

DÉPOTS ERRATIQUES

DANS LA VALLÉE DU RHIN¹.

H. 22. Les *galets* du comblement du Rhin offrent toutes les formes qu'affectent les galets glaciaires constituant les *moraines profondes actuelles* : ils sont mélangés, comme dans ces moraines, à des débris à angles à peine émoussés, à surfaces imparfaitement polies ; et leur identité est aussi complète, incontestable que celle des diverses nappes erratiques des diverses sections du bassin inférieur et des hautes vallées, dans lesquelles l'œil le plus exercé ne parviendra jamais à trouver des différences indiquant et prouvant des origines différentes.

Galets
du
comblement du Rhin.

L'arrangement des matériaux² est le même sous les glaciers et dans la plaine d'Alsace ; les galets ne sont ni stratifiés ni imbriqués ; ils sont distribués sans ordre et comme noyés dans la masse des sables et des menus graviers. Nulle part, on n'aperçoit ces couches successives de cailloux rangés à la manière des tuiles d'un toit, marquant les accroissements des bancs, si bien décrits par M. Daurée.

Ces matériaux ne sont pas lavés, mais ils sont enveloppés d'un limon jaunâtre de lehm, de cette boue du glacier qui s'est produite pendant toute la période du comblement, comme pour en marquer l'époque, et s'est accumulée ensuite sur différents points à sa surface, et qu'aujourd'hui les cours d'eau sortant des glaciers continuent à charrier ; en un mot, le comblement de la plaine d'Alsace,

¹ Extrait des *Recherches sur les formations erratiques*, par M. Hogard, in-8°, 233 pages. Atlas et illustrations nombreuses. Paris 1858 (paragraphe H. Hogard).

Ce mémoire fait suite aux *Phénomènes erratiques entre Bâle et Coblenze* (voy. p. 307 à 332).

² D. A. Matériaux non remaniés par les eaux.

moraine profonde ancienne, est aux moraines profondes actuelles ce que la moraine frontale d'Obergesteln est aux moraines frontales actuelles du glacier du Rhône.

Ces divers dépôts offrant les mêmes caractères et se trouvant dans les mêmes conditions, n'était-il pas naturel de les rapprocher, de les réunir dans un même groupe? et surtout de les séparer des accumulations alluviennes dont ils n'offrent ni les dispositions, ni les caractères essentiels.

Le Rhin, dans les déplacements, dans les remaniements incessants des matériaux encombrant son lit, et tous les cours d'eau, agissant sous nos yeux, ont-ils jamais exécuté une nappe de comblement, même sur une petite échelle, comparable aux dépôts réguliers qui remplissent le fond de vallées? Les observations de **M. Daubrée** sur les caractères des îles ou bancs de sables et de graviers créés par le Rhin permettront-elles encore de le supposer?

Ces galets roulés du comblement du Rhin, dont la présence a pu donner un moment l'idée d'un transport exécuté par un courant, diffèrent-ils de ceux qui sont jetés sur les flancs des montagnes, sur des plateaux élevés ou qui constituent même les moraines frontales de nos vallées? Non, assurément, et si les eaux seules avaient la propriété de les façonner ainsi, il faudrait attribuer à leur action ces diverses accumulations, ou reconnaître que les cailloux arrondis et polis appartenant à des dépôts erratiques incontestables, leur présence ne peut plus désormais suffire pour prouver l'action exclusive des courants dans la formation des terrains dont il s'agit.

Le Rhin n'entraîne
aujourd'hui aucun dé-
bris des hautes Alpes.

Le Rhin sans doute, use, corrode et polit les matériaux qu'il déplace et *roule* dans son lit, mais il les a trouvés sur place tout transportés et tout façonnés; il n'entraîne aujourd'hui aucun débris des Hautes-Alpes; jusque dans le bassin inférieur, les lacs qu'il traverse, ainsi que ses divers affluents, *offrant des obstacles infranchissables*.

Si l'on suppose, pour un moment, ces cavités fermées, ou non encore creusées, et l'action diluvienne alpine agissant en toute liberté pour combler la plaine d'Alsace, on doit admettre aux confluent de toutes les vallées latérales un mélange des matières transportées aussi bien que des eaux: et ce mélange pourtant n'existe nulle part.

