérales, s'appuyer sur les obstacles, dès que les glaciers n'étaient plus assez puissants pour les franchir, en entraînant dans leur marche tous les débris dont ils étaient chargés.

Nous retrouvons en outre dans les Vosges d'autres dépôts que nous nommerons moraines d'Abschwung, recouvrant le pied des éperons ou promontoires qui s'élèvent aux points de

jonction de deux glaciers, promontoires auxquels nous conserverons la dénomination d'Abschwung, du nom de la montagne située à la rencontre des glaciers du Lauter-Aar et du Finster-Aar.

Ces dépôts sont les deux moraines latérales, séparées jusqu'au point où elles viennent s'appuyer l'une contre l'autre et former une moraine médiane; le glacier en s'abaissant graduellement, laisse de chaque côté de la pointe du promontoire des débris étagés, et sur le plan incliné, ou l'arête terminale, les matériaux réunis des deux rives. Nous avons de très-beaux exemples de ce genre de moraine, près de Vagney, sur la pointe et sur les flancs de l'ancien Abschwung, arête avancée du massif de la roche des Ducs, qui sépare les vallées de Sapois et de Rochesson (*Pl. 27, fig. 1^{re} et 2.*), et près de Saint-Maurice, sur l'Abschwung situé entre les vallées de la Moselle et des Charbonniers.

La coupure pratiquée pour l'ouverture de la route de Gérardmer, près du Saut-du-Bouchot, permet de reconnaître les dispositions de ce dépôt erratique, comprenant dans la partie inférieure, des amas boueux, mêlés de sables, de blocs et de galets anguleux, non-seulement de roches granitiques, mais encore de grès

des Vosges, et à la surface du sol, libres ou engagés dans les détritiques, un nombre considérable de blocs erratiques arrondis ou émoussés, de granite, de roches euritiques et de poudingue de grès des Vosges. Dans la même localité, on voit aussi une petite moraine frontale, dans le vallon du pré de l'Étang, et de véritables blocs erratiques, mêlés à des blocs d'éboulement, disposés en talus régulier et que l'on distingue parfaitement de ceux qui ont été transportés et façonnés par l'ancien glacier.

XI.

BLOCS ERRATIQUES.

(Voyez *Pl. 27, fig. 3 et 4. Pl. 28 et 29.*)

Les blocs erratiques sont des fragments de roches souvent très-volumineux, disposés à la surface du sol ou enfouis avec les galets dans les dépôts superficiels; ils sont quelquefois entièrement arrondis et polis, mais plus généralement ils n'offrent que des angles et des arêtes émoussés. On les retrouve sur des sommités élevées, ou rejetés sur les moraines latérales, frontales ou profondes, isolés ou réunis par groupes, dans des lieux éloignés des points d'où ils ont été enlevés.

Ceux qui sont descendus dans les vallées sont alignés sur les flancs de ces coupures à des niveaux variables et forment des traînées continues et parallèles, reposant sur tous les gradins ou accidents du sol qu'offrent les parois des vallées dans lesquelles on les observe. Ces traînées sont en outre disposées symétriquement sur les deux rives des vallées; tandis que les blocs erratiques que l'on rencontre hors de ces dépressions sont épars à différents niveaux, sur les nappes profondes, sur les moraines frontales, et sur des plateaux à différentes hauteurs.

Comme il a déjà été question de cette partie du terrain erratique dans différents mémoires, je ne reviendrai pas sur la description détaillée des circonstances dans lesquelles on retrouve ces blocs dans la partie des Vosges autrefois recouverte de glace; et je me contenterai de citer quelques localités où l'on peut les observer.

Dans les vallées du Chajoux, de la Vologne et de la Bresse, de la Moselle, de l'Ogronne, de Giromagny, etc., on a des exemples de ces traînées de blocs étagés depuis les faîtes secondaires, jusque dans le fond des vallées.

On en voit sur les arêtes supérieures et sur les plans inclinés des moraines de Belle-Hutte et du Tholy, du Beillard, du lac de Gérardmer,

du Saut-des-Cuves , de Fondromé , de Blanchemer, etc. ; moraines comprises dans la dernière région glaciaire où ils sont beaucoup plus abondants qu'au delà des premières accumulations frontales , au-dessous desquelles les blocs sont moins nombreux , et généralement de plus faibles dimensions. Sur la crête de la 5^e moraine du Tholy au Rein-Brice , on voit des blocs énormes , dont quelques-uns n'ont pas moins de 100 mètres cubes , encore polis ou dont les surfaces altérées , par suite de l'action atmosphérique , sont devenues rugueuses et se trouvent parsemées de cristaux de feldspath en saillie sur la croûte décomposée.

