

OBSERVATIONS

SUR

LES MORAINES ET SUR LES DÉPÔTS

DE TRANSPORT OU DE COMPLEMENT

DES VOSGES,

PAR M. HOGARD,

MEMBRE TITULAIRE.

§. 1^{er}.

BUT DE CE MÉMOIRE.

J'ai publié au commencement de 1840 quelques observations sur les traces de glaciers qui, à une certaine époque, semblent avoir recouvert une grande partie de la chaîne des Vosges : je me suis arrêté dans mon travail à l'examen des caractères généraux des *moraines* ; je les ai esquissés bien à la hâte, en évitant d'entrer dans des détails que je croyais superflus, alors qu'il s'agissait de comparer des dépôts composés à la vérité de matériaux pour ainsi dire analogues, mais placés dans des conditions tellement différentes qu'il ne me semblait pas possible de les considérer, un seul instant, comme appartenant à un même ordre de formation.

Il serait sans doute souvent difficile, et peut-être même impossible de reconnaître à quelle formation appartiennent des sables, des graviers ou des blocs roulés de diverses roches, si l'on considérait seulement ces matériaux sous le rapport de leur composition et de leurs caractères minéralogiques; mais l'incertitude et le doute doivent bientôt se dissiper quand on étudie sous un autre point de vue les dépôts qu'ils constituent, quand on procède à un examen comparatif, en tenant compte à la fois et de leurs caractères physiques et de leurs caractères géologiques.

Sous le rapport de leur aspect et de l'arrangement intérieur ou extérieur de leurs éléments, les amas de sables et de graviers, que l'on regarde comme les restes d'*anciennes moraines*, diffèrent autant des dépôts de transport ou de comblement, que ceux-ci diffèrent des massifs d'éboulement que l'on rencontre sur les flancs et aux pieds de certaines montagnes.

Les uns présentent l'assemblage de matériaux jetés et amoncelés sans ordre, de remblais formés par des masses déblayées, confusément entassées et comprimées; les autres renferment les mêmes éléments, mais distribués par couches souvent régulières, et toujours, dans une même subdivision, déposés ou groupés comme toutes les matières transportées par les eaux, et qui ont été soumises à l'action des lois du mouvement et de la pesanteur.

Toutefois, les explications que j'ai données n'ont peut-être pas suffi pour convaincre ceux qui n'ont pu vérifier sur place les faits sur lesquels j'avais basé mon opinion, et pour leur faire admettre sans réserve les résultats de mes premières observations: aussi ai-je cru devoir reprendre mon premier travail, le compléter, et recueillir toutes les preuves dont il a besoin d'être appuyé, quoique cependant il ne semble pas que l'on puisse persister à réunir dans un même

groupe, des terrains formés sous des influences et dans des conditions si diverses.

Je chercherai à donner aux indications que je vais produire toute la précision nécessaire, pour qu'il soit toujours possible de vérifier l'exactitude des données que j'ai recueillies, et de retrouver les exemples de gissements, qui ont été choisis de préférence dans les localités que l'on visite le plus habituellement.

Je m'efforcerai en outre d'éviter d'entrer dans des détails qui ne seraient pas absolument utiles; mais, on le comprendra, quoique le but principal de ces recherches soit de démontrer l'existence des *moraines* dans les Vosges, je ne puis arriver à ce résultat sans entrer dans quelques considérations sur l'action des eaux à la surface de la terre, et sur les divers dépôts de comblement et de transport. Il faudra bien, pour obtenir cette conclusion; que *certaines amas de sables, de graviers et de diverses roches n'ont pu se former au sein des eaux*, tracer d'abord les caractères propres des terrains composés d'éléments *entraînés et charriés par les eaux*; et peut-être ne pourrai-je le faire aussi succinctement que je le voudrais,

§. 2.

ACTION DE L'EAU A LA SURFACE DE LA TERRE.

L'eau se présente à différents états, celui de solidité ou de glace, celui de fluidité et celui de vapeur.

A l'état de glace, elle se rencontre, à partir d'une certaine limite, sur les sommités des chaînes de montagnes, et constitue des massifs nommés glaciers, pour ainsi dire.

suspendus sur les flancs de ces montagnes , pénétrant dans les vallées en obéissant à un mouvement continu qui s'opère suivant les directions des pentes , et devenant ainsi un instrument puissant de dégradation du sol qui les supporte ; elle recouvre des contrées tout entières ; elle forme des masses considérables qui s'avancent jusques dans les mers des régions polaires , dont la surface se trouve encombrée de montagnes glacées et flottantes ; ces monceaux de glaces enveloppent , entraînent et dispersent des blocs de roches que souvent ils renferment. Enfin les glaces qui se forment dans les rivières et les fleuves pendant l'hiver, se brisent , se disloquent , et sont ensuite transportées au loin , avec les sables , les graviers et les galets ou les blocs auxquels elles se trouvent associées.

A l'état fluide , répandue sur la surface de la terre , l'eau 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 : ainsi elle exerce simultanément une double action ; elle agit , soit *chimiquement* , en favorisant la décomposition des roches , soit *mécaniquement* , en opérant le transport des détritits et des débris de matières dont elle a hâté la division ; c'est sous ce dernier point de vue que nous avons à considérer l'eau à l'état de fluidité.

Elle existe à cet état dans la mer , dans les lacs ; elle est contenue et coule dans des canaux naturellement ouverts dans le fond des vallées , et connus sous le nom de *lits* des ruisseaux , des rivières , des torrents ou des fleuves , qu'elle alimente. Enfin , chaque fois qu'elle est tombée de l'atmosphère , elle se répand sur la terre en suivant les déclivités du sol et sans être soumise à un cours régulier.

L'eau atmosphérique n'arrive souvent qu'en petite quantité ; elle peut être absorbée successivement , et elle pénètre

à travers les couches perméables , pour se réunir ensuite dans les cavités , dans les dépressions où s'alimentent les sources ; son action est plus lente alors , mais elle n'en est pas moins énergique : elle altère les rochers , les pénètre et hâte leur décomposition ; souvent même elle détrempe des couches entières , supportant des massifs considérables qui , perdant leur solidité , glissent et tombent dans les vallées , dès que la base sur laquelle ils reposaient se trouve suffisamment ramollie.

Les Alpes nous offrent plusieurs exemples d'affreux désastres ; causés par des éboulements résultant de cette action lente des eaux. Des collines entières ont été recouvertes de débris , des lacs ont été partiellement comblés , et plusieurs villages avec une grande partie de leurs populations ont été engloutis , sous des masses de rochers et de boue.

En certains instants , les pluies tombent avec une telle abondance et fournissent une telle quantité d'eau qu'elles détrempent et pénètrent les terrains meubles , y ouvrent des sillons , des ravins qu'elles élargissent de plus en plus : elles donnent naissance alors à des torrents et entraînent avec elles des pierres et des rochers dont elles ont causé la chute , en corrodant et en détruisant les bases sur lesquelles ils reposaient ; enfin , elles désolent et ruinent en quelques instants certaines contrées , en renversant tout ce qui s'oppose à leur passage et à leurs efforts.

L'action incessante de l'eau tend donc à modifier à chaque instant les formes extérieures des terrains , à dénuder les sommités et 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 , à détruire et à créer ensuite ; tantôt elle porte la fertilité dans ces vastes plaines , qui seraient frappées de stérilité et demeureraient désertes

si elles n'étaient chaque année recouvertes d'eau chargée d'un limon fertile, tantôt la désolation ou la ruine dans ces vallées où se précipitent, avec une incroyable vitesse, des eaux torrentueuses, mêlées de blocs de pierres et de débris de toute nature, sous lesquels, après un débordement qui n'a duré que quelques instants, une contrée toute entière se trouve ensevelie.

Dans tous les temps, mais surtout dans la saison des pluies ou des orages, ou lors de la fonte des neiges, les ruisseaux, les rivières, en un mot tous les cours d'eau transportent, en plus ou moins grande quantité, des sables, des galets, des blocs de roches et des détritrus limoneux, qui se déposent et s'accumulent vers leurs 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.

La portion de matières terreuses mêlées au volume des eaux des fleuves varie, soit en raison de la nature des terrains traversés, soit en raison de l'énergie des cours d'eau : ainsi, elle est, d'après divers auteurs, de $\frac{1}{200}$ dans le fleuve Jaune en Chine, de $\frac{1}{134}$ dans le Nil, de $\frac{1}{100}$ dans le Rhin ; enfin, en examinant les masses de déjections produites par les torrents dans les bassins, ou dans les plaines où ils dégorgent, on voit que cette proportion augmente d'une manière presque incroyable.

Maintenant jetons un coup d'œil sur ces dépôts, examinons de quelle façon ils se forment, s'agrandissent, se modifient ou se détruisent ; comparons les terrains encore en voie de formation aux masses que l'on rencontre, soit entières, soit par lambeaux isolés et considérés comme des terrains de transport, laissés çà et là comme des témoins de ce qui a eu lieu autrefois dans les lieux que les eaux ont abandonnés et ne peuvent plus atteindre aujourd'hui ;

et recherchons s'il n'existe pas dans ces dépôts des caractères constants, indiquant d'une manière certaine que, si les uns et les autres se trouvent placés dans des conditions différentes, ils ont cependant été produits sous l'influence des mêmes causes, qui ont pu agir successivement sur tel ou tel point de la surface de la terre, mais toujours de la même manière et suivant des lois qui n'ont jamais été troublées.

Ensuite, quand nous saurons reconnaître les dépôts de transport ou de comblement, il nous sera facile de démontrer l'impossibilité de ranger dans le même ordre les amas de sables et de graviers que nous avons considérés comme des *anciennes moraines*.

S'il n'existait pas des causes de ralentissement dans la marche des eaux courantes, telles que la résistance qu'elles éprouvent vers les confluent et les points où elles se jettent dans la mer, ou telles que les frottements qu'elles exercent contre les bords ou les fonds de leurs lits, établis suivant des plans inégaux et raboteux, leur vitesse devrait graduellement s'accélérer depuis les sources jusqu'aux embouchures.

Mais dans les plaines, par exemple, où les pentes sont très-faibles, cette vitesse diminue, leur cours devient régulier et ne dépend en quelque sorte que du plus ou moins de résistance que peuvent opposer les bords ou le fond des lits qu'elles suivent. Leur vitesse, suivant les expériences de Pitot, est encore diminuée d'environ la moitié à la rencontre des eaux de la mer, et elles éprouvent un ralentissement qui doit se faire sentir sur les trois quarts de la longueur du parcours; la vitesse acquise par le premier quart étant égale à la moitié de celle qu'elles doivent acquérir par leur chute totale.

Les frottements sont une cause non moins puissante de ralentissement : les cours d'eau se divisent en une multitude

de filets à la rencontre des aspérités du sol, se détournent de leur direction première et perdent une partie de leur énergie; sans cela, les eaux devraient acquérir des vitesses considérables, et particulièrement vers le fond des lits où elles se trouvent renfermées, et dont la largeur ou la profondeur (la section) devraient, contrairement à ce qui a lieu, diminuer de plus en plus à l'approche des embouchures.

Toutefois, il ne faut pas conclure de ce qui précède que la pente du plan sur lequel coule un fleuve soit la seule cause de sa vitesse : sur un plan horizontal même, l'eau doit en acquérir du moment que sa surface se trouve plus élevée à son origine que vers le point où elle coule, et son mouvement doit s'accélérer en raison du volume d'eau à débiter, la vitesse dépendant, non seulement de la pente mais de la hauteur de la section de l'eau, l'une des causes d'accélération dans les fleuves qui ont peu de pente, et qu'on ne pourrait convenablement estimer en ne considérant que la vitesse qui doit s'accroître sur tous les points où la hauteur de la rive est plus grande et où la section est plus étroite.

Il est généralement admis que les cours d'eau creusent leurs lits en raison de la force d'action dont ils se trouvent doués, et qu'ils ne cessent d'agir qu'au moment où la résistance des terrains se trouve être supérieure à cette force, que lorsqu'il y a stabilité : ils parviennent alors à l'état de régime, et il s'établit une sorte d'équilibre entre l'action destructive et la résistance qu'elle éprouve, et qui résulte du degré de tenacité et de cohésion des roches dans lesquelles le lit est ouvert ou qui le bordent, de la direction des rives par rapport au courant et de la pesanteur spécifique des matériaux qui l'encombrent, de la réduction des pentes qui souvent se modifient à la suite d'attérissements opérés par les eaux elles-mêmes.

La vitesse au fond ou sur les bords doit donc être réduite par le frottement et se trouver moins grande que vers le centre, et c'est ce qui a lieu : par suite de cette accélération, la colonne fluide médiane acquiert une plus grande élévation et la coupe transversale du cours d'eau présente une courbe convexe, dont le sommet correspondant au fil de l'eau est le point de plus grande vitesse, qui va en décroissant depuis la surface jusqu'aux bords, et depuis cette surface jusqu'au fond.

Il résulte de ce qui précède, que la puissance de transport des cours d'eau doit être sujette à de fréquentes variations, qu'elle doit être moins grande lors des sécheresses que dans les saisons pluvieuses ou au moment de la fonte des neiges ou des glaces. Leur énergie est diminuée aussi par le contact même des matières à transporter : quand les débris de roches dures, détachés des flancs des montagnes par les agents atmosphériques et par les eaux sauvages, parviennent dans le lit d'une rivière, ils sont généralement anguleux, ils offrent des surfaces planes suivant lesquelles ils peuvent se placer, ils acquièrent une certaine stabilité, et ils opposent à l'action de l'eau une résistance nécessairement plus considérable que lorsqu'ils se sont convertis en galets arrondis.

Mais avant de rouler et de s'user par le frottement, il faut que l'eau puisse les soulever, et ce déplacement exige des efforts beaucoup plus grands ; aussi les effets du travail de divers cours d'eau, doués d'une même force, seront-ils bien différents, suivant qu'ils auront à charrier des débris anguleux de granite, de roches euritiques, ou bien des débris de grès, de poudingue, offrant peu de cohésion, et qui peuvent, en se désagrégant, facilement fournir des sables et des galets déjà arrondis.

La facilité du transport augmente donc graduellement,

à mesure que les débris de roches entraînés s'usent, s'arrondissent, se réduisent; et si les courants conservaient constamment la même force et demeureraient dans les mêmes conditions, ces débris une fois en mouvement devraient être entraînés sans discontinuité jusqu'aux bassins où les rivières vont se perdre: mais il n'en est pas ainsi, la pente totale d'un cours d'eau n'étant pas uniforme; elle se compose de plans plus ou moins inclinés, présentant des renflements ou des dépressions, de telle sorte que la vitesse s'accroît ou se ralentit, et que le transport des matériaux ne peut s'opérer d'une manière uniforme. Les matériaux entraînés s'arrêtent, se déposent dans toutes les parties du lit où la vitesse est trop faible, et demeurent en place jusqu'au moment où, par suite de causes accidentelles, de gonflements dans le volume des eaux, ils peuvent de nouveau être soulevés et poussés un peu plus loin.

Les détritiques seuls, provenant de la décomposition des diverses substances charriées, détachés des terrains meubles qui bordent les rivières et tenus en suspension dans les eaux, continuent à être entraînés. La nature des dépôts doit donc varier, suivant qu'ils se forment aux embouchures des fleuves et des rivières dont le cours est plus ou moins pressé et uniforme; les uns, tels que le Rhin, le Danube, le Rhône, tantôt calmes, tantôt rapides, abandonnent les galets chaque fois que leur cours se ralentit, et ne transportent que des sables et de la boue jusqu'à leurs embouchures, et les autres courant avec une vitesse suffisante, presque constamment uniforme, n'ayant d'ailleurs qu'une moindre distance à parcourir, comme ceux qui sortent des chaînes de montagnes rapprochées des côtes, se jettent dans les mers, chargés à la fois de détritiques, de sables et de cailloux.

Ainsi, deux cours d'eau ouverts dans des terrains entièrement semblables sous le rapport de la composition géologique, de la distribution des couches, et débouchant dans un même bassin, dans un lac, y parviendront cependant chargés de matières différentes, en raison du plus ou moins de pente et, par suite, de la rapidité qu'ils peuvent acquérir, de l'uniformité ou de l'irrégularité de cette pente, qui peut suivre une seule ligne presque continue, une courbe régulière, ou offrir une certaine succession de chûtes, de jarrets, de dépressions ou de renflements.