Il fallait bien reconnaître la séparation et la superposition des comblements alpins et vosgiens, puisqu'elles sont visibles, incontestables et nettement tranchées; et ces relations, qui s'expliquent naturellement dans le système erratique, ne se présenteraient pas dans des dépôts formés par des cours d'eau à une époque d'inondation générale.

H. 23. Les torrents des Alpes élèvent journellement leurs cônes de déjection sur les moraines profondes; aux points où ils débouchent dans les vallées on voit le dépôt alluvien superposé au dépôt erratique, mais dans des conditions qui ne se rencontrent plus dans le bassin du Rhin, entre Bâle et Mayence.

Matériaux
qui couvrent les moraines profondes.

Les surfaces unies et régulièrement dressées des moraines profondes sont recouvertes d'accumulations formant des bourrelets coniques, des *deltas inclinés*, et non de nouvelles nappes stratifiées parallèlement aux plans inclinés qui les supportent. Les coupes longitudinales et transversales font voir ces renflements successifs dont j'ai donné plusieurs exemples dans les croquis joints à mon mémoire sur la vallée du Rhin postérieur; dans ces circonstances, la confusion n'est pas possible, les dépôts alluviens et erratiques sont parfaitement distincts.

En suivant chacune des chaînes des Vosges et de la Forêt-Noire, on rencontre une tout autre disposition, et la régularité de la nappe n'est interrompue nulle part, soit transversalement, soit longitudinalement, non-seulement à la rencontre des vallées dans lesquelles cette nappe se prolonge, mais encore d'une vallée à l'autre aux pieds des proéminences qui les séparent, bordent le bassin, et se relèvent brusquement au-dessus de la surface unie du comblement qui dessine à leurs bases une ligne parfaitement tranchée et paraissant de niveau.

Mais la superposition en deux nappes dressées et parallèles des dépôts des Alpes, des Vosges et de la Forêt-Noire, qu'il s'agissait d'expliquer en faisant intervenir successivement un courant principal suivant la ligne de plus grande pente de la vallée, puis des torrents sortant latéralement de ces deux chaînes, n'est pas le seul fait à considérer dans le comblement du bassin du Rhin.

À la rencontre de deux vallées principales, le comblement n'offre pas un mélange confus de matériaux provenant de l'une et de

l'autre, comme cela serait dans les alluvions aux confluent des cours d'eau. Il se compose de deux nappes distinctes appuyées l'une contre l'autre, juxta-posées, et se prolongeant séparément en se raccordant sans inflexions à un même plan incliné; ailleurs, et quand le comblement latéral provient d'une vallée secondaire peu étendue, il y a encaissement et superposition, mais toujours séparation et absence complète de remaniements. L'explication que j'ai donnée de ces faits, je l'ai trouvée en quelque sorte écrite sur le sol en étudiant le régime des glaciers, et je l'aurais inutilement cherchée en observant le cours des torrents et des rivières, agissant suivant des lois souvent mal interprétées et comprises, mais dont les plus savantes hypothèses ne sauraient entraver le cours.

Le comblement diluvien qui sort des bassins de réception se prolonge dans la plaine du Rhin. Toutefois il offre les mêmes caractères dans les cirques élevés, dans toute l'étendue des vallées et dans la grande nappe: *les cailloux roulés, arrondis et polis se retrouvent partout indistinctement, aux pieds mêmes des rochers qui en ont fourni les éléments, à quelques mètres des sources des cours d'eau, aussi bien qu'aux points extrêmes des comblements*; et c'est une observation que j'ai faite et consignée depuis longtemps.

Cependant la présence de ces galets dans les comblements des hautes vallées indique beaucoup plus sûrement l'intervention de la glace que celle de l'eau; aussi **MM. Ch. Martins** et **Gastaldi** ont-ils commencé à admettre, dans les limites des anciens glaciers et jusqu'aux moraines frontales conservées, des moraines profondes recouvrant un diluvium plus ancien, et c'est un premier pas vers la réforme complète des alluvions anciennes, antérieures à l'époque glaciaire. — Il n'y a pas de terme moyen, et les nappes dont il est question sont ou des *moraines profondes* ou des *alluvions*.

Nappes
de comblement trans-
portées par les
glaciers.

H. 24. J'ai surabondamment expliqué pourquoi je ne pouvais y reconnaître des dépôts formés par des courants, et déjà, en 1848, j'ai émis cette opinion, dans laquelle tout ce que j'ai observé depuis me porte à persister formellement, que le *transport des matériaux composant ces nappes avait été effectué par des glaciers*¹.