Les premiers blocs erratiques de la vallée de la Moselle sont dispersés sur la nappe profonde au-dessous d'Épinal , vers l'extrémité latérale droite de la vallée , près de Dogneville ; les uns sont anguleux , les autres plus ou moins parfaitement arrondis. Dans les vallons latéraux de la Moselle , entre Dinozé et Dounoux , par exemple , on rencontre des accumulations de blocs granitiques provenant du haut de la vallée où l'on retrouve en place des roches identiques.

Enfin on en rencontre sur les plateaux élevés du haut du Roc , du Gris-Mouton , de la Beuille , de Bellefontaine ; ils reposent sans intermédiaires sur le grès vosgien , sur des masses granitiques , ou sur une légère couche de détritits soit er-

ratique, soit provenant de la décomposition des roches sous-jacentes, entièrement en saillie ou légèrement engagées dans cette couche superficielle.

Tous ces blocs ont été déposés par les glaciers et les nappes de glace, dans les lieux mêmes où ils se trouvent; le transport de ceux qui sont disséminés sur les nappes profondes ou latérales, bien loin en avant des premières moraines frontales, nous paraissait devoir être attribué à l'action de courants entraînant des masses de glace auxquelles ils étaient d'abord fixés; et c'était encore une conséquence du système de comblement des bassins par les eaux et de la dispersion sous formes de nappes des premières moraines détruites.

La conservation des arêtes sableuses des moraines frontales couronnées d'énormes blocs, ne nous permet plus de nous arrêter à l'hypothèse des crues extraordinaires. Si le transport de ces blocs attachés à des flotteurs, à des fragments de glace, s'était opéré par des courants, il faudrait restreindre les limites des inondations aux limites mêmes des coupures des moraines terminales, et forcément admettre que les sections des cours d'eau n'étaient pas plus fortes que celles que nous présentent ces défilés ouverts dans des dépôts de sables sans consistance, et cependant respectés par les courants.

Or, la section à Longuet, n'est que de 3,000 mètres carrés en supposant une hauteur d'eau de 20 mètres. A Dogneville, toute la plaine devant être inondée, puisque les blocs sont rejetés latéralement, on aurait vers le milieu une section de plus de 9,000 mètres pour une profondeur de 6 mètres seulement. Et la pente étant de 5 mètres par seconde à Longuet, et de 4 mètres à Dogneville, on aurait pour le débit de la première section, 15,000 mètres cubes par seconde, et pour la deuxième et dans le même temps, 36,000 mètres cubes. Mais on pourrait encore admettre que la Vologne et les autres affluents fournissaient cet excédant de liquide.

Toutefois au-dessous d'Épinal, la largeur du lit n'étant que de 400 mètres, les eaux se seraient élevées à 22 mètres 50 centimètres et auraient balayé le dépôt de sables et de galets recouvrant les rochers de grès bordant la Moselle, près de la ferme de la Gosse, et ce dépôt est cependant demeuré intact.

Contentons-nous de rappeler que les blocs de Dogneville sont anguleux ou arrondis; qu'ils reposent sur la surface de la nappe, et qu'ils sont associés à des galets schisteux et *striés* provenant de Bussang; qu'on ne voit aucune des traces de l'action qu'un courant puissant

aurait inévitablement exercée sur cette nappe, et sur les dépôts erratiques conservés le long du cours de la Moselle.

Sur les hautes montagnes des Vosges, et tout près des sommités les plus élevées du Hohneck, des Ballons, etc., etc., on rencontre des amas de blocs gisant épars sur le sol; ils proviennent des masses minérales constituant ces massifs à la surface desquels ils se trouvent; ils ont évidemment été déplacés, mais ils n'ont parcouru qu'une faible distance, à en juger non-seulement d'après leurs angles et leurs surfaces qui n'offrent pas de traces de frottements, mais encore parce qu'ils sont rapprochés des sommités d'où ils ont été arrachés; enfin ils ne proviennent pas de destruction de massifs, en saillie, de rochers qui se seraient délités, et dont les débris seraient tombés sur le sol; on ne voit d'ailleurs aucune trace de ces anciennes proéminences, soit près des sommets, soit sur les plateaux, soit dans les dépressions où ces blocs sont rejetés.