Les eaux ne peuvent d'ailleurs dépasser en vitesse les limites indiquées ci-dessous sans commencer à attaquer le fond sur lequel elles coulent.

(1) Nature des fonds.	Limites de la vitesse.
Terres détrempées	0, 076.
Argiles tendres	0, 152.
Sables	0, 305.
Graviers	0, 609.
Cailloux	0, 614.
Pierres cassées, silex	1, 220.
Cailloux agglomérés, schistes tendres . . .	1, 520.
Roches en couches	1, 830.
Roches dures	3, 050.

(1) MORIN, *Aide-mémoire*, page 39.

§. 2.

DÉPOTS FORMÉS PAR LES EAUX.

Dans la plupart des vallées des montagnes des Vosges, on observe un certain nombre de renflements et d'étranglements, indiquant assez que ces longues cavités, à fonds généralement très-plats, ouvertes dans les masses minérales, étaient autrefois divisées en un certain nombre de bassins déterminés par des inégalités de ces masses, et fermés par des barrières dont on voit encore aujourd'hui les vestiges; dans ces bassins existaient des lacs disposés par étages successifs, et dans lesquels ont été entraînés les matériaux de toute nature arrachés aux flancs des montagnes voisines.

Cette disposition, que j'ai décrite en 1836 et en 1837, n'est-elle pas d'ailleurs conforme à celle que l'on observe dans la plupart des vallées, sur tous les points du globe, et que tant d'observateurs ont envisagée et expliquée de la même manière? Les vallées de la Durance, du grand et du petit Buëch, du Drac et de la Romanche (1) en offrent des exemples remarquables. Elles s'élargissent et se resserrent successivement, de manière à former un chapelet de bassins consécutifs, séparés par des étranglements. Ces bassins sont allongés dans le sens des rivières; leur fond est très-plat et se détache nettement du pied des montagnes environnantes; il paraît en quelque sorte nivelé par les eaux.

(1) SURELL. *Études des torrents des Hautes-Alpes*, page 3, 1841.

« Suivant une opinion généralement accréditée, ces
» cirques elliptiques sont les bassins, aujourd'hui com-
» blés, d'anciens amas d'eaux emprisonnés à la manière
» des lacs; il est probable qu'à une époque reculée, les
» rivières étaient remplacées par une succession de pareils
» lacs, échelonnés à différents étages et communiquant
» entr'eux par des cataractes, par des rapides; alors les
» eaux s'écoulaient de bief en bief; peu à peu les fonds
» ont été exhausés; les roches qui séparaient les bassins
» ont été creusés, et les eaux ont fini par couler dans un
» lit uni et sur des pentes continues. On a encore aujour-
» d'hui l'exemple d'une pareille action dans les lacs con-
» sécutifs situés au nord des Etats-Unis, et qui semblent
» destinés à se confondre un jour dans la rivière de Saint-
» Laurent (1). »

Il existe d'autres genres de vallées qui ne présentent aucuns de ces étranglements, et dont les parois conservent un parallélisme remarquable. Les unes et les autres, cependant, semblent devoir leur origine à des bouleversements qui ont déterminé dans les masses minérales, soit des dépressions, soit des fissures, dans lesquelles les eaux ont ensuite été dirigées et où elles ont corrodé les terrains et réglé leur lit.

Dans les vallées d'élévation et de dénudation, le thalweg est également indiqué par le cours d'eau : dans les vallées de montagnes, il suit une courbe sensiblement continue, dont la pente augmente à mesure qu'on approche du col (ou si l'on aime mieux, dont la tangente s'approche de la verticale, à mesure qu'on approche du col) vers lequel les rayons de courbes diminuent graduellement (2).

(1) SURELL. *Études des torrents des Hautes-Alpes.*

(2) *Description du système des Vosges*, page 45.

« Ne voit-on pas dans cette disposition une preuve
» évidente de la manière dont les thalweg se sont formés ?
» S'ils ont tous une forme qui s'adapte si bien aux lois
» du mouvement des eaux , ne peut-on en conclure qu'ils
» ont été ainsi réglés par la même cause générale , dont
» l'action a été constamment la même dans toutes les cir-
» constances ; que les eaux ont successivement modifié la
» ligne de plus grande pente des crevasses dans lesquelles
» elles ont été précipitées ; *enfin qu'au milieu de ces modi-*
» *fications , s'est créée peu à peu la courbe du lit le plus*
» *stable , sous la double influence du frottement des eaux*
» *tendant à donner un minimum , et de la résistance acci-*
» *dentée du sol tendant à donner un maximum (1). »*

Le comblement des lacs s'est opéré graduellement et d'une manière plus ou moins complète , suivant que les barrières ont résisté plus ou moins à l'action destructive des courants qui se déversaient d'un bassin dans l'autre : ces dépôts de comblement ont ensuite été attaqués par les eaux , souvent assez profondément , quand le fond des coupures pratiquées dans les digues se trouvait atteindre la base du terrain rapporté , dans lequel le lit du cours d'eau allait s'établir.

Aujourd'hui nous ne trouvons plus de ces premiers dépôts que des ruines généralement assez mal conservées ; quelques-unes , cependant , offrent encore tous les caractères propres aux terrains de comblement , ainsi que nous aurons bientôt occasion de le dire.

Les dépôts formés dans les lacs par accumulation des détritrus que les rivières y charrient , prennent généralement une stratification peu inclinée et presque horizontale , mais dont cependant l'inclinaison doit varier dans un grand nombre

(1) SURELL , page 4 , 1841.

de circonstances, 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 les plus terreuses, 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 que présentent les couches de cailloux.

« Le lac de Genève nous présente des exemples de ces
» deux cas (1), le dépôt ordinaire du Rhône est sableux et
» limoneux; par suite de sa plus grande pesanteur spéci-
» fique, il s'enfonce en formant comme des nuages au-
» dessous des eaux claires du lac. Cependant, la rapidité
» initiale du courant est suffisante pour en transporter une
» partie jusqu'à une distance d'une lieue et un quart: car
» on en a trouvé des traces à la profondeur de 90 toises,
» exhaussant le fond du lac entre Saint-Gengoult et Vévay.
» Ce fait n'indiquerait qu'une pente très-faible du dépôt
» depuis l'embouchure du Rhône dans le lac. A une grande
» distance de la Durance, torrent qui se jette dans le lac
» près Ripailles, les cailloux que ce torrent y entraîne
« doivent, en s'y déposant, former une pente sous un angle

(1) DE LA BÈCHE, *Manuel*, page 59.

» bien plus grand , car on en trouve à 80 toises de profondeur , à une petite distance du bord.

» Les pentes des couches de comblement de divers lacs offrent les mêmes variations : ainsi , dans le lac de Côme , les eaux troubles de l'Adda ont formé un dépôt considérable de sable et de limon , qui s'incline graduellement sur un angle très-faible , tandis que les détritns charriés par les torrents à Bellano , Mandello , Abadia et autres lieux , se déposent sous une pente plus considérable.

» Il semble en résulter que la stratification des dépôts formés dans les lacs , par les matériaux provenant des terrains qui les entourent , n'est pas uniforme , mais dépend des circonstances locales ; les détritns entraînés par les rivières et les torrents étant aussi variés que les roches que chacun de ceux-ci a traversées , chacun de ces dépôts de détritns doit former un genre de dépôt particulier , indépendant des autres , et ils doivent tendre à se rapprocher et finalement à s'unir les uns aux autres. »

Ainsi , quelles que soient les inégalités de chacune des parties du dépôt de comblement d'un lac , leur masse entière doit affecter une stratification de plus en plus régulière , sensiblement parallèle à la surface des eaux et horizontale , comme cela a eu lieu dans tous les grands dépôts arénacés de diverses époques , les grès des Vosges , les sables et les graviers , dont les couches sont contournées , entrecroisées , et offrent des renflements sans nombre , mais dont la stratification , cependant , est indiquée par une série de plans parallèles , encore parfaitement horizontaux aujourd'hui.

Il existe , dans un grand nombre de contrées , des plaines fort étendues , bordées et presque entièrement fermées par une ceinture de montagnes et n'ayant que deux issues , l'une supérieure , l'autre inférieure , placées dans l'axe de la vallée dont elles font partie. Ces plaines semblent être et sont,

on ne saurait en douter, des bassins de lacs desséchés : ces bassins pourraient se remplir encore si l'on parvenait à fermer les gorges, presque toujours fort étroites, par lesquelles s'échappent les eaux qui les traversent, renfermées dans un lit sujet d'ailleurs à un grand nombre de variations.

Lorsque ces plaines se trouvent à l'origine d'une vallée, elles n'ont qu'une seule ouverture, celle par laquelle les eaux du lac se sont creusé un passage ; elles sont alors traversées par tous les ruisseaux qui descendent des montagnes formant le cirque, et qui se réunissent pour se jeter ensemble dans le *canal d'écoulement*.

Les lacs situés au pied des montagnes, dans des cavités circulaires, ceux qui se trouvent à quelque distance des chaînes, aux points des écartements des parois, des échancrures nommées vallées, offriraient de semblables dispositions si leurs digues venaient à se rompre, et si les dépôts qu'ils ont reçus se trouvaient mis à sec : toutefois, remarquons, avant d'aller plus loin, que, dans certains bassins, les dépôts ont généralement une stratification sinon horizontale, du moins très-peu inclinée, et que, si quelques couches ont accidentellement reçu une inclinaison de quelques degrés, la masse et la surface du dépôt, du moins, n'affectent que des pentes extrêmement faibles et souvent insensibles.

Les rivières dont le cours est long et peu rapide, ainsi que nous l'avons dit, abandonnent successivement une partie des détritiques qu'elles transportent ; elles encombrant leurs propres lits et en exhausent graduellement le fond, quand elles ne peuvent en sortir pour se répandre sur les terrains riverains. On cite plusieurs exemples remarquables d'élévation du lit des rivières au-dessus du niveau des contrées qu'elles traversent. Ainsi le cours d'eau qui arrose la plaine de Nice se trouve aujourd'hui plus élevé

que les terrains cultivés , que l'on a cherché à garantir de l'envahissement des détritns , en établissant des digues latérales qui les ont maintenus dans le lit du torrent où ils se sont graduellement accumulés.

Le Pô est actuellement plus haut que les maisons de Ferrare , et le même phénomène s'observe en Hollande , quoique sur une petite échelle , et généralement dans toutes les contrées où des rivières , chargées d'une grande quantité de détritns , ne peuvent quitter leurs lits , où on les renferme en leur créant des digues artificielles et des barrières infranchissables.

Les torrents et certaines rivières , au contraire , tendent à creuser de plus en plus diverses parties de leurs lits , suivant la pente , la vitesse et le volume de leurs eaux , et la solidité des terrains sur lesquels elles coulent.

A la rencontre d'affluents , ou quand plusieurs bras d'une rivière se réunissent en un seul , sans que le cours d'eau puisse s'étendre suffisamment en largeur , il doit résulter une accélération de vitesse et une plus grande force de destruction , la pente du lit restant la même d'ailleurs , et finalement une augmentation dans le volume des détritns enlevés et poussés en avant.

Les torrents sont les agents de destruction les plus actifs et les plus redoutables : leurs lits , presque constamment à sec reçoivent , à certaines époques de l'année , une énorme quantité d'eau qui acquiert une grande violence , parcourt en quelques instants des distances considérables et entraîne avec elle des monceaux de débris. Les dépôts qu'ils produisent dans les vallées où ils dégorgent , ne sont plus composés de couches régulièrement stratifiées , comblant le fond de cavités , de lacs , ou formant des nappes continues sur les

(1) DE LA BÈCHE. *Manuel géologique*, page 76.

terrains peu inclinés qu'ils recouvrent : 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.

Ces déjections, dans lesquelles il n'existe aucune trace d'arrangement particulier, pourraient plus facilement se confondre avec celles que l'on a attribuées à l'action des glaciers, tandis que les dépôts stratifiés en diffèrent sous tous les rapports; aussi nous croyons devoir donner quelques détails sur le mode de leur formation, en reproduisant, avant d'aller plus loin, quelques documents que nous empruntons à M. Surell, auteur de l'ouvrage remarquable que nous avons déjà cité, sur les torrents des Hautes-Alpes.

« Les torrents coulent dans des vallées très-courtes (1);
 » leur pente excède 6 centimètres par mètre sur la plus
 » grande longueur de leur cours : elle varie très-vite et
 » ne s'abaisse pas au-dessous de 2 centimètres par mètre.

» Ils ont une propriété tout-à-fait spécifique : ils *af-*
 » *fouillent* dans une partie de leur cours ; ils *déposent* dans
 » une autre partie, et ils divaguent ensuite par suite de
 » ces dépôts.

» Leur cours présente trois régions qui sont d'ailleurs
 » nettement caractérisées par leur forme, par leur position
 » et par les effets constants que les eaux exercent dans
 » chacune d'elles.

» D'abord, une région dans laquelle les eaux s'amassent
 » et affouillent le terrain : elle forme un bassin caché dans
 » la montagne à la naissance du torrent.

» Puis une autre région dans laquelle les eaux déposent
 » les matières provenant de l'affouillement ; elle forme un
 » large lit *situé dans les vallées.*

(1) Les plus longs n'ont pas cinq lieues de cours, pages 8 et 5.

» Enfin, entre les deux régions, une troisième où se
» fait le passage de l'affouillement à l'exhaussement. On
» conçoit en effet que, si le torrent passe d'une action
» à une action directement contraire, il doit exister une
» limite où finit la première et où la seconde commence.
» Cette limite, qu'il est toujours possible de déterminer,
» comprend une région plus ou moins étendue; là les eaux
» s'écoulent sans affouiller leur canal et sans l'exhausser.

» Les torrents partent d'un col et coulent dans une véri-
» table vallée; ils descendent d'un faite en suivant la ligne
» de plus grande pente, ou bien enfin ils ont leur source
» au-dessous du faite et sur les flancs mêmes de la mon-
» tagne.

» La première région, ou le *bassin de réception*, a la
» forme d'un vaste entonnoir, diversement accidenté,
» taillé dans les cols des montagnes ou formé par les
» ondulations de leurs cimes, ou se réduisant à une large
» fondrière et aboutissant à un goulot placé dans le fond;
» le goulot souvent se prolonge vers l'aval et forme une
» véritable vallée, une gorge étroite, profondément en-
» caissée par les flancs des montagnes. Au-dessous du
» bassin de réception et à la suite du goulot se trouve
» cette région où il n'y a plus d'affouillements et où il
» n'y a pas encore de dépôts: on la nomme *canal d'écou-*
» *lement*. Enfin la troisième région est celle où se forment
» les dépôts et qu'on appelle *lit de déjection*.

» Un lit de déjection est un amas considérable de cail-
» loux et de blocs dispersés sur une grande étendue de
» terrain: une plage aride qui rappelle à l'esprit l'idée
» d'une grande destruction. En présence de cette masse
» énorme de débris, on a quelquefois peine à comprendre
» qu'elle puisse être l'ouvrage d'un chétif filet d'eau qu'on
» voit suinter à travers les blocs.

» Examinés avec plus de soin, on découvre que ces
» amas, qui paraissent jetés là avec tant de désordre,
» sont au contraire déposés suivant des lois toutes ma-
» thématiques.

» D'abord leur forme générale est fort remarquable ;
» c'est celle d'un monticule très-aplati, conique, placé
» à la sortie de la gorge et accolé à la montagne comme
» un contrefort. Les arrêtes, qui dessinent sur la surface
» de ce cône les lignes de plus grandes pentes, sont dressées
» très-régulièrement, suivant des pentes douces qui s'in-
» fléchissent un peu vers le bas, mais avec une parfaite
» continuité. Elles partent toutes de l'issue de la gorge
» qui figure le sommet de ce cône.

» Dans les Hautes-Alpes, il est de ces cônes qui occupent
» souvent plus de $\frac{3}{4}$ de lieue de large et qui atteignent
» à une hauteur de 70 mètres au-dessus du niveau de
» la vallée.