MM. Ch. Martins et **Gastaldi** admettent, avec moi, dans les vallées de la Suisse, des moraines profondes jusqu'aux moraines

¹ D. A. Et après avoir été déposés, souvent partiellement remaniés par les eaux.

frontales les plus avancées. Ce point établi et constaté, que deviendront les comblements inférieurs dans les contrées qu'ils considèrent comme l'ancien domaine des glaciers, et ceux qui forment les prolongements de ces mêmes dépôts jusqu'aux limites beaucoup plus reculées que j'ai cru devoir admettre et indiquer?

Évidemment des moraines profondes!

....Si la nappe supérieure, entre la chaîne du Mont-Blanc et Turin, est une moraine profonde, tout le comblement fait partie d'un seul et même dépôt, et c'est en vain qu'on y chercherait des limites séparatives; la couche supérieure, la surface étant incontestablement *erratique*, la masse entière à laquelle elle se lie intimement est *évidemment erratique*.

Et s'il en est ainsi, le prolongement au delà de la moraine frontale de Turin ayant les mêmes allures, les mêmes caractères, la même composition, les mêmes formes, la même régularité, est encore la nappe ou moraine profonde, et sa limite marquera le terme d'extension glaciaire à une certaine époque.

Enfin dans le bassin du Rhin, dans la Forêt-Noire et dans les Vosges, le comblement rentrera dans le même ordre de dépôts; et attendu qu'il n'a d'analogues que dans la région des glaciers anciens et actuels, qu'il n'offre aucun des caractères des formations dues à l'action des cours d'eau, qu'on ne peut établir aucune différence entre la moraine profonde actuelle et les diverses parties de ce comblement, il n'est plus possible aujourd'hui de leur appliquer la qualification de *diluvium*.

On pourrait encore supposer, surtout si l'on ne voulait tenir aucun compte des formes et de l'arrangement des galets, que la régularité de la surface des nappes des hautes vallées est due à l'action glaciaire, et que cette action s'est produite en second lieu quand déjà les bassins avaient été comblés par des torrents. Il faudrait alors admettre que toutes les *parties nivelées* de ces nappes ont été soumises à la même cause, et finalement reconnaître l'extension des glaciers jusqu'aux extrémités de ces nappes aussi correctement dressées, entre Bâle et Mayence, que dans les cirques des hautes vallées: le diluvium deviendrait alors une conception inutile, surabondante, à laquelle on n'a renoncé que partiellement jusqu'ici, parce qu'on a voulu arbitrairement fixer les limites des anciennes régions

des glaces, avant d'avoir pris la peine de les rechercher et de les étudier convenablement.

Mais les faits géologiques ne sauraient se restreindre suivant notre volonté : les glaciers ont imprimé sur le sol des traces irrécusables de leur passage et de leur séjour, et cependant quand tous les géologues n'admettent pas encore¹ les *roches polies et striées*, preuve que l'on peut voir, toucher et comprendre sans peine, *est-il donc surprenant que le diluvium conserve encore de fervents partisans?* Les accumulations erratiques offrent des caractères saillants qu'on ne pourra pas toujours nier, et on aura beau faire, on ne parviendra pas plus à démontrer que le comblement de la vallée du Rhin est un dépôt fluviatile qu'à rendre compte du transport des blocs alpins dispersés sur le Jura² par des courants boueux.

L'assise n° 3 ou supérieure du terrain de comblement de la vallée du Rhin est composée de *læss* ou *lehm*³, limon argileux, parfois chargé de particules très-fines de mica; sur quelques points, le sable quartzeux très-fin y devient prédominant. — Quelques géologues (non glacialistes) prétendent que le *phénomène* qui a donné lieu à la formation de l'assise supérieure du comblement, composée de matériaux distribués de telle sorte qu'on ne pourrait guère, selon eux, en rapporter le mode de *transport qu'à des courants violents*, ayant perdu de son énergie, aurait été remplacé immédiatement par un autre phénomène prenant derechef son centre d'activité dans les Alpes. Et le Rhin prédominant de nouveau, par sa force locomotive, sur ces affluents latéraux, aurait inondé alors la plaine de la masse de ses eaux boueuses (mais cependant, *malgré cette force de locomotion, il ne charriait plus de graviers ni de galets*), et le lehm se serait déposé et consolidé dans tout l'espace compris entre les Vosges et la Forêt-Noire.