Sur les plateaux secondaires, et particulièrement sur les rameaux de la petite chaîne, entre les vallées de Plombières, du Val-d'Ajol et de Saint-Bresson, nous retrouvons ces blocs anguleux, soit dispersés, soit réunis par groupes dans de légères dépressions. (*Pl. 27, fig. 3. Pl. 28, fig. 5.*) La vivacité de leurs angles

indique qu'ils n'ont pas fait un long trajet, et leur position sur des terrains à surfaces ondulées, ne permet pas de les considérer comme des ruines d'anciens escarpements.

Tous ces blocs appartiennent au terrain erratique; mais pour les distinguer de ceux qui ont été transportés à de grandes distances, et qui généralement portent des traces de l'action glaciaire, on les a désignés sous le nom de blocs déplacés. (Ce sont les Teufels Muhle des Allemands.)

M. Edouard Collomb, en faisant remarquer aux membres de la Société géologique, ces blocs dispersés sur les pelouses du Ballon, a proposé de les nommer *blocs sporadiques*, et de conserver la dénomination d'erratiques à ceux qui ont cheminé sur le dos des glaciers.

XII.

ROCHES POLIES ET STRIÉES.

Dans les Vosges, comme dans le voisinage des glaciers actuels, on voit des sillons, des stries gravés sur les rochers les plus durs, des surfaces mamelonnées et encore parfaitement polies.

Dans les vallées de Saint-Amarin, de la Moselle, de la Moselotte, de Cleurie, on rencontre à chaque pas des rochers dont le poli est quelquefois encore assez net, et sur lesquels on voit assez fréquemment des stries, des cannelures parfaitement conservées. Les rochers ainsi façonnés existent tantôt sur le flanc des montagnes, à de grandes hauteurs au-dessus du

fond des vallées, tantôt se relèvent en massifs isolés dans les fonds mêmes de ces dépressions. (Rocher poli et strié du Glattstein. *Pl. 31, fig. 5.*)

M. Edouard Collomb, dans son bel ouvrage sur les anciens glaciers des Vosges, a donné à ce sujet toutes les explications, tous les renseignements qu'on pouvait désirer; et de notre côté nous avons cherché à démontrer que les rochers striés de la vallée de la Moselle n'avaient pu être façonnés que par un glacier, alors qu'il paraissait encore nécessaire de fournir des preuves de l'existence de glaciers dans les Vosges (1) à une époque reculée.

Aujourd'hui nous ne reprendrons pas la discussion d'un fait parfaitement constaté et établi, au grand regret des partisans de débâcles diluviennes qui, malgré tous leurs efforts et les ressources de leur science, ne sauraient parvenir à effacer les traces irrécusables que les glaciers ont imprimées sur le sol vosgien, pendant leur long séjour dans cette contrée.

Mais nous ajouterons à notre note de 1845, quelques détails que nous avons négligés et que M. Ch. Martins nous a fait apercevoir en visitant les rochers polis et striés du tissage des Maix, commune de Rupt. (*Pl. 50 et 51.*)

(1) *Bulletin de la Société géologique*, t. 2, 2^e série, p. 249. 1845.

Le mamelon dont nous nous étions occupés n'est pas seul dans le bassin, il en existe plusieurs autres entre le pavillon et la route, et à l'aval au-dessous des bâtiments du tissage. Les surfaces d'amont ont été soumises à l'action du glacier qui, en franchissant ces obstacles, laissait intactes celles d'aval, et l'on a ici un exemple de cette disposition signalée dans tant d'autres contrées, du côté d'amont touché et poli (Stoss seite), et du côté d'aval, préservé (Lee seite).

Mais l'un de ces rochers entre le pavillon et la route, ne semble pas être dans les mêmes conditions, et, au premier aspect, sa surface d'amont paraît accidentée et rugueuse; et si l'on ne prenait pas la peine de le considérer de près et attentivement, on se trouverait fort embarrassé d'expliquer cette apparente anomalie.

Ce rocher est un granite traversé d'une multitude de filets de quartz entrecroisés qui sont en saillie sur la croûte, comme les filons de quartz de la Meyenwand se présentent en relief sur les surfaces de roches schisteuses qui les enveloppent. Le granite est profondément altéré et décomposé, et les espaces entre ces filets quartzeux sont marqués par des cavités irrégulières et de profondeurs variables.