» Deux causes concourent à former les lits de déjection.

» D'abord le torrent, qui sort d'un lit encaissé dans la
» montagne, tombe dans une vallée où les berges lui
» manquent tout-à-coup. Là, la section transversale peut
» s'étendre sur une largeur presque indéfinie, puisque cette
» largeur n'est pas autre chose que la longueur même de
» la vallée; alors les eaux s'épanchent dans tous les sens ;
» de-là, perte de vitesse et exhaussement.

» Ensuite, le torrent passe de la pente rapide qu'il avait
» dans la montagne à la pente douce de la plaine, nouvelle
» cause de perte de vitesse et d'exhaussement.

» Il y a donc deux causes, qui font qu'un torrent dépose
» des matières dans son lit et qu'il l'exhausse: 1° l'élargis-
» sement de section, la discontinuité de pente : ces deux
» causes sont uniques, distinctes et bien indépendantes
» l'une de l'autre.

» Dans tous les lits de déjection , les eaux se tiennent
» sur la région la plus élevée du lit , et en suivant l'arrête
» culminante. Cela vient de ce que cette arrête aboutissant
» au débouché de la gorge , est placée dans le prolongement
» même de la direction. Les eaux qui sortent de la gorge
» avec violence , suivent pendant long-temps la ligne que le
» premier mouvement leur a imprimée. On conçoit qu'a-
» bandonnées à elles - mêmes , sur un lit aussi indéterminé
» et dont les pentes sont toujours fortes , elles doivent obéir
» surtout à leur force d'impulsion , et se détourner plus
» difficilement de la direction qu'elles ont une fois prise.
» Delà résulte cette singulière disposition : que le profil en
» travers du lit forme une courbe convexe dont les eaux
» occupent les points les plus élevés. Une légère dépression ,
» creusée en forme de lit , leur permet de se tenir en équi-
» libre sur ce faite.

» La même forme détermine aussi les eaux à déposer ,
» même sur des pentes très-fortes ; car en s'étalant sur des
» surfaces si larges , elles perdent toute leur vitesse.

« Quand les eaux d'un torrent charrient en même temps
» de la boue , des galets ou des blocs , il se forme , du
» mélange de toutes ces matières , une espèce de béton , qui
» prend par l'action du temps une grande dureté. »

Il résulte des observations faites par l'auteur de l'ou-
vrage dont nous venons d'extraire ce que l'on vient de lire
sur les torrents , que la boue se dépose sur des pentes
très - variées , suivant qu'elle est plus ou moins épaisse :
que le gravier se dépose sur des pentes qui ne dépassent pas
2 , 1/2 centimètres par mètre ; que les galets , comprenant
toutes les pierres qui ont moins de 25 centimètres de dia-
mètre , entre les graviers et les blocs , se déposent sur des
pentes variant entre 2 1/2 et 5 centimètres par mètre : enfin
que les blocs , jusqu'à la grosseur d'un demi-mètre cube ,

se déposent sur des pentes comprises entre 5 et 8 centimètres. Au-delà, ils atteignent souvent des dimensions énormes et à cause de cela, on les rencontre sur les pentes les plus rapides.

Nous n'avons pas à nous occuper ici d'une manière particulière des deltas, de leur formation et de leur agrandissement : aucun des dépôts que nous avons à considérer n'ayant l'apparence ou les caractères propres à des dépôts de détritiques formés aux embouchures des rivières dans la mer ; ils sont pour la plupart enclavés dans les gorges des montagnes, souvent même à l'origine des vallées, ou placés sur des plateaux élevés, rapprochés des cimes des montagnes ; conditions qui ne permettent pas d'établir des comparaisons entre ce que des ruisseaux et des torrents d'un cours fort peu étendu, ou de grandes rivières et des fleuves auraient pu produire dans une mer dont les rivages, sans aucun doute, étaient fort éloignés des Vosges, au moment où le comblement des vallées s'est opéré et où la dispersion des blocs erratiques a eu lieu.

Il serait d'ailleurs superflu d'entrer dans de plus longs détails sur l'action des eaux à la surface de la terre ; ce que nous avons dit suffira, je le pense, pour éclairer la question qu'il s'agira d'examiner dans quelques instants, dès que nous aurons étudié les caractères propres aux terrains formés par voie de transport.

§. 3.

CARACTÈRES DES DÉPÔTS DE TRANSPORT OU DE COMPLEMENT.

Les terrains formés par des matières transportées et déposées par les eaux à la surface de la terre, recouvrent

la plus grande partie des masses minérales et en constituent l'enveloppe superficielle ; on les divise ordinairement en plusieurs classes ou groupes , et on les nomme *terrains de comblement* , quand ils se rencontrent dans le fond des vallées ; *terrains de transport* , quand ils s'étendent sur des contrées entières , sur les plateaux , sur les flancs et les cîmes des montagnes ; enfin on nomme *terrains diluviens* , ceux qui semblent surtout s'être formés sur place , soit des débris des précédents , soit des débris désagrégés des roches immédiatement recouvertes pendant une période de temps fort courte et en dernier lieu.

Les uns sont composés , comme l'indique leur dénomination , de matières transportées et provenant de contrées éloignées des points qu'ils occupent ; les autres d'éléments enlevés et réunis pour ainsi dire sur place : mais généralement , les dépôts d'une même contrée diffèrent spécifiquement entr'eux , et ceux du fond des vallées sont rarement semblables à ceux des plateaux ou des lieux élevés.

Ils se présentent tantôt composés de couches obliques , inclinées ou horizontales ; tantôt par masses , dans lesquelles on chercherait inutilement des subdivisions indiquant la stratification. Les plans inférieurs sont ordinairement irréguliers et présentent les mêmes ondulations que le sol recouvert , dont ils comblent les dépressions ; quant aux surfaces supérieures , elles sont tantôt horizontales , ou très-peu inclinées , dans les plaines , dans les vallées ; tantôt contournées et sensiblement parallèles à celles des terrains sous-jacents , sur les flancs et les sommets des montagnes , sur les plateaux. Ces différences indiquent , bien certainement , que si le même agent a contribué à leur production , cet agent a exercé son action d'une manière bien différente , suivant les circonstances et les lieux , ce

qui établit la nécessité de diviser ces terrains en plusieurs groupes.

Ils sont par masses, lorsqu'ils résultent de causes violentes qui ont déterminé la chute, le transport et l'accumulation presque instantanée de leurs matériaux constitutifs : leur stratification n'a pu se dessiner que dans des circonstances favorables, quand les matériaux, transportés par les eaux dans la mer ou dans des lacs, ont pu être triés, séparés et déposés, suivant l'ordre de leurs pesanteurs spécifiques, par séries de couches.

Les causes auxquelles la formation des premiers de ces dépôts peut être attribuée, n'ayant pas cessé d'agir et agissant encore aujourd'hui, on devra ranger dans un même groupe des terrains qui souvent seront d'une époque différente, dès qu'ils offriront les mêmes caractères spécifiques ; leur production, quoique continue, n'a pas dû avoir lieu toutefois d'une manière uniforme : elle a dû subir de nombreuses intermittences et devenir plus active chaque fois que, par suite de bouleversements et de soulèvements, il s'est opéré de brusques changements dans les niveaux du sol d'une contrée, chaque fois que des inondations subites ont eu lieu et que, par suite, l'action des courants est devenue plus violente, en même temps que la destruction des masses minérales disloquées devenait plus facile. Aussi n'est-il pas possible de classer les terrains dont il s'agit par ordre de succession, la division suivant *le mode de formation* étant la seule naturelle.

La nature des couches d'un dépôt de matières transportées dans le sens d'une vallée doit nécessairement varier à chaque instant, les cours d'eau ne charriant pas constamment les mêmes substances ; elles entraînent des galets, des blocs, des sables ou du limon, dès que les eaux, lors des crues, s'élèvent et acquièrent plus de rapidité, ou que, dans les

sécheresses , elles s'abaissent et deviennent plus lentes. Aussi , dans les plaines aujourd'hui desséchées , ces alternances s'observent parfaitement , et on peut en quelque sorte , en étudiant chacune des couches du terrain , reconnaître dans quelles conditions elles ont été produites ; les lits d'argile indiquent les moments de calme et de repos , dont il y a lieu d'estimer que la durée a été d'autant plus grande que la puissance de ces lits est plus considérable.

Dans les dépôts formés principalement de sables et de graviers , on observe des ondulations et des interruptions absolument semblables à celles que présentent les couches du grès rouge et du grès des Vosges ; ainsi on a , comme dans la figure 3 , planche XI^e , représentant une disposition que l'on retrouve dans toutes les localités des Vosges où se trouvent des alluvions : 1^o dans les régions granitiques arénacées :

a. a. Terre végétale , dont la surface est plus ou moins parfaitement nivelée.

b. b. Lit de sables , souvent argileux , subdivisé en lames diversement inclinées sur le plan de stratification de ce lit.

c. c. Sables grossiers , renfermant quelques galets.

d. d. Sables quarzeux très-purs , traversés par des feuillet contournés d'argile ferrugineuse , et renfermant des amas ou des couches interrompues de galets , etc. , etc.

2^o Dans la région calcaire , la nature des couches varie , mais leur disposition reste la même , ainsi que l'indique la fig. 4 , même planche.

a. Terre végétale argileuse , surface ondulée.

b. b. Argiles pures ou mélangées de graviers et renfermant des couches interrompues , composées de galets calcaires , de grès et de silex , souvent réunis par un ciment argilo-calcaire et formant des bancs solides. (Nagelflue).

d. Suite du dépôt , sables et galets , etc.

La formation alluviale de la vallée du Rhin présente les mêmes dispositions. Des couches d'argiles et de sables fins, souvent très-puissantes, occupent la portion supérieure du dépôt et recouvrent des couches composées de sables grossiers, et des galets dont on voit le nombre augmenter progressivement dans les parties inférieures du dépôt.

Mais, quelles que soient les inégalités partielles de la stratification des diverses couches de ces matières amenées et amoncelées, soit dans le fond des bassins, soit sur des contrées tout entières, submergées autrefois et mises à sec aujourd'hui, on remarque presque sans exception, dans leur masse entière, un arrangement qui ne peut convenir qu'à des dépôts formés au sein même des eaux, qui, en favorisant le *nivellement* des inégalités du sol recouvert, ont en même temps contribué à opérer celui des matières transportées, et à dresser la partie supérieure de ces dépôts, suivant des plans très-légèrement inclinés et souvent même parfaitement horizontaux.

Les alluvions des bassins ouverts dans les montagnes des Vosges, ou de la vaste plaine du Rhin, comprise entre ces montagnes et celles de la Forêt-Noire, ont acquis à leurs surfaces supérieures une horizontalité presque parfaite : en effet, *la plaine sèche*, entre Thann et Lutterbach, n'a qu'une pente moyenne de 2 millimètres par mètre résultant d'une inclinaison de $0^{\circ} 07'$ seulement.

La pente moyenne des terrains de la vallée du Rhin, entre Mulhausen et Strasbourg, n'est également que de $\frac{1}{500}$ ou de $0^{\circ} 07'$.

La pente du terrain de comblement entre Girmont et Vaxoncourt (bassin de la Moselle) est de $\frac{6}{10000}$ ou de $0^{\circ} 02'$.

Celui de la plaine d'Éloyes, entre Archettes et Saint-

Nabord, a, une pente de $\frac{1}{1000}$ ou de $0^{\circ} 22'$, tandis que celle du cours d'eau est actuellement de $\frac{4}{1000}$.

Les profils en travers entre les points extrêmes des nappes d'alluvion de ces vallées, n'indiquent aucune pente sensible entre ces points qui se trouvent généralement au même niveau : vers le milieu seulement, c'est-à-dire vers le thalweg primitif, on remarque une légère dépression. Ainsi, en relevant la coupe transversale de la vallée du Rhin, prise à quelque distance de Colmar, entre Houssen, situé près de la route de Strasbourg, et Bultzenheim, vers le bord du Rhin, sur une distance de 15,000 mètres, on ne trouve qu'une différence de 1 mètre en moins à ce dernier point, ce qui donne une pente de $\frac{1}{100000}$, que l'on peut regarder comme nulle et qui est en effet insensible.

A la hauteur de Chavelot, d'Archettes et d'Éloyes, les deux rives du dépôt sont de niveau.

Ainsi, sous le rapport des pentes longitudinales et transversales, les dépôts de comblement et d'alluvion présentent trois dispositions bien remarquables et parfaitement distinctes ; à savoir :

1° Les dépôts remplissant le fond des grandes cavités n'offrent longitudinalement, c'est-à-dire suivant le grand axe de ces cavités et dans la direction des cours d'eau, que des pentes et des inclinaisons très-faibles ; transversalement, d'une rive à l'autre, entre les pieds des talus qui les dominent, ils sont de niveau ou à très-peu de chose près, avec une légère dépression au point où existait le thalweg, qui a pu être déplacé par suite des modifications apportées dans leurs lits par les cours d'eau eux-mêmes traversant les dépôts.

2° Les dépôts formés par les torrents offrent transversalement et longitudinalement des pentes qui dépassent quelquefois 8 centimètres.

3° Enfin les dépôts des plateaux, des flancs des montagnes et des lieux élevés, et dont l'épaisseur est ordinairement plus faible que celle des terrains des deux premières divisions, ne présentent rien de régulier dans leurs distributions, dans leurs pentes, qui sont en relation avec celles des terrains recouverts, et qui forment une enveloppe reproduisant souvent les mêmes inégalités que celles de ces terrains.

Ces dispositions sont les conséquences naturelles du mode de formation même, et elles sont telles qu'on doit les supposer d'après ce que nous savons de l'action des eaux. En effet, le mouvement des ondes superficielles et la vitesse des courants diminuant de la surface au fond, les dépôts ont dû prendre plus facilement une position horizontale, quand les eaux avaient une profondeur considérable, quand elles étaient plus calmes, quand les substances mêlées avec elles ont pu se séparer et s'étaler dans le fond des cavités et se stratifier.

Lorsque les eaux dégorgeant dans une vallée où elles s'écoulent, après avoir abandonné la plus grande partie des matières entraînées, la division par couches des masses de détritiques ne peut avoir lieu : il se produit des bourrelets, des monticules.

Et du moment que la stratification est un des caractères essentiels des dépôts *qui ont eu lieu sous l'eau*, et que la disposition par masses, par bourrelets saillants, par nappes coniques, est propre aux terrains qui se forment sur tous les points où dégorgeant des courants, et où ils perdent la vitesse nécessaire pour produire l'entraînement des détritiques, avant d'atteindre des lacs ou les rivages de la mer, nous pourrions concevoir comment certains attérissements, dus à l'action de l'eau, se trouvent cependant placés sur des points qui, très-probablement, n'étaient pas submergés quand ils ont été recouverts par le terrain superficiel,

mais sur lesquels des courants et des nappes d'eau peu profondes ont pu momentanément passer, par suite d'inondations accidentelles.

Ces différents dépôts sont composés, comme nous l'avons dit, de sables, de graviers, de blocs et de lits d'argiles plus ou moins pures, mélangés et combinés en diverses proportions, et ils présentent, sous ce rapport, une analogie telle qu'on a dû les confondre tous dans une même classe de terrains, à laquelle chacun a donné un nom suivant sa convenance ou son caprice.

Cependant, quand on les examine, non pas dans leur ensemble, mais en détail et en tenant compte des espèces de roches que renferment les uns et les autres, on est amené à reconnaître entr'eux des différences essentielles et caractéristiques, et la nécessité d'y établir des subdivisions naturelles, d'après des considérations qui n'ont d'ailleurs rien d'arbitraire.

A l'origine d'un dépôt occupant le fond d'une vallée, on remarque d'abord des débris des roches voisines et de celles qui sont situées à l'amont, ou provenant de toutes les parties du bassin de *réception* et de toutes les gorges donnant naissance à des cours d'eau. A mesure que l'on s'éloigne de ce point de départ et que l'on rencontre de nouveaux affluents, on voit le nombre des espèces de roches roulées augmenter progressivement, les galets amenés de loin et dont le volume diminue graduellement se mêler à de nouveaux blocs, à de nouvelles espèces de galets, dont la grosseur serait une preuve suffisante du peu de distance qu'ils ont parcourue, si leur nature minéralogique ne démontrait clairement qu'ils n'ont pu être détachés que des massifs qui bordent la vallée.