Ainsi le lehm et les moraines (frontales) étant superposés à tous les *dépôts antérieurs*, seraient les représentants du dernier terme de la série.

¹ D. A. Les uns ne veulent pas voir. — D'autres ne sont pas assez indépendants pour oser voir.

² D. A. Et partout ailleurs.

³ D. A. Boue de glacier.

Le lehm est évidemment la boue des anciens glaciers ; on ne peut pas le considérer comme un dépôt distinct et séparé de la masse du terrain erratique.

Lorsqu'il recouvre une nappe de galets, son dépôt évidemment a eu lieu postérieurement, mais cette relation, cette superposition ne prouve nullement que le *lehm* n'a commencé à se produire qu'en second lieu et à une époque plus récente.

H. 25. Le *lehm*, dont nous voyons des amas isolés à la surface du comblement et sur les sommités des diverses proéminences, est *mêlé visiblement et incontestablement aux matériaux dont se compose ce comblement*. La boue qui enveloppe les galets des moraines frontales de la vallée de Wesserling, enveloppe également les galets, les sables et graviers de la plaine du Rhin, *dans la masse entière du dépôt* ¹.

Lehm
(boue glaciaire).

Le lehm, qui continue à se produire comme toutes les autres parties du terrain erratique, ne forme cependant pas de couches dans les nappes profondes ; la boue glaciaire se mêle aux matériaux de ces nappes ; mais pour que cette boue s'accumule et donne lieu à des dépôts d'un limon argileux, il faut qu'elle soit lavée, que ses parties les plus tenues soient transportées par les eaux jusque dans des bassins où le sédiment puisse se déposer lentement, et, on le comprend, il faut en même temps que les eaux soient calmes ; la moindre agitation retarderait ou empêcherait même les éléments du lehm tenus en suspension, de se séparer et de se précipiter.

Le lehm ne se dépose dans aucune des rivières des Alpes ; on voit seulement quelques couches boueuses sur leurs rives quand les eaux ont été momentanément retenues, tandis qu'il s'accumule journellement au fond du lac de Genève, dans lequel le Rhône vient jeter ses eaux boueuses, qui, après un assez long trajet, en sortent pures et limpides ; dans les lacs moins étendus il ne se dépose que partiellement.

Le Rhin, dont la vitesse est moins grande que celle d'un fleuve inondant toute la plaine, entre les Vosges et la Forêt-Noire, ne forme plus de nouveaux dépôts de lehm, quoiqu'il soit chargé de boue, et il en serait autrement s'il se dérivait et se reposait dans

¹ D. A. Dépôt non remanié par les eaux.

des bassins convenablement disposés. L'étage supérieur n'est donc pas un dépôt fluviatile, puisque nous n'en retrouvons pas le moindre exemple dans un fleuve coulant avec moins de rapidité que ses grands courants descendant des Alpes.

La plaine d'Alsace a-t-elle été occupée par un grand lac au moment du dépôt du lehm ?

La plaine d'Alsace a-t-elle été occupée par un grand lac au moment du dépôt du lehm ? Je ne le pense pas et je ne vois pas de motifs pour le supposer¹; cependant il faudrait bien revenir à cette hypothèse si l'on admettait que le lehm a rempli tout l'intervalle compris entre les Vosges et la Forêt-Noire. Mais viendrait ensuite la difficulté d'expliquer le morcellement de ce dépôt et sa complète dispa-