Mais il suffit de toucher les aspérités en saillie pour s'apercevoir qu'elles sont planes et polies,

qu'elles se coordonnent au plan irrégulier d'une surface mamelonnée et polie par l'action du glacier, comme les autres rochers qui n'ont pas subi d'altération ; enfin , si l'on enlève les lichens qui se développent dans ces cavités et sur le quartz , on remarque sur les filets des stries fines dirigées dans le sens de la vallée ; la présence de ces stries ne permet plus de conserver de doutes sur la nature de l'agent qui a façonné ce rocher, dont l'apparente irrégularité est le résultat de l'action destructive des agents atmosphériques auxquels le quartz résiste énergiquement, tandis que le granite seul en subit les effets.

XIII.

KARRENFELDER (LAPIAS) :

MARMITES DE GÉANTS. (JETTEGRYDER, KIELDER.)

(Pl. 3 et 4, f. 1. Pl. 32.)

Les rochers sur lesquels les eaux exercent leur action destructive offrent des surfaces polies et découpées par des sillons irréguliers, entrecroisés, connus sous le nom de Karrenfelder ; ce sont des rigoles tortueuses, plus ou moins profondes, creusées suivant les inclinaisons diverses des surfaces sur lesquelles les eaux s'écoulent et qu'elles corrodent, en mettant en mouvement des sables et des graviers.

Les fissures qui divisent les masses minérales favorisent la production de ces sillons. Les matériaux charriés par les eaux n'étant pas soumis à un mouvement de progression régulier, suivant une direction constante, comme les galets enchassés dans la glace, peuvent tourner sur un même point pendant quelque temps et s'échapper ensuite en éprouvant de fréquentes déviations. Aussi les rigoles et les mamelons qui les séparent affectent-ils les formes les plus accidentées, les plus bizarres, et offrent-ils des étranglements et des renflements nombreux.

Les karren et les sillons ou les striés erratiques diffèrent donc essentiellement entre eux : ces derniers étant toujours ouverts et tracés parallèlement aux directions que suivent invariablement les glaciers dans leur marche. Dans plusieurs localités des Vosges, à Saint-Maurice, dans le vallon de Prelle, à Rupt, à Saint-Amé et dans la vallée de Saint-Amarin, au Glattsstein, etc., etc., nous avons des exemples de ces deux modes d'usure, sur des rochers soumis à l'action destructive des eaux, et au frottement des anciens glaciers.

Lorsque la roche n'est pas d'une égale dureté dans toute sa masse, l'eau attaque et détruit plus promptement les parties les plus tendres et y creuse des cavités circulaires souvent très-

larges et très-profondes : ce sont les marmites ; (marmites de géants , Jettegryder , Kielder). On en voit sur les rochers arénacés , schisteux ou granitiques , attaqués par les cours d'eau actuels.

Au Saut-des-Cuves , près de Gérardmer , par exemple , outre les karren de la surface des rochers , sur lesquels agissent les eaux ; on voit des trous circulaires dont quelques-uns n'ont pas moins d'un mètre de profondeur , et dont le diamètre diminue graduellement. Dans l'un de ces trous , terminé inférieurement par une cavité conique très-étroite , nous avons trouvé un caillou porphyrique , d'abord parfaitement arrondi , mais qui , en dernier lieu , ayant tourné sur un même point et verticalement autour de son axe , avait acquis la forme conique du fond de la cavité.

Sur les rochers de grès des Vosges , au Saut-du-Broc , il y a un grand nombre de ces cavités qui ne pénètrent pas toujours verticalement dans la roche , mais ouvertes suivant diverses inclinaisons ; sur leurs parois , comme sur les parois des trous des roches granitiques , on observe souvent des sillons plus ou moins profonds , ouverts suivant une spirale tracée d'aval en amont , et indiquant la direction imprimée par les eaux aux sables et aux galets pour par-

venir jusqu'au fond qu'ils n'atteignent généralement qu'après avoir suivi ces parois contre lesquels ils sont jetés avec force. Et comme en même temps ils tendent à tomber, sollicités par leur propre poids, ils ne terminent leur course qu'après avoir suivi de haut en bas la direction initiale imprimée par les eaux dans ces petits gouffres.

Dans le lit de la Moselotte, aux Gravières, commune de Saulxures, on voyait, il y a quelque temps encore, des bassins assez larges, ouverts dans une roche granitique, mais détruits récemment en grande partie pour l'établissement du barrage de prise d'eau d'une usine. J'ai indiqué dans un croquis (*Pl. 4, fig. 1.*) les dispositions de ces ouvertures, dans lesquelles on voyait les galets et les blocs mis en mouvement par les eaux, chaque fois que, parvenues à une certaine hauteur, elles avaient la force nécessaire.