Ainsi, dans le lit et sur les rives de la Moselle, on voit à Saint-Maurice des schistes, des porphyres et des

syénites ; à partir de Remiremont, des galets de serpentine et quelques blocs de grès des Vosges, provenant des montagnes des environs de Rupt et de celles qui dominent le bassin de la Moselotte. Le nombre des galets de grès et le volume des sables augmente dans toute la région comprise entre Saint-Etienne et Epinal, et au-dessous de cette ville, paraissent successivement les galets des diverses formations calcaires riveraines ; mais sur quelque point que l'on se trouve, on peut y former, en recueillant les galets, une *collection complète de toutes les roches situées à l'amont*, et s'assurer ainsi que le dépôt n'est pas une formation locale due à quelque éboulement, à la destruction accidentelle de quelque terrain rapproché, mais une formation de *comblement*, résultant d'un transport exécuté par un courant qui a pu opérer avec plus ou moins d'énergie, pendant un long espace de temps, mais absolument de la même manière que les rivières dont nous observons la marche aujourd'hui.

Les dépôts diluviens, enfin, présentent rarement, dans les Vosges, des roches étrangères à la localité où on les observe, quand ils n'ont pas été formés des matériaux mêmes des dépôts de comblement ; à l'exception toutefois des blocs épars et souvent énormes de diverses roches que l'on voit à leur surface, et dont le nombre augmente à mesure qu'on se rapproche des massifs desquels ils ont été arrachés : dans l'ensemble de ces terrains, comme dans leurs diverses parties, on reconnaît les traces de l'action des eaux.

Mais lorsque l'on considère les dispositions et le relief du sol, la hauteur des plateaux et des sommités recouvertes, on ne peut plus songer à attribuer leur production à l'action des courants qui étaient emprisonnés dans les cavités où nous voyons les terrains de comblement. Les sables, les graviers et les blocs de ce groupe se sont ré-

pandus en longues trainées, hors de l'enceinte des vallées et bien au-delà des limites que pouvaient atteindre les eaux des rivières, et qu'elles ont en quelque sorte marquées par des signes certains. Dans l'arrangement des matières qui les composent, on ne voit pas la régularité que l'on remarque dans les premiers groupes : ce qui semble indiquer des formations produites par suite de *causes accidentelles*, qui n'ont agi que pendant un espace de temps très-limité et qui ne se sont pas reproduites ; tandis que, dans les autres dépôts, nous voyons les résultats de l'action, tantôt brusque, tantôt lente des cours d'eau, mais de causes qui n'ont cessé et qui ne cessent d'agir.

Il existe cependant, et souvent en relation avec des dépôts de ce genre, des amas de sables et de graviers dont les formes extérieures ne présentent aucun des caractères que nous avons remarqués dans les formations dont il vient d'être question. Ils sont établis sur les flancs des montagnes, quelquefois à partir d'un col, et descendent jusque dans le fond des vallées, en nappes irrégulières dont les faces supérieures n'offrent aucune trace d'arrangement ; ils ont l'aspect d'amas de matériaux jetés sans ordre, et forment des bourrelets saillants ou des monticules diversément groupés, alongés ou coniques.

Les blocs qu'ils renferment ont en général des dimensions beaucoup plus considérables que celles des galets du *terrain transporté*, et ces blocs sont distribués çà et là dans la masse des sables, et ne sont plus déposés par couches et par ordre de pesanteur : enfin, dans ces monceaux de débris, on chercherait inutilement des traces d'un transport opéré par les eaux, suivant les lois toutes mathématiques dont l'application se fait aux autres dépôts d'une manière si constante, et qui ne devraient plus être con-

sidérées que comme de vaines hypothèses, si l'on parvenait à démontrer que les terrains dont il s'agit en ce moment se sont formés dans le sein des eaux, soit d'une mer, soit d'un lac, soit d'un courant déterminé par une cause quelconque.

Mais ce qui les distingue aussi plus particulièrement, c'est qu'ils ne renferment aucun débris de roches éloignées que présentent les dépôts de comblement voisins, et qu'ils sont composés uniquement de matériaux dont on retrouve les analogues sur place ou dans un *cercle assez étroit*, et qui ont été amoncelés et triturés sous l'influence de *causes purement locales*.

Ils diffèrent donc spécifiquement de tous les terrains de transport, et on ne saurait les confondre avec les cônes, les bourrelets dus à l'action des torrents. Ces cours d'eau, à la vérité, accumulent dans certaines vallées des matières qui peuvent différer de celles que renferme le terrain de comblement qu'elles recouvrent et qui se disposent aussi en amas coniques, en bourrelets saillants; mais les lits de déjection des torrents se forment à la suite des canaux d'écoulement, aux points mêmes où ceux-ci débouchent dans les vallées; ces lits ont des dispositions particulières qu'on ne retrouve pas ici; enfin ces amas se trouvent indistinctement placés près des cols, sur les flancs et sur des sommets isolés des montagnes, à l'origine, au milieu des vallées et presque toujours sur des points où les eaux auraient corrodé le sol, au lieu de l'ensevelir sous des masses de sables et de blocs, si elles avaient un moment tenu en suspension et mis en mouvement ces matières.

Mais avant de nous occuper de ces derniers dépôts, confondus jusqu'ici avec les terrains de comblement et de transport, il nous reste à dire quelques mots des formations produites par l'accumulation, soit de débris de

végétaux dans les marais, sur les rives des lacs, soit de débris de roches sur les flancs des montagnes; enfin sur les alluvions existant hors des vallées.

§. 4.

DESCRIPTION DES TERRAINS DE COMPLEMENT
ET DE TRANSPORT.

A. *Dépôts produits par l'accumulation des débris de végétaux et de diverses substances minérales.*

1^{er} GROUPE.

ACCUMULATION DE DÉTRITUS DE VÉGÉTAUX.

La tourbe, ainsi que nous l'avons dit ailleurs (1), est très-abondante dans les Vosges; elle se trouve dans presque tous les lieux marécageux, sur les sommets de quelques montagnes, sur des plateaux et dans le fond d'un certain nombre de vallées. Elle se forme sur les rives des étangs et des lacs qu'elle envahit et tend à combler, et dont elle peut servir à retrouver l'emplacement et les limites, quand les eaux se sont entièrement retirées, et quand les bassins qui les contenaient d'abord ont entièrement été remplis.

La surface du lac de Lispach est presque entièrement couverte par une couche de tourbe dont l'épaisseur au-

(1) *Description du système des Vosges*, page 167.

gmente de plus en plus, et qui, en certains endroits, a acquis assez de solidité pour qu'il soit possible de la parcourir sans danger. Les progrès de l'envahissement sont sensibles, et dans quelques années, le lac ne sera plus qu'un marais dont le desséchement s'effectuera ensuite naturellement, à mesure que les détritiques des plantes composant la tourbe augmenteront de volume, s'élèveront, formeront un plan dont la surface se rapprochera graduellement du niveau de la coupure par laquelle s'échappe aujourd'hui le trop plein du lac, et par laquelle la totalité des eaux pourra s'écouler ensuite sans difficulté, quand le comblement des dépressions à l'amont aura eu lieu.

Dans quelques localités, le desséchement des marais tourbeux a dû marcher avec une certaine rapidité; on peut le supposer toutefois, quand le barrage inférieur est composé de matériaux offrant peu de résistance à l'action des eaux, tels que des sables, des graviers; quand le cours d'eau qui coule au fond de la vallée débite un volume d'eau assez fort et lorsque la pente entre le pied des talus du barrage, de l'amont à l'aval, est plus considérable, conditions dans lesquelles l'ouverture d'un lit assez large et suffisant a dû se faire plus facilement et plus vite.

L'épaisseur des lits tourbeux peut servir en outre à déterminer, au moins approximativement, quels sont les dépôts dont la formation a exigé le plus de temps; mais il serait entièrement inutile d'entrer à ce sujet dans des considérations qui nous écarteraient du but de ce mémoire, et nous devons nous borner à citer quelques-uns des principaux exemples des dépôts en voie de formation, ou qui se sont anciennement formés dans les bassins mis à sec aujourd'hui.

La tourbe s'accumule sur les bords d'un grand nombre d'étangs, des lacs de Blanchemer, de Daren, de Sewen, de

Fondromé, et plus particulièrement sur les bas-fonds : à l'embouchure du ruisseau du Phénix dans le lac de Gerardmer, il se forme un delta tourbeux qui s'avance, lentement à la vérité, dans le bassin, mais dont on peut cependant mesurer les progrès. Les bassins du grand étang près de Gerardmer, du Belliard, du Rein-Brice, entre cette commune et le Tholy, sont des exemples d'étangs et de lacs desséchés : dans le dernier, la nappe tourbeuse a une longueur de près de deux kilomètres et une largeur d'un demi-kilomètre environ ; sa surface est inclinée à un pour cent ou de $0^{\circ}, 03'$. Elle a pu commencer à se produire à l'extrémité supérieure, au moment où l'eau avait encore une profondeur de vingt mètres près de la chaussée, et s'avancer ensuite, en formant un plan incliné dans le sens de la vallée, à mesure de l'abaissement des eaux ; sa tourbière, entièrement desséchée aujourd'hui, était encore en grande partie recouverte d'eau il y a peu d'années, et à l'état de marais : aussi la dernière couche du dépôt a-t-elle dû se niveler suivant une pente insensible, parallèlement à la surface de l'eau, et c'est ce qui a eu lieu.

Nous terminerons ici ce que nous avons à dire des dépôts tourbeux, et il ne nous reste plus qu'à prendre les notes suivantes qui peuvent nous servir un peu plus tard.

Quelques-uns des lacs des Vosges, à une époque qui n'est pas très-éloignée, seront entièrement comblés des débris des plantes végétant sur leurs bords, et qui forment des couches successives s'élevant graduellement à la hauteur des déversoirs : ils ne présenteront plus alors que des marais tourbeux, ayant une analogie frappante avec certains bassins à fonds plats de quelques vallées, mais que pourtant on ne se souvient pas d'avoir vu submergés.

La tourbière du Rein-Brice, par exemple, repose sur des

sables, des graviers formant un remblais à surface peu inclinée dans la vallée, dont ils ont partiellement *comblé le fond*, et qui n'a pu se trouver momentanément recouvert d'eau que par suite de causes accidentelles : en effet, au point où cesse la tourbière et où le lac se terminait inférieurement, la vallée est parfaitement ouverte : il n'existe aucun massif de rochers qui aient pu retenir les eaux et déterminer originairement la formation d'un lac.

Si elle a été couverte d'eau dans cette partie, comme tout le fait croire d'ailleurs, ce ne peut être que postérieurement à la formation de ces amas, et on pourrait dire de ces *montagnes de sables et de graviers*, qui s'étendent d'un côté à l'autre de la vallée et qui ont pu fermer, pendant un certain temps, le bassin où nous voyons le dépôt de comblement recouvert par une tourbière, signes irrécusables du séjour plus ou moins prolongé des eaux, sans le concours desquelles le nivellement des inégalités de la cavité n'aurait pu avoir lieu (pl. I, fig. 5).

2^e GROUPE.

A. ÉBOULEMENTS.

Les masses minérales exposées à l'action des agents destructeurs éprouvent des dégradations continuelles : les eaux, soit à l'état solide, soit à l'état liquide, détrempe les parties molles de certains terrains, favorisent la division des roches fracturées par suite des secousses qu'elles ont éprouvées, corrodent et sapent les bases sur lesquelles reposent des rochers qui, laissés en surplomb, ne tardent pas à s'affaisser, tombent et tendent à combler les cavités inférieures.

Lorsque le trajet à parcourir pour atteindre le fond d'une vallée est très-peu considérable et que la production d'un massif d'éboulement a eu lieu instantanément, les matériaux qui le composent sont entassés indistinctement; mais lorsque la chute de chacune des parties du terrain attaqué se fait lentement, et quand la distance entre le point de départ des débris et celui où ils s'arrêtent est assez grande, le triage de ces matières a lieu : elles se déposent par ordre, en raison de leur volume; les blocs les plus gros, ainsi que cela doit être, occupent le bas où ils se précipitent avec toute la violence que des pentes de 30 à 35 degrés leur permettent d'acquérir; elles forment, comme toutes les matières jetées en remblai à partir d'un seul point, des amas coniques dont le sommet regarde l'escarpement, dont la base se développe dans la vallée, où elle se termine par un bourrelet relevé, composé des blocs les plus gros.

Cependant, les arrêtes des talus d'éboulement sont toujours rectilignes jusque tout près de leur pied, où elles présentent un renflement d'autant plus prononcé que la destruction de la masse minérale supérieure marche avec plus d'activité, qu'elle a duré plus de temps et que le nombre des gros blocs est plus considérable.

L'inclinaison de ces arrêtes varie suivant la nature des matériaux qui ont servi à former les talus; elle est moins grande dans les éboulements des roches calcaires ou marneuses, des grès argileux, où elle dépasse rarement $26^{\circ} 34'$, c'est-à-dire, en hauteur moitié de la largeur de la base des talus; tandis que, dans les éboulements des roches granitiques, elle atteint un maximum de 35° , soit en hauteur les $\frac{7}{10}$ de la base, ce qui est parfaitement d'accord avec ce que l'expérience a démontré, que l'in-

inclinaison d'un talus est d'autant plus forte que les matériaux dont il se compose sont moins friables.

Toutefois, après être demeurées pendant un temps plus ou moins long dans les mêmes conditions, les pentes de ces talus se modifient ensuite graduellement, surtout vers les parties inférieures et moyennes, aussitôt que leur bourrelet terminal a acquis une certaine élévation; elles tendent alors à atteindre une limite d'inclinaison minimum; qui permet à la fois aux matières déjetées d'acquérir de la stabilité, et à la végétation de les envelopper et de les recouvrir même entièrement (pl. XI, fig. 1 et 5).

Aussi les cônes d'éboulement doivent-ils être considérés en quelque sorte comme des ouvrages de défense exécutés par les agents destructeurs eux-mêmes; comme des contreforts naturellement établis pour protéger les parties inférieures des massifs d'où ils sont sortis, pour régler les pentes transversales des vallées, et pour favoriser ensuite l'apparition de végétaux qui ne peuvent s'attacher aux flancs escarpés des montagnes.

3^e GROUPE.

ALLUVIONS HORS DES VALLÉES.

La surface des divers terrains est recouverte en grande partie par une couche de détritits de végétaux et de substances minérales qui composent le sol; les terres susceptibles de culture, et dont l'épaisseur augmente en raison des progrès de la décomposition des roches sous-jacentes et du développement de la végétation. Il arrive souvent qu'à ces matières combinées sur place, viennent se mêler

des débris provenant des contrées plus ou moins éloignées, et dont la présence aujourd'hui doit faire supposer que le sol de la localité où ils se trouvent a été recouvert par les eaux : les eaux seules, en effet, ont pu remanier les détritiques existant sur place et opérer leur mélange avec ces débris, généralement disposés par nappes, en longues traînées recouvrant indistinctement tous les terrains et les formations de comblement elles-mêmes.

Toutefois, dans cette dernière espèce d'alluvion, on voit bien clairement que les matériaux dont elle se compose ont été remaniés, quelquefois transportés à d'assez grandes distances, mais que ces opérations n'ont pu avoir lieu dans des eaux profondes, qui auraient favorisé le *triage* de ces matières et leur division par couches ; et que si des contrées mises à sec pendant un certain laps de temps, ont été de nouveau soumises à l'action des eaux, à l'époque où les alluvions des lieux élevés se sont produites, on peut penser que ces contrées n'ont pas été totalement submergées sous une masse liquide, sous une mer qui aurait fait irruption sur le continent, mais qu'elles ont été partiellement inondées et subitement parcourues par des courants se dirigeant au contraire vers les lieux bas, vers les mers actuelles, et à partir des faîtes des montagnes où ils semblent avoir pris naissance.

A la surface de la couche alluviale supérieure, on remarque dans quelques localités des blocs épars de diverses roches superposées à cette couche, dans laquelle ils sont quelquefois légèrement engagés vers leur base, mais dont il ne font aucunement partie.