¹ D. A. Sur le versant nord des Alpes nous voyons, dans les vallées depuis longtemps abandonnées par les anciens glaciers, des lacs d'une grande étendue : lac de Genève, de Constance, des Quatre-Cantons, de Neuchâtel etc. Sur le versant sud, les lacs : Majeur, de Côme etc. — Dans les régions plus élevées, à 1800 mètres altitude et plus, les lacs du Grimsel, de l'Engstlen, le Bachsee au Faulhorn, 2300 mètres altitude; le lac du Saint-Bernard, 2620 mètres altitude etc. Nous voyons aux pentes terminales des glaciers en activité le lac Märjelen (glacier d'Aletsch). Nous en voyons sur les rives des glaciers, au glacier inférieur de l'Aar (l'Unter-Aar), à la base du Pavillon, 2300 mètres altitude. Nous voyons des lacs dans le glacier même de l'Unter-Aar, à la base du Thiernberg, lac d'une très-grande profondeur, d'une superficie de quelques hectares. — Partout il y a des lacs nombreux et à de grandes altitudes dans les Alpes, dans les Pyrénées, dans les Vosges, dans la Forêt-Noire etc. — A l'époque des glaciers monstres, la plaine d'Alsace était couverte de glace de glacier (ce qui pour moi n'est nullement hypothétique); il existait alors, sans aucun doute, un grand nombre de lacs partiels, parmi lesquels il pouvait s'en trouver d'une grande étendue, dont les niveaux et les dimensions étaient très-variables. — Les eaux tenaient en suspension de la boue glaciaire. Ces lacs sont à prendre en considération pour expliquer certains dépôts de lœss ou lehm (boue glaciaire). Des glacialistes (des collaborateurs même qui, depuis quelques années, ont renoncé aux souliers ferrés et à l'alpenstock) me diront : Vous accordez aux anciens glaciers des dimensions et des étendues hors ligne. Les limites des roches moutonnées, polies et striées, et l'absence de tous matériaux erratiques volumineux dans les plaines d'Alsace, et les matériaux alpins qui se trouvent sur le Jura, et les moraines dans les plaines suisses, et surtout les roches à arêtes vives dans les Alpes au-dessus des plaines n'autorisent pas à admettre ce développement glaciaire. — Je réponds : des observations positives me disent qu'à une altitude de 2600 mètres (approxim.), limite des roches moutonnées, polies et striées, les glaciers sont adhérents, solidement gelés au sol dans toutes les saisons, et par conséquent ils n'ont pas d'action sur les roches qui les encaissent, et ces polis ne sont pas les limites de l'ancienne extension des glaciers. Les glaciers monstres, couvrant à une époque tous les pics et crêtes des Alpes pendant des siècles, ces glaciers progressaient comme ceux qui sont encore en activité. Toutes les roches des Alpes, des Vosges, de la Forêt-Noire étaient couvertes de glaciers, et aucun fragment de roche ne pouvait tomber sur leur surface; à cette époque ils ne pouvaient déposer que des moraines profondes et de la boue glaciaire.

rition sur la plus grande partie de la surface du comblement, que des courants auraient entièrement bouleversée, et sillonnée de canaux d'écoulement dont on ne voit de traces sur aucun des points de cette immense plaine.

Si l'on considérait les amas isolés de *lehm* comme les témoins d'une ancienne masse, et en choisissant quelques cotes de hauteur, on arriverait à conclure que ce *lehm* s'élevant au plus haut à 450 mètres entre les Vosges et la Forêt-Noire, entre Heidelberg et Heilbronn à 260 mètres; enfin aux environs de Bonn à 65, la pente de la surface serait de 385 sur une longueur approximative de 100 à 120 lieues, soit 0,000808 à 0,00096, ou un peu moins de 1 mètre sur 1,000.

Mais il suffit de jeter les yeux sur la carte du bassin du Rhin pour comprendre immédiatement que le *lehm* ne se raccorde pas à ce plan incliné et qu'il est disposé en divers étages qui ne se rattachent pas les uns aux autres; ainsi, dans un espace très-resserré on le voit à Lutterbach, à la cote 255, à Mulhouse à 243; sur les plateaux de Brubach à 340, de Walbach à 379, et de Francken à 413.

Le sol des Vosges se relève dans la direction des montagnes, en suivant une inclinaison moyenne, qui n'est pas de un demi-degré à l'ouest, mais qui, à l'est sur l'Alsace, dépasse 6 degrés. Mais on le sait, tous les terrains de cette contrée, loin de se rattacher uniformément à ces deux plans inclinés, offrent une suite d'étages successifs indépendants. Il en est de même du *lehm*, dont chaque dépôt est une accumulation séparée, faite dans des conditions indépendantes d'un phénomène général de comblement boueux.

L'idée de soulèvements postérieurs destinés à produire le relèvement du *lehm* au-dessus de la nappe de comblement et sa distribution par étages *n'est pas soutenable*.