Mais hors des limites que ne franchissent plus les cours d'eau, et sur des points que certainement ils n'ont pu atteindre à aucune époque, on observe cependant des bassins offrant les mêmes caractères, et évidemment produits par l'action des eaux. Ainsi, au sommet de la montagne des Cuveaux, à Éloyes, à 785 mètres au-dessus du niveau de la mer, c'est-à-dire à

plus de 300 mètres au-dessus du lit de la Moselle, on voit un certain nombre de trous ouverts à la surface d'une table de grès des Vosges. (*Pl. 32.*)

Ces cavités, à cette hauteur, sont de nouvelles preuves de la présence d'anciens glaciers sur la plupart des proéminences de la chaîne des Vosges; les eaux circulant sous ces glaciers, ou provenant des ruisseaux de la surface, et tombant dans des puits naturels jusqu'au roc sous-jacent, ont seules pu produire ces érosions; et quand on considère d'ailleurs les dispositions du sol, et que l'on voit le faite de la tête des Cuveaux former un mamelon isolé au-dessus de la Moselle, entre les vallons d'Éloyes et de la Suche, on ne saurait comprendre comment un courant aurait pu parvenir au sommet de la table, et d'où il serait sorti, puisque pour arriver à ce point, il aurait dû remonter des pentes très-raides, quelles que fussent sa direction et son origine.

XIV.

RÉSUMÉ ET CONCLUSIONS.

Nous venons de passer en revue les dispositions générales du terrain erratique des Vosges , et de faire connaître les caractères essentiels qui le distinguent des dépôts formés par les eaux ; des observations ultérieures , confirmèrent , nous en avons la conviction , les opinions que nous avons émises dans ce mémoire , et que nous allons succinctement résumer.

D'après les anciennes théories , les dépôts d'alluvions , de transport et de comblement , se distinguaient des autres formations superficielles , par la forme et l'arrangement de leurs matériaux.

Les galets *arrondis* indiquaient plus particulièrement les dépôts dus à l'action exclusive des eaux. Mais ces galets nous les retrouvons dans les nappes et dans les accumulations produites par les glaciers actuels, dans les moraines frontales, latérales et profondes des Vosges, dans les lits des rivières d'une partie de cette contrée, et toujours associés à des galets polis, anguleux, polyédriques, et même striés, appartenant évidemment au terrain erratique.

Nulle part, dans un cours d'eau, nous ne trouvons des galets arrondis, seuls; et leur mélange avec des cailloux de diverses formes nous force à renoncer à attribuer leur production à l'action exclusive des eaux.

De plus, nous n'observons des galets arrondis que dans les ruisseaux ou rivières coulant sur des nappes erratiques, sur des moraines; et nous n'en voyons pas d'exemples dans les cours d'eau de la région des Vosges, dans laquelle on ne remarque aucune trace de la présence d'anciens glaciers. Dans les lits de la Meuse, du Mouzon, du Vair et de la Vraine, les galets sont fort peu abondants; ils sont tous de nature calcaire et moins résistants que les galets quarzeux et granitiques; et cependant s'ils portent les traces de quelques frottements, de quelques altérations dues à l'action de l'eau, il n'en est

pas un seul qui approche, même imparfaitement, de la forme sphéroïdale, ils sont tous polyédriques, à angles émoussés, mais dépourvus de surfaces frottées ou polies. Et cependant les calcaires acquièrent très-facilement et très-promptement la forme sphéroïdale, même sans le concours de l'eau, comme nous le remarquons dans tous les empierrements exécutés pendant les sécheresses et dans lesquels une circulation active a bientôt réduit en *boules* les matériaux dont la stabilité n'a pu être assurée par du sable ou divers détritrus détrempés par la pluie. La présence de galets arrondis ne peut donc plus suffire pour nous déterminer à reconnaître les terrains formés exclusivement par les eaux. A moins que dans un dépôt ils ne se rencontrent seuls et à l'exclusion de toute autre forme caractéristique d'une autre cause, conditions que nous n'observons nulle part dans les Vosges; ce qui ne nous dispenserait pas de tenir compte en outre des dispositions et de l'arrangement intérieur et extérieur du dépôt, les déjections des torrents, les dépôts de comblement par voie de transport et de sédiment, ayant des formes particulières que n'affecte aucune des accumulations superficielles comprises dans notre terrain erratique.