Le transport de ces blocs, dont le volume est souvent considérable, ne peut s'expliquer au moyen de forces qui ont charrié les matériaux des dépôts de comblement, et surtout lorsqu'on les rencontre hors des vallées, hors des

cavités où l'on aurait pu supposer l'existence de torrents, et distribués sur des plateaux très-peu inclinés, souvent même horizontaux, sur les tables de grès des Vosges couronnant quelques-unes des montagnes granitiques.

Ils sont plus ou moins régulièrement arrondis, quelques-uns cependant ont des surfaces planes, mais toujours des angles émoussés et rabattus. Cependant, on ne saurait admettre qu'ils ont acquis ces formes par suite du frottement qu'ils ont éprouvé pendant leur transport du lieu de leur origine à celui où ils gissent, les distances parcourues étant trop faibles et à peine de quelques kilomètres. Étaient-ils arrondis avant d'être charriés, ont-ils été en quelque sorte frottés et usés sur place, comme tous ceux qui sont disséminés dans certains massifs de sables et au pied des rochers desquels ils ont été détachés? Nous verrons plus tard jusqu'à quel point cette hypothèse est fondée.

L'eau des torrents peut acquérir une très-grande vitesse : dans ceux des Hautes-Alpes, elle est de plus de 14 mètres par seconde, ainsi que l'établissent les observations de M. Surell (1). En effet, les lits d'écoulement ayant généralement une pente longitudinale de 0,06, en admettant que les eaux y coulent à plein bord, et que le canal ait 8 de largeur sur 2 de hauteur, conditions les plus ordinaires des torrents, on aurait, en faisant usage de la formule suivante, exprimant la vitesse du fluide,

$$u = 51 \sqrt{\frac{p \cdot s}{c}}$$

dans laquelle p exprime la pente par mètre, s la section du fluide et c le périmètre mouillé, et de laquelle on tire $u = 14,28$.

(1) SURELL, *Étude des torrents*, p. 249; DAUBUSSON, *Hydraulique*, p. 134.

Tandis que celle des fleuves les plus rapides ne dépasse pas 4 mètres moyennement, et celle des vents impétueux n'est que de 15 mètres, c'est-à-dire, à peu de chose près égale à celle des torrents.

Sous l'influence d'une semblable vitesse, le volume d'eau qui s'écoule en une seconde serait égal au produit de $16 \times 14, 28$, ou de $228 \text{ m}^3. 48$, volume énorme comparativement à celui que débitent en temps ordinaire la plupart des fleuves (1).

D'après ces éléments, si l'on cherche à se rendre compte du transport des blocs abandonnés sur les lits de déjection, on voit que le torrent pourrait déplacer des cubes de pierres ayant 5^{m} , 15 de côté et entraîner des blocs de 20 mètres cubes.

Supposons, en effet, un bloc parfaitement cubique, placé dans le lit d'un torrent et posé sur une assiette horizontale; que le bloc soit de l'espèce de pierre la plus lourde; toutes ces conditions seront contraires à l'entraînement.

Soit a le côté du cube, p la pesanteur spécifique de la pierre; si le bloc est noyé dans les eaux, il oppose au courant un moment de résistance représenté par

$$\frac{p a^4}{2}$$

Le moment du choc du fluide sera donné par l'expression

$$\pi (m + n) \Omega \frac{u^2}{2g} \cdot \frac{a}{2}$$

Laquelle, dans l'hypothèse admise, devient

$$1,46 \pi \frac{a^3}{2} \cdot \frac{u^2}{2g}$$

Égalant les expressions des deux moments, on a

$$\frac{p a^4}{2} = 1,46 \pi \frac{a^3}{2} \cdot \frac{u^2}{2g}$$

(1) La Garonne ne débite que 150 mètres cubes, la Seine que 130, en temps ordinaire.

D'où l'on tire

$$a = 1,46 \frac{\pi}{P} \cdot \frac{u^2}{2g}$$

Et appliquant les nombres

$$u = 14,28.$$

$$g = 9,808 \text{ (intensité de la pesanteur.)}$$

$$\pi = 1,000 \text{ (pesanteur spécifique de l'eau).}$$

$$P = 3,000.$$

Il vient $a = 5^m, 15$, dimension des côtés du cube que le torrent pouvait déplacer.

Toutefois, si l'on diminue suffisamment la valeur de a , obtenue par une équation d'équilibre, pour se placer dans le cas de l'entraînement opéré rapidement, un bloc de 5, 15 de côté ne pouvant être noyé dans le courant, la hauteur des eaux ayant été supposée de 2^m, et par conséquent, être choqué par le fluide sur toute la surface, alors l'équation devient

$$a = \sqrt[3]{1,46 \frac{\pi}{P} \frac{4u^2}{2g}} \text{ d'où } a = 2,74.$$

Comparons maintenant les vitesses des eaux des torrents et des eaux de nos rivières, et cherchons à déterminer si celles-ci, en supposant même les conditions les plus favorables, ont pu opérer le transport des blocs disséminés à la surface des alluvions du fond des vallées ou engagés dans les couches supérieures de ces formations; nous nous occuperons ensuite de la dispersion des blocs erratiques des plateaux.

La pente de la Moselle entre Archettes et Saint-Nabord n'est que de six millimètres, ainsi que nous l'avons dit: avant sa jonction avec la Vologne, elle coule dans un canal dont la largeur moyenne est de 30 mètres et de 2 mètres de profondeur pendant les crues.

Les eaux acquièrent alors une vitesse que nous déter-

minons en faisant usage de la formule indiquée ci-dessus :

$$u = 51 \sqrt{\frac{ps}{c}}$$

De laquelle nous ferons

$$p = 6,006$$

$$s = 30 \times 2 = 60$$

$$c = 31$$

d'où l'on tire

$$u = 5,25.$$

La Vologne, dans la vallée de Granges, à l'aval du pont des Evelines, coule sur une pente de 6 millimètres par mètre, dans un canal de 13 mètres de largeur sur 3 de profondeur : lors des hautes eaux, sa vitesse, calculée d'après la même formule, est de 5^m 66 par seconde.

Ces deux rivières, d'après cette première donnée, pourraient déplacer des cubes de roches ayant 0^m 76 de côté et entraîner des blocs de 0^m 47 seulement.

En effet, en opérant comme ci-dessus, le moment du choc du fluide sera

$$1,46 \pi \frac{a^3 u^2}{2 \cdot 2g}$$

Et le moment de la résistance des blocs noyés dans les eaux

$$\frac{P a^4}{2} = 1,46 \pi \frac{a^3 u^2}{2 \cdot 2g}$$

d'où l'on tire

$$a = 1,46 \frac{\pi u^2}{P \cdot 2g}$$

Et en appliquant les nombres

$$u = 5,66$$

$$g = 9,808$$

$$\pi = 1000$$

$$P = 3000$$

Il vient

$$a = 0,76,$$

dimension des côtés des cubes que le courant peut déplacer. Ces dimensions calculées d'après les formules applicables à l'action des torrents et en admettant les conditions les plus favorables, sont évidemment trop fortes en ce qui concerne l'action de nos cours d'eau, ainsi que le prouvent et l'expérience et les observations que l'on peut vérifier à chaque instant. En effet, des blocs de 0^m 30 de côté, dispersés dans les lits des rivières les plus rapides de la contrée, ne sont déplacés que par suite de circonstances accidentelles, lorsqu'ils reposent sur des sables dans lesquels les courants creusent des sillons plus ou moins profonds; mais on n'a pas d'exemples de l'entraînement de ces blocs dont le cube ne serait cependant que de 0^m 027.

Toutefois, en admettant même que des blocs de 0^m 5776 puissent être déplacés, on ne serait pas moins embarrassé d'expliquer le transport de ceux dont les cubes varient de 1 à 20 mètres, surtout lorsqu'on se rappelle que les lits des cours d'eau voisins ne sont pas encaissés, que les canaux ne sont pas de formes rectangulaires, que les sections mouillées ont un développement considérable et que leurs parois sont irrégulières et très-accidentées, enfin que les pentes longitudinales sont constamment au-dessous de 0^m 03 et qu'elles ne dépassent ce chiffre que dans le voisinage des cols et dans les lieux où les volumes d'eau débités sont extrêmement faibles.

Ce transport a donc une autre cause : les eaux ont pu le favoriser en supportant et en charriant des blocs fixés à des flotteurs que des glaciers pouvaient fournir, comme ils en fournissent à certains fleuves et sur les mers bordées de massifs de glaces.

Dans le fond de toutes les vallées où des glaciers se trouvent enfermés, des fragments de roches rejetés aux pieds des talus des moraines ont pu être mis à flot en même

temps que les blocs de glace qui les enveloppaient, franchir des lacs et des mers, être entraînés et être abandonnés successivement et à mesure que la fusion du véhicule s'opérait, et tomber à la surface des dépôts d'alluvions et de comblement dont jusqu'ici on a pensé, bien à tort, qu'ils faisaient partie.

En commençant cet article, nous avons dit que les alluvions des lieux élevés étaient des indices irrécusables du passage des eaux sur certains massifs qui, vraisemblablement, n'avaient pas été submergés. Les eaux provenant des fontes subites de neige ou des glaciers, ont dû nécessairement se répandre en nappes irrégulières, parcourir le sol et en suivre la déclivité pour se rendre dans les cavités, dans les vallées actuelles, en laissant des traces de leur passage; mais ces nappes boueuses et de peu de profondeur ne peuvent avoir déplacé que des sables et du menu gravier, et la vitesse qu'elles ont pu acquérir a dû être très-faible, puisqu'elles ont laissé sur place des galets et des détritiques qu'elles auraient rejetés au loin et dans les dépressions, si elles avaient marché avec quelque rapidité. Lorsqu'elles ont rencontré des obstacles, tels que des pointes de roches ou des blocs assez gros, elles ont formé à l'amont des bourrelets très-peu saillants mais reconnaissables; à l'aval, elles ont creusé dans le sol des sillons bien visibles, dont la profondeur et la longueur décroissent rapidement et qui disparaissent bientôt.

Du moment que ces nappes d'eau, dont l'existence ne peut être mise en doute et qui ont laissé des traces de leur passage, paraissent ne pas avoir acquis assez de force pour entraîner les galets et les cailloux existant sur le sol, on ne saurait songer à leur attribuer le transport des blocs disséminés à la surface des alluvions existant hors des vallées, et qui y avaient été rejetés avant la disparition des

glaciers ; de sorte que la dispersion de ces blocs , contrairement à ce qui paraît évident en ce qui concerne ceux du fond des vallées , serait due à une cause entièrement indépendante de l'action des eaux , et qu'à l'avenir il y aurait lieu de former deux classes de ces blocs , comprenant , la première , ceux qui ont été rejetés sur les limites des glaciers , la seconde ceux qui , à partir de ces limites , ont été flottés et transportés au loin.

Maintenant , et en raisonnant dans la même hypothèse , les formes des blocs erratiques s'expliqueront avec moins de difficulté : en effet , ceux de ces blocs qui sont demeurés engagés dans les sables des moraines sont parfaitement arrondis , et généralement tous ceux qui se trouvent aux pieds des talus et sur leurs limites ont les angles plus ou moins émoussés ; formes résultant sans aucun doute de l'action imprimée à toute la masse , de la trituration des roches , et des frottements que les éléments ont dû subir en glissant les uns sur les autres et en éprouvant un mouvement continu , déterminé par les glaciers eux-mêmes.

Les blocs enveloppés de glace , rejetés dans le voisinage des massifs ou entraînés au loin , ont généralement conservé les formes qu'ils avaient reçues avant leur déplacement ; les uns , provenant de roches dont la décomposition à l'air est extrêmement lente et insensible , offrent des angles moins émoussés , des surfaces planes et des formes polyédriques ; les autres , les formes d'ovoïdes ou de sphéroïdes souvent réguliers ; et ces formes paraissent autrefois la preuve la plus évidente du transport plus ou moins prolongé des blocs erratiques dans les eaux : mais on avait négligé de tenir compte de certains faits qui s'accorderaient difficilement avec cette théorie et surtout de remarquer :

1° Que des blocs provenant de la même origine , du

même massif de rocher et de la même composition, transportés dans une même localité, et qui, par conséquent, auraient dû être également usés et arrondis, n'offrent pas les mêmes formes; quelques-uns sont anguleux avec leurs arrêtes légèrement émoussées, et d'autres sont presque parfaitement sphériques;

2° Que, dans un même lieu, et en comparant des blocs de diverses espèces de roches granitiques, à très-peu de chose près également résistantes, il arrive souvent que ceux qui ont parcouru le plus long trajet, sont très-fréquemment ceux dont les formes sont anguleuses;

3° Enfin que, contrairement à ce qui aurait eu lieu dans le cas d'un transport violent dans les eaux, les blocs les plus gros sont souvent composés des roches dont les analogues sont plus éloignés.

§. 4.

CARACTÈRES DES MORAINES.

Occupons-nous maintenant des dépôts dont nous avons attribué la formation à l'action d'anciens glaciers, et que nous désignerons sous le nom de *moraines* pour les distinguer de ceux dont il vient d'être question : nous examinerons ensuite si cette *qualification* peut leur être conservée.

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

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

Les sables et les blocs sont mélangés avec confusion, comparativement à ce que l'on observe dans les dépôts de comblement ; ils ne sont jamais disposés par ordre de pesanteur spécifique, en couches plus ou moins bien prononcées, mais cependant on y remarque un caractère constant, sans exception propre à tous les dépôts classés dans le même groupe, c'est que le sable et les menus graviers plus ou moins mélangés, forment une masse dans laquelle les blocs se trouvent comme suspendus à toutes les hauteurs ; ce qui indique que ces blocs ont été enfouis dans le sable à toutes les époques de la formation, qu'ils ont été rejetés en même temps que lui, enveloppés sur la place même où ils sont tombés.

Ces derniers dépôts ne peuvent être comparés aux cônes d'éboulement qui se forment sur les plaines et aux pieds des montagnes escarpées ; les arrêtes de ces cônes sont rectilignes, et leurs matériaux ont un arrangement particulier. Ici nous voyons des bourrelets irréguliers, souvent plus épais vers les lieux élevés que dans le fond des crevasses, offrant des renflements indistinctement, soit sur les pentes rapides, soit sur des plateaux isolés ; appliqués sur les flancs des montagnes, soit d'un seul côté

d'une vallée, soit sur les deux versants, mais à des hauteurs fort différentes.

Leurs matériaux accumulés par masses ne présentent pas l'arrangement qu'ils auraient pris s'ils avaient pu rouler au loin sur des plans inclinés et se classer dans le fond des cavités, comme cela a lieu dans les cônes d'éboulements. Les renflements des bourrelets sur les points les plus élevés et sur les pentes les plus rapides sont des dispositions entièrement différentes de celles de ces cônes, dont l'épaisseur augmente progressivement du sommet à la base. La distribution des bourrelets sinueux qu'ils constituent et dont les crêtes se relèvent dans les portions les plus profondes des vallées, doit faire supposer, au premier aspect, que les sables et les blocs de quelques-uns de ces dépôts ont été rejetés entre les parois des cavités ouvertes dans des massifs ayant une certaine tendance à se rapprocher, et qui exerçaient contre les détritiques renfermés entr'eux une pression considérable.

Dans cette localité que nous venons de citer, nous trouvons un premier exemple de deux terrains composés tous deux de sables, de cailloux de diverses dimensions, et qui cependant diffèrent essentiellement l'un de l'autre, on n'en saurait douter. Dans le premier, celui que l'on suit jusqu'au col de la Grande-Courrue, que l'on retrouve ensuite au col de la Demoiselle; et qui descend jusque dans la vallée de la Moselle par deux directions différentes en contournant la montagne de Parmont, on ne voit aucune trace de stratification, aucun arrangement indiquant le concours d'une eau courante qui aurait, sans le moindre obstacle, entraîné dans le fond des dépressions voisines la totalité de ces débris, appartenant tous sans exception aux roches encore en place dans le voisinage, aux granites, eurites, grès des Vosges : dans le second, au contraire, on

voit qu'il y a eu nivellement des matières, qu'il y a eu transport dans le sens de la vallée, et l'on rencontre des roches étrangères à la contrée.