H. 26. Quels que soient les caprices d'un courant qui, sur une nappe de sables et de gravier, modifie et déplace son lit, il ne peut *s'élever* ou *s'abaisser* qu'en raison du volume d'eau débitée; que le Rhin se soit porté alternativement aux pieds de ces deux chaînes de montagnes, c'est une hypothèse qu'on ne peut admettre, puisque en dehors des terrasses bordant son lit on ne voit pas de traces de canaux d'écoulement, ni accumulations ni distributions de matériaux rappelant l'action d'un courant. Mais ce n'est pas de ces diva-

Hypothèse
des courants d'eau.

gations du Rhin qu'il s'agit ; pour expliquer la formation de dépôts de cailloux et de lehm sur les plateaux élevés, il faut aller plus loin et admettre l'inondation de la plaine et des coteaux, une inondation générale du bassin : il le faut, puisque certains géologues reconnaissent que le lehm a pu se placer sur les points où il se trouve, sans qu'il soit nécessaire d'invoquer des soulèvements postérieurs.

Cependant le fleuve n'avait pas une largeur permanente de 10 à 12 lieues, et le Rhin ne pouvait recouvrir le Vogelberg, à la côte 455, monter de 222 mètres au-dessus de Kembs, et laisser à sec la plaine de la rive droite ; et dans ce moment surtout couler avec moins de rapidité qu'aujourd'hui, puisque *forcément*, eu égard à la pente de la nappe, il devait avoir (avec cette hauteur *seulement*) une vitesse de plus de 15 mètres et débiter 47,700,000 mètres cubes d'eau par seconde.

Maintenant, je le demande, les solutions proposées sont-elles sérieuses ? devons-nous croire sans examen et sans preuves :

1° Que le Rhin a coulé seul, à une certaine époque, et avec assez d'énergie pour combler le bassin entre les Vosges et la Forêt-Noire ;

2° Que, chargé de débris alpins, il a franchi les lacs de la Suisse qui, selon certains géologues, *n'ont été recouverts par les anciens glaciers que bien postérieurement au comblement inférieur de la vallée* ;

3° Qu'ayant perdu momentanément de son énergie, des torrents latéraux *et violents* ont ensuite recouvert le diluvium alpin d'une nappe réglée longitudinalement et transversalement, et suivant un plan continu de Bâle à Mayence, quoique débouchant sur divers points dans le bassin ; et que ces torrents, de volumes et par conséquent de forces différentes, ont cependant produit les mêmes effets, un travail uniforme régulier ;

4° Qu'ensuite ils ont eu aussi leur moment de repos pendant que le Rhin, reprenant une nouvelle énergie, est venu couvrir la plaine de ses eaux boueuses ;

5° Que ce fleuve, suivant son caprice, inondant tantôt une rive, tantôt une autre, a formé des dépôts de lehm d'une légèreté et d'une mobilité extrêmes à près de 200 mètres au-dessus du niveau de son lit actuel ; qu'avec cette élévation le bassin n'était pas entièrement

noyé ; que sur la nappe inclinée et avec une lame d'eau de plus de 200 mètres , sa vitesse était plus faible qu'aujourd'hui ; enfin qu'après avoir créé un *sédiment évidemment lacustre* , lorsque sa marche était de plus de 15 mètres par seconde , il a détruit la masse principale de ce dépôt au moment où son volume et sa force diminuaient , et que cette immense érosion s'est arrêtée précisément à la surface même du gravier , sans attaquer cette nappe sur un seul point. Explications évidemment contradictoires et qui conduiraient tout simplement à une réforme complète , mais heureusement impossible des lois naturelles.

Je n'ai donc trouvé dans les observations auxquelles je fais cette réponse , aucun motif de motifier mes premières conclusions , et surtout aucune preuve de l'origine fluviatile des comblements des vallées du Rhin et des Vosges. — Je n'ai vu aucune différence entre les surfaces des nappes de comblement et leurs portions inférieures ; la masse appartient à un seul et même dépôt ; et ce dépôt recouvert par les *moraines frontales* , renfermant toujours des *galets erratiques* , tels que les glaciers continuent à les former sous nos yeux , et enfin du *lehm ou boue glaciaire* , comme élément constitutif , est à ces anciens barrages ce que les moraines frontales actuelles sont aux nappes ou moraines profondes des glaciers en activité.

Et faut-il encore le rappeler , le comblement du Rhin est une nappe régulière , un plan incliné qui se prolonge , sans solution de continuité , depuis les bords du Rhin jusqu'au fond des vallées des Vosges ; depuis l'extrémité inférieure du bassin jusqu'à la Via-Mala , et dans les autres vallées jusqu'aux pieds des premiers redans interrompant la ligne de pente de ces cavités. Au delà , le même plan incliné se retrouve par étages successifs jusque sous les glaciers actuels ; que les bassins soient larges ou rétrécis , la régularité est constante.