En conséquence nous établirons dans les

terrains superficiels des Vosges divers groupes, à savoir :

1° Les éboulements, anciens et récents ;

2° Les tourbières, anciennes ou en voie de formation ;

3° Les atterrissements, alluvions ou comblements, comprenant les dépôts de détritiques des vallées de la région occidentale, dans lesquels on ne remarque pas de traces de transports par des courants rapides, et qui se sont formés par des sédiments successifs, qui continuent à se produire dans des bassins périodiquement submergés : ces dépôts recouvrent quelquefois des moraines profondes ; (Vallée de la Meurthe, etc., etc.)

4° Les lits de déjection des torrents, éteints ou en activité ; les plus anciens ayant agi immédiatement après la disparition des glaciers et dont les cônes sont recouverts depuis un temps immémorial par une couche de détritiques et par une active végétation. Les autres agissant encore aujourd'hui, mais sur une plus petite échelle ;

5° Le terrain erratique, comprenant les blocs, les moraines profondes, latérales et frontales par obstacles et d'Abschwung.

Dans la région qu'il occupe nous ne saurions, sur une carte, indiquer les alluvions des rivières, qu'on ne peut séparer des moraines

profondes ; cette division ne comprendrait d'ailleurs que les parties du terrain erratique soumises à l'action des eaux, dans des lits variables. Nous devons nous borner, dans les descriptions de détail à dire que dans telle ou telle vallée, les eaux coulent sur le terrain erratique et y produisent des remaniements, des affouillements, des déplacements partiels ; mais que jusqu'ici, et après une longue série de siècles, elles ne sont pas parvenues à effacer les caractères essentiels des galets autrefois façonnés par les glaciers ; qu'il n'y a là ni alluvions, ni diluvium, ni comblement, dans la véritable acception de ces désignations.

La conservation des moraines sableuses, des dépôts des plateaux, la position des blocs erratiques sur des terrains meubles, la régularité des moraines profondes ; les lacs situés dans les vallées ou dans les cirques, et retenus par des barrages de sables et de galets ; l'absence de galets roulés dans les rivières de la partie occidentale des Vosges, ne sauraient nous permettre de recourir à l'hypothèse de courants diluviens. Et non-seulement nous ne retrouvons aucune trace de ces débâcles présumées, mais nous avons au contraire à chaque pas les preuves du peu d'énergie des anciens cours d'eau, qui n'auraient pu franchir certaines limites sans

apporter d'incalculables perturbations dans les dépôts erratiques qu'ils auraient bouleversés et détruits.

Épinal, le 27 Septembre 1848.



TABLE DES PLANCHES.

PL. 1^{re}. Action des eaux de la Moselle sur la nappe ,
ou moraine profonde.

F. 1. Calmes et rapides indiqués en partie dans le plan f. 2 : profils en travers, n^{os} 1, 2 et 3, dans lesquels on a figuré les irrégularités, les bourrelets du lit du cours d'eau, dans lesquels on chercherait inutilement des canaux à sections étagées. F. 4, coupe longitudinale des renflements et des dépressions de la partie de la nappe profonde sur laquelle les eaux exercent leur action.

PL. 2. Nappe profonde du bassin de la Moselle au-dessous d'Épinal, dans la plaine de Chavelot; les parties latérales situées hors des atteintes

des eaux ont conservé leur nivellement transversal et longitudinal ; tandis que dans les limites variables du lit de la rivière , on retrouve les accidents présentés pl. 1^{re}.

PL. 3. Action des eaux sur les rochers.

F. 1. Coupe des rochers de grès des Vosges , du Saut - du - Broc , avec les Karrenfelder entre-croisés et les cavités dont les détails sont donnés f. 2, 2^a, 3 et 3^a.

Les f. 4 et 4^a représentent les rochers granitiques du Saut - des - Cuves. Dans la coupe n° 4^a on a figuré le galet retiré du fond d'une des cavités produites par l'érosion des fragments de roches et du sable mis en mouvement par les eaux.

PL. 4. F. 1. Marmites et karren des rochers granitiques situés dans le lit de la Moselotte, aux Graviers, commune de Saulxures.

F. 2. Comblement de la vallée de la Vraine.

F. 3. Comblement de la vallée de l'Anger : *a, b, c, d*, cônes de déjection de petits torrents intermittents.

F. 4. Galets *roulés* de la Meuse et du Mouzon.

PL. 5. Diverses formes de galets glaciaires des glaciers de la Suisse : *a'*, coupe du disque n° 4.