Les planches VI et VII, figure première, représentent, la première le dépôt de Rougerupt, et la deuxième celui de la Grande-Courrue.

A partir de C, planche VII, on remarque aux points C, C, B les amas de sables et de blocs établis sur l'un des versants du vallon jusqu'en B où ils ont croisé et comblé le fond de ce vallon; le ruisseau de la Grande-Courrue s'est ouvert un passage dans le dernier massif jusqu'à la base granitique et élargit cette coupure chaque jour davantage; il entraîne facilement les sables de la partie inférieure et cause des éboulements souvent assez considérables; il charrie ensuite les sables, mais les blocs demeurent sur place et encombrant son lit.

A partir du col même de la Demoiselle, où l'on remarque divers bourrelets dirigés vers le Valcourrue, le dépôt se développe de A en B. pl. VI.

Sur ce croquis (n° 6) on a indiqué ces bourrelets au point A, leurs limites par une ligne ponctuée, et l'emplacement des blocs isolés à la surface par les lettres B'B'; les sommets des cônes isolés se remarquent particulièrement en B et F; en B''B'', on rencontre quelques blocs isolés, rejetés hors des limites du dépôt et reposant sur une légère couche de sol formée principalement des détritiques de la roche sous-jacente.

Aux points A'', pl. VII, où les deux dépôts sont venus se réunir, on remarque cette série de monticules ayant la forme de cônes tronqués et sur partie desquels la ville de Remiremont est bâtie: leurs matériaux, remaniés par les eaux du cours d'eau coulant dans la vallée et mélangés aux débris entraînés par eux, ont été recouverts ensuite par

une couche, à très-peu de chose près horizontale, de terrain de transport : on y voit des schistes et autres roches venant des environs de Bussang et de Saint-Maurice, dont on chercherait inutilement des traces dans les massifs situés hors de la vallée.

Au point C, planche VI, on a mis à découvert des roches granitiques, usées, polies et dont les surfaces sont découpées par des sillons irréguliers, creusés par l'action des sables qui, pendant un temps plus ou moins long, ont été mis en mouvement et pressés contre elles à mesure qu'ils étaient repoussés vers le bas (planche XII, fig. 4). Toutefois l'épaisseur du dépôt est beaucoup plus grande vers les points BB, disposition entièrement différente de celle de tous les remblais formés par les eaux courantes, soit dans le lit ou sur les rives des cours d'eau, soit dans les lacs ou bassins où dégorge les rivières.

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

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

L'ouverture semi-circulaire qu'il occupe (planche XI, fig. 2) ne ressemble en aucune façon aux crevasses rectilignes ou sinueuses qui divisent les masses minérales et que l'on

nomme vallées ; c'est un entonnoir ouvert brusquement dans le flanc de la montagne , à la manière des bassins de réception de certains torrents , mais ayant une issue largement ouverte et un canal d'écoulement peu profond , par lequel s'échappe , en un bien faible ruisseau , le trop plein du lac , alimenté aujourd'hui comme autrefois sans aucun doute par quelques sources , par les eaux pluviales qui tombent sur les plans inclinés du pourtour du bassin , mais dans lequel aucun ruisseau ne vient dégorger.

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

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

Ils forment du côté de la vallée un bourrelet circulaire , au point même où la pente de la montagne s'incline , à partir du pallier occupé par le lac et où les eaux auraient acquis une vitesse considérable , cette pente étant moyennement de 15 pour cent. ; un courant élevé au niveau du lac , et quelle que fût sa direction , aurait comblé le bassin dont le fond est de 15 à 20 mètres en contre-bas de la chaussée. Un torrent partant du lac , en le supposant dans des circonstances que nous ne pouvons admettre , et en supposant qu'un torrent ait pu

en sortir, aurait poussé les sables et les galets hors du goulot et au delà des cônes d'éboulement, les aurait ensuite déposés dans la vallée, tandis que la chaussée se trouve en tête de ce canal et que, dans le bassin où les déjections auraient dû avoir lieu, il n'y a *aucune trace de terrain de transport* composé d'éléments provenant des bassins du lac. Ce bourrelet circulaire ressemble encore moins à un cône d'éboulement à arrêtes rectilignes, ayant à la partie inférieure un renflement où les plus gros blocs se réunissent : ici comme dans tous les dépôts que nous examinerons désormais, le sable forme une masse dans laquelle sont enveloppés et disséminés tous les autres matériaux, et des blocs arrondis qu'elle a en quelque sorte retenus et dont elle a empêché le déplacement.

Ces matériaux appartiennent à la localité même ; ils se sont détachés des parois du cirque et sont tombés ensuite dans le bassin ; mais celui-ci devait être rempli par un massif sur lequel les sables et les blocs ne pouvaient se fixer et acquérir de stabilité et autour duquel ils se sont accumulés successivement, en constituant une sorte de ceinture dont l'épaisseur augmentait de plus en plus. Ce massif a disparu, le remblai seul est resté, modifié sans doute au moment où un changement peut-être subit a eu lieu ; mais il a conservé dans son ensemble sa forme caractéristique et il s'élève sur le bord d'une dépression dans laquelle un obstacle l'a empêché de descendre.

La coupure par laquelle s'opère l'écoulement des eaux du lac pourrait s'approfondir facilement si le volume des eaux débitées était plus considérable, mais elles manquent de la force nécessaire et elle n'éprouve aucune modification sensible : cependant si, par une cause accidentelle ou par suite d'un travail exécuté par la main des hommes, elle était creusée davantage, le lac ne tarderait pas à se dessécher

et se convertirait en un marais tourbeux, ayant une parfaite analogie avec ceux dont il sera question plus tard.

Dans le vallon de Morbieux, entre Ferdrupt et Ramonchamp, nous voyons un dépôt absolument semblable à ce dernier sous le rapport de la composition et de la distribution des matériaux; de la forme et de la position qu'il occupe.

Il constitue un bourrelet de 37 mètres d'épaisseur, dont les extrémités vont s'appuyer sur les deux versants opposés du vallon, ayant une forme légèrement circulaire et une longueur, mesurée sur la crête, de 637 mètres. La coupure par laquelle les eaux du ruisseau descendent du col de Morbieux est pratiquée à l'extrémité droite, entre le massif de sable et les rochers qu'il touchait autrefois, et comme cette coupure est assez profonde pour permettre à la totalité des eaux de s'écouler, le terrain qui aurait pu être inondé, dans le cas où elles se seraient élevées presque à la crête du barrage, est entièrement à sec et l'on peut en examiner convenablement les dispositions.

Nous avons figuré, planche IX, figure première, le vallon de Remanviller, et le barrage dont il est question, désigné dans la localité sous les noms de *Sablons de Remanviller*. Le sable, en effet, est l'élément dominant, et les personnes qui cherchent le moins à se rendre compte de la manière dont chaque terrain a pu se produire, n'ont pas manqué cependant de remarquer ces sables et ces cailloux, qui se trouvent si singulièrement placés en travers du cours d'une vallée, et forment un massif entièrement indépendant et isolé.

Le profil général, relevé suivant le cours du ruisseau, planche XII, figure 2, nous indique une pente de 0^m, 0828 ‰ immédiatement à l'amont du barrage, et à l'aval une pente de 0^m, 029 ‰ seulement.

D'après la coupe en long, on voit qu'il n'existe pas de renflement dans le milieu du dépôt, dont la crête s'abaisse graduellement, dans la direction de la coupe, de 9 mètres environ à partir de son extrémité gauche, et les coupes transversales nous font voir qu'à partir de la crête, le massif s'incline vers l'aval et présente une arrête polygonale et se termine par des talus inclinés de 11 à 16°, tandis qu'à l'amont il n'y a de la crête à la base qu'un seul talus bien dressé et ayant moyennement 20° d'inclinaison.

Après avoir considéré les coupes, si l'on jette les yeux attentivement sur chacune des deux figures et que l'on compare le terrain de comblement de la plaine de Thiaville, planche XI, figure 2, à cet amas de sables et de graviers de Remanviller, on comprendra bien vite qu'il existe entr'eux une différence notable, et que si le premier s'est formé par voie de transport opéré par des eaux courantes, les matériaux dont se compose le dernier, et qui proviennent *tous de la localité*, n'ont pu être mis en mouvement par le même agent.

A l'amont des Sablons, la vitesse de l'eau coulant dans un canal de 3 mètres de large et de 1 mètre de hauteur serait de plus de 11 mètres par seconde, vitesse qui ne permettrait pas à des sables et à des matières réduites en de très-petits volumes de s'arrêter et de se fixer dans le lit même du torrent. Un peu au-dessous des Sablons, elle ne serait plus que de 6^m 72 sur une pente de 0^m 029 ‰, mais encore trop forte pour cesser de mettre en mouvement ces mêmes matériaux : ils sont demeurés à près de 60 mètres au-dessus du fond de la vallée de la Moselle, où ils seraient venus s'arrêter s'ils eussent été charriés par un courant qui les aurait distribués suivant les lois ordinaires, et qui, certainement, n'aurait pas formé un barrage de

37 mètres de hauteur au travers de son propre lit ; ils ne se sont pas arrêtés dans le *plain* de Remanviller, qui les sépare de la Moselle et qu'ils auraient recouvert si ces terrains avaient été inondés au moment où les débris des roches de pourtour du vallon se détachaient des cîmes et des flancs des montagnes, étaient entraînés dans le fond même de ce vallon, en passant par dessus un massif qui ne pouvait être formé que de glace ; ce massif a disparu, laissant à nu le lit qu'il avait recouvert et protégé contre l'envahissement des détritius, au point où il se terminait et où seulement les matières rejetées par lui pouvaient s'arrêter.

Nous avons figuré, planche XIII, figures 3 et 4, un semblable dépôt, situé dans une vallée latérale de la Moselle au-dessus de Rupt, et présentant divers étages jusqu'au col de Longegoutte.

En remontant le vallon de Château-Lombard au Thillot et à environ 50 mètres au-dessus du niveau de la Moselle, on aperçoit un monticule de sables et de graviers de forme conique ayant 75 mètres de hauteur. Il s'avance vers le chemin dans une direction transversale à celle du thalweg et s'appuie aux montagnes comprises entre la tête du midi et la tête Mosique.

Il se termine aujourd'hui au point C, planche VIII. Mais il paraît qu'il se prolongeait autrefois jusqu'au point B, du côté opposé du vallon, où l'on voit encore les traces du dépôt : les limites du massif entier sont très-approximativement indiquées par une ligne ponctuée, passant en avant des deux étangs placés à gauche du chemin en montant, et près desquels on voit un amas de matériaux qui dépendaient de la masse entière, et laissés comme des témoins de la continuité première du barrage, détruit aujourd'hui en grande partie et dont l'extrémité droite s'est

bien conservée : c'est cette portion que l'on nomme dans le pays la *côte des Sablons*.

Une coupe longitudinale, planche v, figure 3, indique la position de cette côte dans le vallon : elle est située à peu près au milieu de la distance entre la Moselle et le col de Château-Lombard, sur un terrain incliné à 0^m 0625 ‰ de pente. Son sommet est élevé de 105 mètres au-dessus du niveau de la Moselle, dans le lit de laquelle on rencontre des blocs épars des roches du voisinage et dont quelques fragments arrondis se trouvent aussi dispersés sur le sol, entre les Sablons et le Thillot, où vraisemblablement ils ont été conduits au moment où le barrage s'est ouvert : mais au-delà des points où se terminent les talus des Sablons, et particulièrement à l'amont, il n'existe aucune trace de sables, de graviers, que l'on puisse considérer comme le prolongement de la formation.

A partir du milieu du village de Bussang, la route, dans la direction de Saint-Maurice, monte brusquement sur une sorte de contrefort avancé de la base de la montagne dominant le côté droit de la vallée ; elle se maintient quelques instants sur le sommet de ce contrefort et descend ensuite sur un plan incliné qui se prolonge jusque tout près de Saint-Maurice, en présentant des ondulations chaque fois qu'il en existe à droite et à gauche dans les montagnes.

Toute la masse du contrefort, à l'exception de quelques roches granitiques que l'on voit apparaître vers l'extrémité inférieure du plan incliné, est composée de sables, de graviers et de gros blocs arrondis de diverses roches, formant un barrage de 35 à 40 mètres de puissance au travers de la vallée, et au milieu duquel la Moselle, à peine à un kilomètre de sa source, s'est ouvert un passage en enlevant les sables et les galets, mais en laissant son lit

obstrué par des blocs de 1 à plusieurs mètres cubes, qu'elle ne saurait déplacer et dont certainement, dans aucun cas, elle n'a pu opérer le transport.

Dans cette localité, comme dans celles dont nous venons de parler, nous trouvons la vallée obstruée par des masses de détritiques qui se relèvent tout-à-coup et forment des barrages d'un côté à l'autre du bassin, ayant à l'amont des pentes beaucoup plus escarpées qu'à l'aval, leurs plus grandes dimensions, en hauteur et en largeur, au point même où ils commencent, et une courbure dont la partie concave regarde la partie supérieure de la vallée, et qui enfin n'ont aucune des dispositions distinctives des dépôts de comblement, des cônes de déjection des torrents.

Au point où les vallées de Ventron et de Travexin viennent se réunir, on voit les restes d'un barrage circulaire de 30 à 35 mètres de puissance, qui s'étendait autrefois d'un côté à l'autre de cette dernière vallée et la fermait complètement : une ouverture assez large, pratiquée à son extrémité gauche, offre un passage plus que suffisant à l'eau du ruisseau, qui a dû être retenue pendant un certain temps et s'étendre sur tout ou partie du bassin entièrement à sec aujourd'hui ; ce bassin, à en juger par la présence des couches de tourbes de la prairie, a dû demeurer pendant quelque temps à l'état de marais, jusqu'à ce que le lit du ruisseau fût suffisamment approfondi.

Les talus de ce barrage ont, du côté d'amont, une inclinaison beaucoup plus forte que vers l'aval, disposition que nous avons déjà eu occasion de remarquer et que l'on doit considérer comme un des caractères particuliers de ces sortes de dépôts (pl. II).

Un peu plus bas et en descendant vers Cornimont, on voit des amas de sables et de graviers qui semblent être les restes de barrages analogues ; mais nous remarquons

pour la première fois une suite d'étages successifs indiquant que le massif autour duquel ils se sont formés a varié dans sa position et s'est retiré successivement, à partir du point le plus bas, en remontant vers les parties les plus élevées de la vallée.

L'ouverture pratiquée dans le milieu même de ces monceaux de débris ayant 50 mètres d'épaisseur, a 250 mètres de largeur au-dessus et 14 mètres seulement dans le bas; sa profondeur est de 40 mètres; les talus sont inclinés à 14° 55 minutes moyennement, mais sont découpés çà et là par des escarpements presque verticaux, qui se produisent chaque fois que les eaux ont sapé une partie de leur base.

Les sables se prolongent jusque tout près de Cornimont, à quelque distance à l'amont du pont situé à l'entrée du village; mais ils disparaissent entièrement au-delà de ce point, et l'on n'en voit aucune trace dans la vallée de la Moselotte dans laquelle se jette le ruisseau de Ventron.

Remarquons que le sommet du dépôt est à 100 mètres au-dessus de la Moselotte; qu'il est situé au point le plus étroit de la vallée de Ventron, dont la largeur, mesurée à la Côte-des-Sables, n'est que de 250 mètres, tandis qu'en face de la vallée secondaire de Travexin, cette largeur est de plusieurs centaines de mètres; que la pente du thalweg est moyennement de 4 centimètres par mètres, et que l'eau, dans le ruisseau, coulant dans un canal de 5 mètres de large et 1 mètre de profondeur lors des eaux moyennes, a une vitesse de 8^m, 61^c par seconde.