F. 2. Coupe de l'extrémité inférieure du glacier du Rhône : *a*, moraine frontale en voie de formation ; *b*, moraine précédente renversée par suite de l'envahissement du glacier , *c, c, c*, moraine profonde.

PL. 6. Moraine profonde des glaciers de l'Aar, dans le cirque du Grimsel et dans le vallon de l'hospice.

PL. 7. Moraine profonde des mêmes glaciers dans le cirque de Rœterischboden sur le premier plan, moraine frontale barrant le bassin à l'aval.

F. 2. Moraine profonde des mêmes glaciers dans le cirque d'Im-Grund : *a*, *a*, *a*, moraine du Kirchet ; *b*, moraine frontale reposant sur la moraine profonde au pied et à l'amont du Kirchet.

F. 3. Amont du lac de Brienz. Moraine profonde jusqu'à la tête du lac : *a*, cône de déjection ancien d'un torrent qui a perdu une grande partie de son énergie. Ce cône est couvert de végétation et d'habitations. *b* et *c*, cônes de déjection récents et en voie de formation.

PL. 8. F. 1. Moraine profonde entre les lacs de Brienz et de Thun, dont la régularité n'est pas interrompue à la rencontre des gorges de Lauter-Brunen.

F. 2. Coupe entre Im-Grund et Meyringen : *a*, *a*, moraine profonde ; *e*, moraine du Kirchet ; *d*, moraine frontale du bas du cirque ; *b*, *c*, cônes de déjection recouvrant la moraine profonde à Meyringen.

PL. 9. Galets glaciaires des Vosges, provenant des moraines frontales et de diverses parties du lit même de la Moselle.

PL. 10. De 1 à 9, galets anguleux, des nappes des plateaux bordant le bassin de la Moselle; 1 et 2, fragments de grès bigarré; 3, argile du grès bigarré; 4, 5 et 6, fragments de galets quartzeux provenant du grès des Vosges; 7, 8 et 9, galets granitiques.

F. 10. Galet de diorite, poli et strié.

F. 11. Galet de schiste de Bussang, poli et strié. Ces deux numéros ont été recueillis dans la moraine profonde (nappe de comblement) de la Moselle, dans la localité figurée pl. 2.

F. 12. Galet de schiste strié, de la moraine latérale du Thillot.

F. 13. Galet poli et strié du Schliffels, vallée de Saint-Amarin.

F. 14. Bloc poli et strié de diorite, de la même localité.

PL. 11. Du n° 1 au n° 8, galets erratiques de la vallée du Rhône, au péage du Roussillon; le n° 4 provient du lit même du Rhône. (*a*, coupe du disque n° 2.)

Du n° 9 au n° 17, divers galets du grès des Vosges: galets évidemment erratiques. (*b*, coupe du disque n° 10.)

Du n° 18 au n° 22, quelques galets du Nagelfluh, de la vallée du Rhin.

PL. 12. De 1 à 13, galets glaciaires de la vallée du Rhin (Alsace).

De 14 à 26, galets glaciaires du dépôt nommé *diluvium* de la Suisse.

- PL. 13. F. 1. Moraine profonde, latérale et frontale de la vallée de la Moselle, entre Archettes et Longuet (au-dessous de Remiremont).
F. 2. Coupe de la même partie de la vallée.
F. 3. Les mêmes moraines vues d'Éloyes.
- PL. 14. F. 1. Moraine frontale et moraine profonde de Longuet, vues d'amont.
F. 2. Moraine profonde et latérale de la vallée de la Moselle, au-dessous d'Épinal.
F. 3. Coupe transversale de la F. 2.
F. 4. Moraine profonde et latérale à l'amont de Châtel.
F. 5. Coupe transversale de la vallée de la Moselle à l'amont d'Épinal.
- PL. 15. F. 1. Moraines profondes et latérales des bassins de la Meurthe et de la Fave, à Saint-Dié.
F. 2 et f. 3. Coupe de terrain erratique de la vallée de la Vologne près de Docelles.
F. 4, 5, 6 et 7. Coupes des moraines *stratifiées* de Saint-Amé, du Saut-des-Cuves, de Rupt et du Tholy.
- PL. 16. F. 1. Dispositions du terrain erratique dans la vallée de la Moselle, entre Nomexy et Saint-Maurice.
F. 2. *AB*, *BC*, coupe de cette vallée entre Nomexy et Remiremont.
- PL. 17. F. 1 et 2. *AB*, *BC*, coupe des vallées de la Moselle, de Cleurie et de la Vologne, entre Éloyes et Retournermer (moraines profondes, latérales et frontales, et blocs erratiques).