L'emplacement même des sables doit être remarqué: c'est le point le plus étroit de la vallée, celui où les eaux, en supposant qu'elles aient amené ces matières, auraient acquis la plus grande vitesse, puisqu'elles devaient y rencontrer un canal d'écoulement beaucoup moins large, en admettant

même qu'elles aient atteint le sommet du barrage et qu'elles se soient élevées à 50 mètres au moins au-dessus de leur niveau habituel. Mais d'un autre côté, nous voyons le barrage de la vallée de Travexin situé à la rencontre des deux vallées, en avant d'un espace assez considérable de terrains qui est resté entièrement découvert; il faut donc, si l'on attribue la formation de ces dépôts à la même cause, admettre que deux courants agissant dans des circonstances absolument semblables ont cependant produit des effets différents; qu'ils n'ont laissé des détritiques que sur les plans les plus inclinés et dans les portions de leurs lits où ils avaient acquis la plus grande vitesse; qu'ils ont d'eux-mêmes obstrué leurs lits en y construisant des barrages énormes qu'ils ont d'ailleurs indistinctement placés, soit dans les parties resserrées, soit dans les parties les plus larges des vallées, ce qui est également impossible et invraisemblable.

Les eaux du lac de Longemer sont retenues par une digue composée de sables et de graviers, élevée de 5 à 6 mètres au-dessus de leur surface, présentant à l'amont un talus assez escarpé, mais qui vers l'aval se prolonge fort loin et forme un plan assez régulier légèrement incliné; une échancrure étroite et peu profonde laisse échapper le trop plein et donne passage à un ruisseau dont le lit ne subit aucune modification apparente et sensible, de sorte que le régime du lac semble ne devoir éprouver aucune variation tant que, par suite des travaux exécutés de main d'homme, le canal d'écoulement n'aura pas été approfondi (planche v, figure 2, et planche XIII, figure 1).

Cette barrière ne fait pas partie des massifs de montagnes qui entourent le bassin; elle est formée de *matériaux rapportés* et provenant des diverses parties du cirque d'où ils ont été extraits; mais ont-ils été trans-

portés par les eaux, par un torrent provenant du bassin de Retournemer, traversant le bassin de Longemer, et déposant ces matériaux à l'extrémité inférieure de ce bassin? Pourrait-on se rendre compte d'un semblable mode de transport et l'expliquer? Ne sait-on pas que les eaux d'un torrent, en arrivant dans le bassin, l'auraient préalablement rempli et auraient perdu graduellement une partie de leur vitesse; qu'elles auraient en premier lieu opéré le comblement d'une cavité dont le fond, à en juger par la nature des plages de la partie supérieure, n'est revêtu d'aucune formation de transport; qu'elles auraient nivelé successivement la dépression aujourd'hui occupée par un lac et y auraient construit un massif de déjection en relief (dans l'hypothèse d'un torrent) ayant une forme bombée.

Mais si nous admettons la présence d'un massif de glace enfermé entre les montagnes, tout s'expliquera: l'amas de matériaux rejetés à sa surface s'est formé au point où se terminait le glacier; en disparaissant, ce glacier a laissé une cavité entièrement vide, dans laquelle s'est ensuite formé un lac bien différent de celui qui est situé à l'origine de la vallée, le lac de Retournemer; la formation de celui-ci est liée à celle de la vallée, et la barrière ou la ceinture de rochers qui retiennent ses eaux, ont été produites en même temps que les massifs constituant les montagnes et par les mêmes causes; mais celui de Longemer, ceux de Lispach et de Gerardmer ne se sont établis que postérieurement, dans des vallées d'abord ouvertes et par suite de modifications apportées dans la distribution des lieux, d'opérations exercées par les agents destructeurs sur des masses minérales dont les débris sont venus s'amonceler sur un certain point et interrompre le cours des ruisseaux dont les eaux ne coulent plus aujourd'hui dans leurs thalwegs primitifs.

En descendant vers Gerardmer, nous voyons un autre massif de sables et de galets, de blocs venant des forêts et de la gorge de Xonrupt, traversant la vallée dans la direction du Saut-des-Cuves, et sur lequel viennent passer la route de Saint-Dié, en avant du pont de Vologne, et le chemin du Valtin : il fermait autrefois le bassin qui, à l'amont jusques dans le voisinage de Longemer, a été submergé; ce bassin est resté à l'état de marais, dans lequel s'est formée une couche assez puissante de tourbe au moment où le lit du cours d'eau s'est approfondi suffisamment.

Des trainées de blocs et de graviers partent des montagnes dominant le village de Gerardmer, se dirigent ensuite vers le lac dont les digues sont composées des débris des roches du voisinage.

Au delà de la digue d'aval, pendant quelque temps on ne rencontre que quelques blocs épars de diverses roches provenant du haut de la vallée, puis on parvient ensuite à un bassin à fond plat, recouvert de puissantes couches de tourbe et ayant l'aspect d'un lac desséché et fermé par de véritables montagnes de sables vers la scierie du Belliard, au-dessous de laquelle se présente un nouveau bassin tourbeux, également fermé par des montagnes de sables et de graviers vers le hameau de Rein-Brice, un peu en avant du Tholy.

Ces montagnes et celles qui, au nombre de quinze, se trouvent échelonnées au-dessus du lac de Lispach, dans la vallée de Chajoux, sont des exemples remarquables de moraines terminales à plusieurs étages (voir planche xv, figure 1, planche iv, planche v, figure 1, planche vii, figures 2 et 3, planche xii, figure 1, et planche xiii, figure 1.)

Celles du Tholy sont représentées, planche iv, vues de l'amont; à gauche et dans le fond, on voit des montagnes granitiques dans lesquelles est ouverte la vallée de Cleurie,

et entre lesquelles s'élève cette barrière de sables et de graviers, coupée aujourd'hui vers son milieu et bordant le canal par lequel s'échappe le ruisseau, dans un lit ayant de 2 à 6 centimètres par mètre de pente; ce lit est encombré de blocs que les eaux ne peuvent déplacer. A une époque peu reculée, les tourbières étaient presque totalement submergées, mais à la suite d'une inondation, le canal d'écoulement s'étant creusé de plusieurs mètres, l'eau a cessé d'être retenue et a abandonné graduellement le bassin qu'elle paraît avoir occupé long-temps, à en juger d'après la puissance de la couche tourbeuse.

Un croquis de plan indique leur position dans un des points les plus resserrés de la vallée, pl. III; la coupe de la pl. V, figure 1, fait voir de quelle manière les lambeaux du barrage ancien sont distribués de droite à gauche du ruisseau; enfin le profil, relevé entre la tourbière et leur limite inférieure à gauche de la vallée, fera beaucoup mieux comprendre leurs formes qu'une longue description (pl. XII, fig. 1).

A l'aval se trouve le premier étage, ayant une puissance de 92 mètres, terminé à l'amont par un talus incliné de 25 à 30° et à l'aval de 17 à 20°; vient ensuite l'étage moyen, sur le talus extérieur duquel quelques ravins se sont ouverts; enfin à l'extrémité supérieure, le 3^e et dernier étage, au pied duquel se termine le dépôt tourbeux.

Nous ne répéterons pas ce que nous avons dit à l'occasion des diverses digues de même nature, toute discussion ultérieure serait entièrement inutile; il nous suffira de dire que ce massif, étant entièrement isolé et indépendant, ne se prolongeant ni à l'amont ni à l'aval; n'ayant aucune trace de stratification, n'offre aucun des caractères propres aux terrains de transport et de comblement, et que, vouloir attribuer sa formation à l'action des eaux, ce serait mé-

connaître les lois qui ont régi d'une manière invariable et constante les cours d'eau et leur mode d'action.

CONCLUSION.

Nous avons cherché à établir en premier lieu de quelle manière et suivant quelles lois les eaux agissent à la surface de la terre, attaquent, corrodent les masses minérales, en déplacent certaines parties, les transportent et les abandonnent ensuite.

Nous avons indiqué ensuite quels étaient les terrains auxquels le nom de formation de transport et de comblement paraissait devoir être conservé, et nous sommes entrés dans quelques considérations sur le transport des blocs erratiques, transport que nous ne pouvons attribuer à l'action seule de l'eau à l'état liquide; enfin nous avons cité quelques exemples des dépôts que, dans une précédente notice, nous avons qualifiés de *moraines* (1).

Maintenant il ne nous reste plus que quelques mots à ajouter aux considérations qui précèdent et aux détails beaucoup trop courts que nous avons donnés sur une question que nous aurions désiré traiter d'une manière plus complète; mais l'esquisse que nous venons de tracer, toute imparfaite qu'elle soit, aura, nous l'espérons, pour effet d'appeler l'attention des géologues sur un des points les plus importants de l'histoire géologique des Vosges.

D'après ce qui précède, nous distribuerons de la manière suivante les terrains confondus jusqu'ici dans le même groupe des terrains de transport et de comblement, savoir :

(1) *Annales de la Société d'Émulation des Vosges*, t. IV, 1^{er} cahier, 1840.

TERRAINS SUPERFICIELS OU SUPÉRIEURS.	A. DÉPÔTS PRODUITS PAR L'ACCUMU- LATION.	1 ^{er} Groupe ; 1 ^o de détri- tus de végé- taux	Tourbe.	
		2 ^e Groupe ; 2 ^o de divers ^{es} substances minérales ..	a. Par suite d'ébou- lements récents.	}	Fragments anguleux de roches.
	b. Par suite de l'ac- tion des glaciers (moraines).		}	Terres végétales, sables. Sables, galets; blocs et débris de roches diverses.	
	B. DÉPÔTS DE TRANSPORT ET DE COMBLE- MENT.	3 ^e Groupe su- périeur	}	Limon, sables et galets.
		(Groupe mo- derne).....			
4 ^e Groupe in- férieur.....		a. Alluvions hors des vallées.	}	Blocs erra- tiques ...	
(Groupe des blocs erra- tiques).....	b. Alluvions du fond des vallées.	}	Argiles et marnes, sables et galets.		

Nous avons des données précises sur le mode de formation des tourbes, des éboulements, et sur les formes qu'affectent les amas de matières qui tombent d'elles-mêmes et constituent, aux pieds des massifs dont elles proviennent, des sortes de coulées coniques, à arrêtes rectilignes et offrant à leur base un renflement composé des matériaux ayant les plus fortes dimensions.

Nous avons vu suivant quel mode les rivières transportent des détritits; dans quelles circonstances elles peuvent mettre en mouvement des blocs, et comment s'opère le comblement des bassins où elles dégorgent; comment les torrents agissent

et entassent des monceaux de ruines dans leurs lits de déjection. Tous les terrains produits par les divers agents ont des caractères propres qui peuvent les faire reconnaître et classer à la première inspection; quant aux dépôts dont il a été question en dernier lieu, ce que nous en avons dit suffira sans doute pour établir convenablement leurs caractères distinctifs.

Les uns, que nous nommerons *moraines latérales*, sont placés sur les flancs ou sur les sommités de quelques montagnes, souvent d'un seul côté d'une vallée, quelquefois dans le fond même des dépressions, parallèlement à la direction des montagnes qui la bordent, ou croisant sous divers angles les axes longitudinaux des vallées, forment des bourrelets saillants sur le sol et se trouvent, dans la plupart des localités, hors de la portée des eaux des rivières; ils résultent d'une action qui a eu lieu d'un seul côté d'une vallée et ne comprennent aucuns fragments de roches étrangères aux massifs auxquels ils sont liés.

Les autres, ou les *moraines médianes*, placés en face de l'embranchement de deux vallées, renferment des matériaux provenant de deux directions opposées; ils semblent avoir été produits dans un même temps par deux agents qui venaient se joindre aux points où se trouvent ces moraines.

Enfin les *moraines terminales* marquent le point où l'action a cessé de se faire sentir, indiquent une limite vers laquelle tous les matériaux ont été rejetés; elles affectent généralement une forme semi-circulaire, traversent les vallées, en entrecoupent le cours et les subdivisent en différents bassins. Elles constituent des massifs à un ou plusieurs étages successifs et parallèles entre eux, ayant du côté supérieur de la vallée une coupure abrupte et se terminant inférieurement en talus alongé; elles s'élèvent subitement sans se lier à des dépôts stratifiés dont l'absence est un fait qui jusqu'alors

a paru constant ; enfin leur courbure est tracée à partir d'un point plus ou moins éloigné, mais qui est invariablement placé à l'amont, de sorte que la partie convexe regarde le bas de la vallée.

Dans ces trois sortes de dépôts, il n'existe aucune subdivision que l'on puisse considérer comme une stratification ; on y voit pourtant quelquefois, mais accidentellement, des plans irréguliers et inclinés qui semblent marquer les diverses couches de remblais : leur masse principale est composée de sable plus ou moins grossier, dans lequel sont disséminés et enveloppés des galets plus ou moins volumineux et des blocs souvent arrondis, comme suspendus au milieu du sable, mais jamais disposés par couches et par ordre de pesanteur spécifique comme dans les dépôts de comblement.

Ces blocs arrondis ont dû prendre leurs formes sur place, par suite d'une sorte de mouvement imprimé à la masse entière au milieu de ces débris triturés et comprimés avec force. On ne pourrait songer à attribuer ces formes aux frottements éprouvés pendant leur transport dans le lit des ruisseaux ou des rivières qui coulent près de *moraines* ; la plupart d'entre eux se trouvent pour ainsi dire encore sur place : ainsi, au col de la Grande-Courrue, près de Remiremont, on voit des sphéroïdes de grès et de granites qui ne sont pas à 20 mètres de distance des rochers d'où ils proviennent ; de plus, ils se trouvent hors de la vallée et dans une position telle que, s'ils eussent été déplacés, ne fût-ce que d'un demi-mètre, ils eussent roulé dans le fond du bassin.

Si l'on veut se faire l'idée du travail qui s'opérait sur place même et du frottement que les divers éléments d'un dépôt semblable exerçaient les uns contre les autres, il suffira d'examiner les surfaces parfaitement polies des

roches en place sur lesquelles reposait la masse entière mise en mouvement : des granités fort durs ont été usés et polis de la manière la plus parfaite ; des pentes existant dans ces roches ont été élargies, approfondies, et des sillons quelquefois parallèles, et souvent entre-croisés, et se réunissant les uns et les autres, et de quelques décimètres de profondeur y ont été ouverts ; la fig. 4, pl. XII, représente un de ces rochers corrodés et polis, qui vient d'être mis à découvert récemment par suite d'un déblai pratiqué pour l'ouverture du chemin de Remiremont à Bellefontaine ; de plus, les faces verticales des roches de grès des Vosges sont profondément creusées par des sillons sensiblement horizontaux et souvent très-profonds.

Or les formes de ces dépôts, leurs dispositions, les traces laissées sur le sol et sur les roches sous-jacentes, sont des caractères propres aux *moraines* des glaciers existant, agissant sous nos yeux et reproduisant les phénomènes qui ont eu lieu autrefois dans les contrées situées au-dessous de la limite actuelle des glaces.

La formation des *moraines* ne peut être due à l'action de l'eau à l'état liquide : dans l'hypothèse d'un transport par des eaux courantes, on éprouverait un grand embarras pour expliquer de quelle manière des courants auraient pu produire ces bourrelets coniques et les placer sur des lieux élevés, sans combler en aucune façon les cavités voisines et dans lesquelles il n'existe aucune trace de sable et d'amas de cailloux et de blocs.

De quelles sources seraient sortis ces courants et dans quels lieux ces sources se seraient-elles fait jour, si ce n'est aux points mêmes où commencent les vallées, qui s'écartent du faite des montagnes dans des directions différentes et se ramifient à chaque instant. Les courants se seraient donc divisés et ramifiés aussi pour se diriger, souvent

à partir d'un même point, dans cinq à six vallées rayonnant autour d'un massif de montagnes et ayant leurs cols souvent très-rapprochés.

Quand même on admettrait que cela fût possible et que, contrairement à ce qui existe dans tous les systèmes de montagnes, un ruisseau pût jaillir et offrir un volume d'eau considérable au col même d'où part une vallée, serait-ce au point même où il est sorti du sein de la terre qu'il formerait des accumulations de matériaux ? Ne faudrait-il pas, avant qu'il commençât à déposer les détritiques arrachés dans sa marche aux masses minérales placées sur son passage, qu'il eût pu acquérir une certaine force d'action suffisante pour mettre en mouvement ces matériaux, pour les abandonner ensuite, dès que la pente et par suite la vitesse de son cours seraient devenues moins grandes ?

Le volume des eaux des rivières est-il moins considérable qu'autrefois ? On ne peut répondre à cette question d'une manière positive, mais il y a lieu de croire que la Moselle, par exemple, n'a jamais et dans aucune circonstance pu s'élever jusqu'au niveau des sablons, soit de Château-Lambert, soit de Remanviller, soit de Rupt, c'est-à-dire à plus de 100 mètres au-dessus de son niveau actuel.

On peut en dire autant des vallées secondaires, qui de tout temps comme aujourd'hui n'ont été arrosées que par de très-faibles ruisseaux : les crues de ces cours d'eau, même en supposant les circonstances les plus favorables, des saisons pluvieuses, la fonte des neiges au printemps, ne paraissent pas avoir dû être beaucoup plus fortes qu'aujourd'hui. Vraisemblablement la culture, le dessèchement des marais, le défrichement des forêts qui sans doute recouvraient une grande partie du sol, l'ouverture

d'un nombre infini de canaux d'irrigation , permettent aux eaux qui tombent sur le sol d'arriver plus promptement dans le fond des vallées, où elles occasionnent des crues beaucoup plus subites qu'autrefois , alors que l'écoulement des eaux sauvages était retardé à chaque instant par de nouveaux obstacles.

Il ne resterait donc plus que l'hypothèse d'une masse d'eau passant par dessus le faite de la plupart des montagnes , entraînant avec elle une énorme quantité de débris de roches : mais d'où serait venue cette eau recouvrant presque entièrement le système des Vosges à l'exception de quelques-uns des pics les plus élevés , et s'étendant au loin sur toutes les contrées moins élevées ?

Quelle cause eût déterminé dans cette mer des courants violents et dans tant de directions opposées , agissant contrairement à toutes les lois que nous connaissons , en opérant le creusement des vallées , la destruction des massifs élevés pour opérer des dépôts sur les flancs inclinés des montagnes , sur des plateaux séparés entr'eux par de larges et profondes découpures , détachant d'énormes quartiers de roches , les roulant dans les dépressions , les faisant ensuite remonter suivant des rampes escarpées et élevées de plusieurs centaines de mètres , pour les abandonner ensuite , soit sur le faite de quelques montagnes , soit sur les versants opposés à ceux qu'ils auraient dû gravir d'abord ?

Mais n'avons-nous pas dit que les matériaux des *moraines* appartenaient exclusivement aux espèces minérales du bassin , et sans mélange de substances provenant de loin et qu'on y rencontrerait sans doute , comme dans tous les dépôts de transport , si leur production était l'effet de l'action de ces courants qui ne paraissent avoir existé que dans l'imagination de quelques géologues.

Les terrains superficiels des lieux élevés , d'ailleurs , sont

composés entièrement de détritns de roches sous-jacentes, sur lesquelles s'est exercée l'action des agents atmosphériques, mais ces détritns n'ont été ni charriés, ni déplacés successivement, et surtout ils n'ont pas été *lavés*, ce qui établit entre ces terrains et ceux de comblement une différence bien tranchée.

Sur quelques points il semble pourtant que leurs éléments ont été remaniés, et surtout dans le voisinage des *moraines*, et particulièrement dans les limites des traînées de blocs erratiques; mais cette opération faite sur place n'est pas l'effet d'un courant qui aurait momentanément recouvert ces terrains affectant les formes des roches recouvertes par eux et en reproduisant les ondulations.

Une eau courante, en passant sur des terrains meubles, les eût modifié en enlevant les arrêtes saillantes et remplissant les cavités; mais surtout en opérant le triage des matériaux et en les disposant suivant un certain ordre.

Ces dépôts ont pu à diverses reprises être détremnés par les eaux pluviales et être partiellement soumis à l'action des eaux provenant de la fonte des glaces, mais dans aucune circonstance par une lame d'eau de quelque hauteur qui, vu les inclinaisons des pentes du sol, aurait pu acquérir une grande vitesse et entraîner avec elle la plus grande partie des terres et des sables dont il est question.

Sur les côteaux qui bordent la Moselle, cependant, ainsi que nous l'avons dit ailleurs, on voit les traces du passage des eaux, et des galets roulés provenant de la partie supérieure de la vallée se mêler aux détritns de la localité; mais ces côteaux, quoique élevés de 50 mètres au-dessus du fond de la vallée, ont pu être submergés au moment où la fonte des glaciers a eu lieu, et pour cela il fallait que les eaux s'élevassent seulement de 10

mètres au-dessus des dernières couches du dépôt de comblement qui obstruait le bassin de la rivière et retardait l'écoulement du liquide. Ces plateaux d'ailleurs sont situés à plus de 700 mètres en contrebas des plateaux où se trouvent certains groupes de blocs erratiques, que les eaux n'auraient pu atteindre qu'en s'élevant à peu près à cette hauteur sur toute la contrée, et en recouvrant toute la région moyenne des Vosges, sur laquelle on ne voit pas de traces d'une pareille inondation.

Les blocs dispersés sur les hauteurs et sur les flancs de quelques collines, à quelques centaines de mètres au plus des moraines, nous paraissent donc avoir glissé sur des massifs et sur des plans inclinés recouverts de glaces, jusqu'aux points où ils se trouvent à la surface du terrain superficiel où ils sont demeurés sans varier de place. Quant à ceux qui se trouvent dans les vallées et disséminés sur les dépôts de comblement, ils ont été soulevés au moment de la destruction des glaciers, enveloppés de glaces, charriés par les cours d'eau gonflés momentanément, et abandonnés successivement à mesure qu'il se séparaient des flotteurs auxquels ils étaient d'abord fixés; ils proviennent de la destruction totale ou partielle de quelques *moraines*, et particulièrement de celles qui bordaient les vallées et dont les éléments, les sables et les galets, ont été transportés dans les cavités, dans les bassins déjà en partie remplis de détritiques, et ont composé la couche supérieure des dépôts de comblement qui ont pu renfermer ainsi quelques blocs, ceux qui s'étaient détachés les premiers des glaces flottantes (1).

(1) Voir pl. XIII, fig. 2, les deux *moraines* terminales du Rein-Brice et du Belliard : A, B; en B, B, un dépôt stratifié de sables et de galets provenant de la *moraine* A et enlevés successivement et en partie postérieurement à la formation de la tourbe C', C', qu'ils recouvrent partiellement sur certains points.

Chaque fois que les *moraines* terminales ont pu résister, elles ont retenu les eaux ; il s'est formé dans la vallée des lacs qui se sont ensuite desséchés à mesure que le canal d'écoulement ou trop plein se creusait, mais dont quelques-uns subsistent encore et ne paraissent pas devoir disparaître, à moins que des causes imprévues ne viennent troubler l'ordre établi ; et l'état actuel des choses semble indiquer d'une manière certaine que l'état antérieur des terrains n'a pas été modifié d'une manière subite et violente, au moment où les glaciers que nous supposons avoir recouvert une grande partie de la chaîne des Vosges ont cessé d'exister (1).

Un volume d'eau, tel que celui qu'aurait produit dans chaque vallée la fonte entière et instantanée d'un glacier, en roulant sur des pentes aussi fortes que celles qu'on remarque dans ces cavités, eût renversé tous les obstacles placés sur son passage, et les *moraines* composées de sables tout d'abord : mais l'état de conservation de la plupart de ces *moraines* nous prouve que, s'il y a eu quelques grandes inondations, elles ont été produites par des causes locales, et que les eaux dans l'intérieur des montagnes ne se sont pas élevées à une grande hauteur au-dessus de leur niveau habituel, puisque des amas de sables sans consistance sont restés intacts à quelques mètres au-dessus de la ligne des débordements extraordinaires auxquels sont sujets la plupart des cours d'eau.

Nous ne trouvons donc aucune hypothèse qui puisse satisfaire aussi complètement à l'explication des phénomènes dont nous venons de nous occuper que celle des glaciers :

(1) Voir pl. XIII, fig. 1 : les lacs existant aujourd'hui de Longemer et de Retournermer, et les lacs desséchés et dont les digues ont été ouvertes, de Xonrupt, du Belliard et du Rein-Brice.

seuls ils ont pu remplir ces cavités fermées par des ceintures de terrains n'offrant aucune consistance.

Ces cavités entièrement dépourvues de terrain de transport auraient dû cependant être remplies en premier lieu, si elles n'avaient été préservées par des massifs de glaces que les débris de roches devaient d'abord franchir et à l'extrémité desquels ils se sont amoncelés. Ce n'est qu'à partir des dernières *moraines*, de celles qui sont le plus éloignées de l'origine des vallées, que commencent les premiers dépôts de comblement, ceux dont les stratifications et la distribution par grandes nappes indiquent assez un travail exécuté par les eaux courantes, caractères que ne présentent dans aucuns cas ceux que nous venons de *qualifier* du nom de *moraines*, que l'on ne pourra plus confondre à l'avenir avec les terrains formés dans le sein et avec le secours des eaux.

EXPLICATION DES PLANCHES!

PLANCHE I.

Croquis visuel de la vallée de Ventron.

AA. *Moraine* terminale de la vallée de Travexin.

BB. *Moraine* terminale des Champs-à-Nabord, située à l'amont de Cornimont, au point où la vallée de Ventron vient s'ouvrir dans celle de la Moselotte.

PLANCHE II.

Croquis de la *moraine* terminale de la vallée de Travexin, indiquée par les lettres AA sur la planche 1^{re}.

PLANCHE III.

Croquis visuel d'une partie de la vallée de Cleurie, entre le village du Tholy et le Rein-Brice.

A, B, C, A', B', C'. *Moraines* terminales à plusieurs étages, fermant le bassin du Rein-Brice.

E, E. Tourbières et dépôts de comblement formés des débris d'une *moraine* située à l'amont, celle du Belliard.

PLANCHE IV.

Vue de ces *moraines* prise à l'amont, du pont du Rein-Brice.

PLANCHE V.

Figure 1^{re}.

A, B, C. Coupe de la vallée de Cleurie, indiquant les formes générales et la disposition de ces mêmes *moraines*.

Figure 2.

Coupe du lac et de la vallée de Longemer.

A. *Moraine* terminale formant la digue du lac.

Figure 3.

Coupe du vallon de Château-Lambert.

A. Côte des Sablons située entre le col de Château-Lambert et le Thillot sur la droite de ce vallon : cette montagne de sables et de galets faisait partie d'une *moraine* dont on voit encore l'emplacement, et qui s'appuyait autrefois contre les flancs des montagnes granitiques des deux côtés du vallon.

PLANCHE VI.

Plan de la *moraine* latérale de Château-Lombard, près de Remiremont.

A. Bourrelets du col de la Demoiselle.

B, B, F. Massif de la *moraine* et principales aspérités de ce remblai.

B'', B'', B'. Blocs erratiques dispersés à la surface d'une légère couche de terrain d'alluvion.

C. Surfaces mamelonnées et polies de roches granitiques mises à découvert, sur le bord du chemin de Remiremont à Bellefontaine, près de la maison Crochetez.

H. Montagne de Paremont, sur le sommet de laquelle on ne rencontre aucune trace de dépôts attribués, soit à l'action des eaux, soit à l'action des glaciers.

PLANCHE VII.

Figure 1.

Coupe prise entre la Moselle et le col de la Grand-Courruie à Remiremont.

- A, A', A". Dépôts de comblement du fond de la vallée.
 B. *Moraine* terminale de la Grande-Courrue.
 C, C. Bourrelets situés entre cette *moraine* et le col; restes de *moraines* médianes et latérales.

Figures 2 et 3.

Croquis et coupe de la vallée du Chajoux prise à l'amont de la Bresse, représentant les quinze *moraines* terminales dont la dernière constitue le barrage du lac de Lispach.

PLANCHE VIII.

Plan de la *moraine* de Château-Lambert, A, B, C, et du vallon dont la coupe est figurée p. v, fig. 3.

PLANCHE IX.

Figure 1.

Croquis des sablons de Remanvillers, *moraine* terminale située dans le vallon de Morbieux, près de Ramonchamp.

Figure 2.

Formation de comblement de la plaine de Thiaville, entre Remiremont et Eloyes.

PLANCHE X.

Plan et nivellement d'un petit torrent ouvert dans les terrains superficiels de la vallée de la Moselle à Girmont, au-dessous d'Épinal.

Ce croquis est destiné à indiquer les dispositions générales qu'affectent les eaux de déjection des torrents en activité ou éteints de toutes les contrées où on les observe.

A. Bassin de réception.

B, B'. Canal d'écoulement.

C, C. Lit de déjection dont la courbure a 3 mètres de flèche sur une largeur qui n'est que de 20 mètres (1).

PLANCHE XI.

Figure 1.

Croquis représentant la disposition des éboulements de débris de roches détachées des montagnes granitiques par les agents destructeurs.

X, Y. Base des talus.

A, B. Arrête rectiligne, maximum d'inclinaison de ces talus, qui est de 7/10 pour les débris anguleux de diverses roches.

B, C, D. Modification des talus après la formation du bourrelet D.

B, C, C', D'. Nouvelles modifications et réductions de pentes produites à mesure que la hauteur du bourrelet D' augmente.

Figure 2.

Coupe du vallon et du lac de Fondromé à Maxonchamp près de Rupt, indiquant la position du lac et de la *moraine* terminale qui retient ses eaux.

Figure 3.

A. Alluvions des régions granitique et arénacée.

A, A. Terre végétale, dont la surface est plus ou moins parfaitement nivelée.

B, B. Lit de sables, souvent argileux, subdivisés en lames diversement inclinées sur le plan de stratification de ce lit.

C, C. Sables grossiers, renfermant quelques galets.

(1) Les cotes de la coupe transversale sont inexactes : elles doivent être, savoir : à droite, au lieu de 1. 34, de 3. 34; et à gauche de 3. 24 au lieu de 1. 24.

D, D. Sables quarzeux très-purs, traversés par des feuillets contournés d'argile ferrugineuse, et renfermant des amas ou des couches interrompues de galets, etc., etc.

Figure 4.

B. Alluvions de la région calcaire.

A. Terre végétale argileuse, surface ondulée.

B, B. Argiles pures ou mélangées de graviers et renfermant des couches interrompues, composées de galets calcaires, de grès et de silex, souvent réunis par un ciment argilo-calcaire et formant des bancs solides. (Nagelfluë.)

D. Suite du dépôt, sables et galets, etc.

PLANCHE XII.

Figure 1.

Nivellement longitudinal de la vallée de Cleurie, entre le Rein-Brice et le Tholy, et des *moraines* figurées pl. III, pl. IV et pl. V, fig. 1.

Figure 2.

Coupe transversale des sablons de Remanvillers, *moraine terminale* figurée pl. IX, fig. 1.

Figure 3.

Position des blocs erratiques sur les lieux élevés.

A. Blocs de granites dispersés sur la table de grès des Vosges couronnant le sommet de la montagne du Gris-Mouton, entre la Mousse et les Rubiades.

B. Fond de la vallée de Cleurie, et C, sommités des montagnes que les blocs ont dû franchir.

Figure 4.

Surfaces polies et mamelonnées de roches granitiques mises à découvert sous la *moraine* de Château-Lombard, sur le bord du chemin de Remiremont à Bellefontaine (pl. vi).

PLANCHE XIII.

Figure 1.

Coupe prise entre Retournermer et le Tholy.

On a figuré sur cette coupe la barre granitique du lac de Retournermer, les *moraines* qui retiennent les eaux des lacs de Longemer et de Gerardmer, et celles qui ferment les bassins desséchés aujourd'hui de Xonrupt, du Belliard et du Rein-Brice.

Figure 2.

Coupe de la *moraine* du Beillard et des tourbières du Rein-Brice.

A, A. *Moraine*.

B, B. Dépôt stratifié de comblement, dont les éléments proviennent des portions détruites de cette *moraine* et de celles qui étaient situées plus à l'amont.

Ce dernier dépôt est recouvert par la tourbe C', C', qui, elle-même, disparaît en certains endroits sous des couches de sables et de galets entraînés dans le bassin en dernier lieu.

C, C. Tourbière du Belliard.

D. Pied du talus intérieur des *moraines* du Rein-Brice.

Figures 3 et 4.

Vue et coupes des *moraines* terminales de Longegoutte, à Rupt.