- F. 3. Moraine profonde et tourbières entre les moraines frontales du Tholy et du Beillard, et à l'amont de cette dernière.
- PL. 18. Plan des moraines du col d'Olichamp et de la grande Courrue à Remiremont.
- PL. 19. F. 1. Coupe générale des moraines de Rupt et de Remiremont.
 F. 2. Moraine des sablons de Remanvillers.
 F. 3. Coupe transversale de la vallée de la Moselle à la hauteur de Remiremont. (Moraines et blocs erratiques.)
- PL. 20. Vue et coupe des moraines frontales du Tholy, au Rein-Brice.
- PL. 21. F. 1 et 2. Vue et coupe de la moraine frontale du Saut-des-Cuves, près de Gérardmer.
 F. 3. Coupe prise à Longemer.
a, éboulements de la rive droite du lac; *b*, moraine latérale;
c, moraine frontale du lac de Lispach.
- PL. 22. F. 1, 2 et 3. Plan et coupes des moraines du bas de la vallée de Ventron.
- PL. 23. Vues et coupe de la moraine et du lac Fondromé, près de Rupt.
- PL. 24. Les premières moraines de la vallée du Chajoux à la Bresse, vues d'aval.
 F. 2 et 3. Vues et coupe de la moraine et du lac des Corbeaux à la Bresse.
- PL. 25. F. 1. Moraine et lac de Blanchemer, au pied du Rotabac.
 F. 2. Coupe entre Blanchemer et la première moraine frontale de Belle-Hutte.

F. 3. Moraines de la vallée de Belle-Hutte, coupe en long.

F. 4. Coupe transversale de la première moraine.

PL. 26. Vues et coupes des moraines de la vallée de Wildenstein entre Grüth et le vieux château.

PL. 27. F. 1 et 2. Coupe et vue de la moraine d'Abschwung de Rochesson.

F. 3. Terrain erratique de la vallée de l'Ogronne.

F. 4. Blocs erratiques de la vallée de Rochesson.

PL. 28. Blocs erratiques.

F. 1, blocs du sommet de la Charme au Gris-Mouton.

F. 2, pierre Kerlinkin.

F. 3, bloc granitique sur le grès des Vosges au Saut-du-Broc.

F. 4, bloc granitique situé dans le village de Jarmenil, sur le grès des Vosges.

F. 5, blocs de la vallée de l'Ogronne.

PL. 29. Terrain erratique de la vallée de Giromagny.

F. 1. Moraines du Puix et de Giromagny ; blocs.

F. 2. Coupe prise à Giromagny.

F. 3. Champs de blocs des points *a* et *b*, des croquis n^{os} 1 et 2.

PL. 30. F. 1. Coupe du terrain erratique de Rupt.

F. 2. Vue des rochers polis et striés, relevés

au-dessus de la moraine profonde de Rupt;
c, f, g.

F. 3. Plan d'un de ces rochers; sa coupe
f. 4, 5^a et 5^b. Aspect de la surface du ro-
cher *c* (granite traversé par un grand nombre
de filets de quartz en relief sur la roche dé-
composée).

F. 6. Les faces des filets de quartz se coor-
donnent au plan de la surface frottée du rocher.

F. 7. Le quartz offre des surfaces polies et
striées.

PL. 31. F. 1, 2, 3 et 4. Rochers polis et striés du
tissage des Maix à Rupt. (Rocher *e* de la
planche 30.)

F. 5. Rochers polis et striés, avec Kar-
renfelder du Glattstein (Wesserling).

PL. 32. Plan, coupe et vue des marmites de la tête
des Cuveaux d'Éloyes.



TABLE DES MATIÈRES.



	Pages.
Introduction	v
I. Action des cours d'eau.	1
II. Action des glaciers	7
III. Erratique de la Suisse	15
IV. Étendue du terrain erratique des Vosges	59
V. Moraines profondes	41
VI. Complements des vallées de l'ouest.	65
VII. Lehm	71
VIII. Moraines latérales.	75
IX. Moraines terminales ou frontales.	85
X. Moraines sur des obstacles; moraines d'Abschwung.	101
XI. Blocs erratiques.	107
XII. Roches polies et striées.	115
XIII. Karrenfelder : Marmites de Géants.	119
XIV. Résumé et conclusions	125
Table des planches.	151