Un moteur tel qu'un courant n'agit cependant pas avec la même énergie sur tous les points de son cours : les rivières , les torrents perdent ou acquièrent de la vitesse suivant que leurs lits sont accidentés , élargis ou rétrécis ; ils ne forment des dépôts que sur quelques points ; ils creusent ou comblent dans des conditions données et connues ; et leurs lits , dans les accumulations de sables ou de graviers , loin de présenter une ligne de pente continue , comme la

nappe dont il est question, offrent une série de courbes, de renflements et de dépressions; sur leurs rives, les alluvions sont mamelonnées et les lits de déjection des torrents sont des cônes plus ou moins relevés et inclinés. En quoi donc le comblement du Rhin ressemble-t-il aux terrains formés ou remaniés par les cours d'eau?

Dans mes mémoires sur le terrain erratique de la vallée du Rhin et dans cette note je me suis plus particulièrement préoccupé de l'ensemble des dépôts, et j'ai négligé une foule de détails et de preuves que j'aurais dû réunir si j'avais eu à préparer une monographie des terrains superficiels de ce vaste bassin; je m'étais uniquement proposé de démontrer que les matériaux de comblement *n'ont pas été transportés par des courants*.

Les distances entre Bâle et Strasbourg, entre les Vosges et la Forêt-Noire, sont trop grandes pour que l'on puisse embrasser d'un seul coup-d'œil l'ensemble et les détails des dépôts; aussi, pour simplifier la question que je désire soumettre en terminant à l'examen de mes confrères, je choisirai une coupe transversale d'une vallée, offrant, sur un kilomètre au plus, un exemple des dispositions caractéristiques des *dépôts erratiques du bassin du Rhin*.

Ancien
glacier de la vallée de
la Moselle.

H. 27. La *moraine frontale* de Longuet, située au-dessous de Remiremont, marque la première station ¹ de l'ancien glacier de la vallée de la Moselle. A partir de ce barrage on ne rencontre plus en descendant que des nappes profondes et des dépôts latéraux; cependant un amas de blocs énormes est jeté dans une vallée latérale à 4 kilomètres à l'amont d'Épinal; et un peu au-dessous de cette ville on aperçoit encore quelques blocs granitiques épars sur le comblement.

En suivant le cours de la Moselle jusqu'à Châtel, à environ 40 kilomètres à l'aval de Longuet, on aperçoit (pl. 3) constamment la nappe profonde qui se prolonge au loin et bien au delà; cette nappe, parfaitement réglée longitudinalement et transversalement, a été attaquée sur divers points et sillonnée par deux cours d'eau latéraux, l'Avière et le Durbion, et par les diverses branches de la Moselle qui exécutent continuellement, quoique sur une plus petite échelle, des travaux analogues à ceux que le Rhin pratique dans son lit.

¹ D. A. A une certaine époque.

Ici, le comblement offre tous les caractères du *diluvium* : les galets qu'il renferme peuvent, comme ceux du Rhin et des vallées affluentes des Vosges, être considérés comme des *galets roulés* ; ils sont de diverses formes pourtant, mais tous généralement polis et arrondis. Ils sont principalement granitiques (et sous cette qualification je comprendrai les galets de toutes les roches cristallines de la vallée) ; on y rencontre cependant, mais en très-minime quantité, quelques quartzites, quelques poudingues, quelques schistes, débris du grès des Vosges, du grès rouge et du terrain de transition de Bussang.

La largeur de la nappe, entre les coteaux bordant le bassin, n'est ici que de 800 mètres, et il ne faudrait pas une crue considérable de la rivière pour que toute sa surface fût recouverte ; aussi, dans l'hypothèse d'un diluvium, ne serait-il pas nécessaire d'imaginer un torrent puissant et violent pour rendre compte du transport des matériaux et de leur arrangement dans le fond de la vallée ? et c'est précisément pour simplifier la question, sur le point délicat de la production et de l'alimentation d'un courant, que j'ai choisi un exemple dans cette localité. Toutefois, pour les dépôts des plateaux, il faudrait encore concevoir une lame d'eau de plus de 100 mètres et dépassant la ligne de niveau A B.

Si l'on voulait se borner à l'examen du fond du bassin, comme cela a été fait jusqu'ici pour l'Alsace, *le nivellement de la surface* ne paraîtrait peut-être pas une preuve suffisante de l'intervention d'un glacier, surtout si l'on voulait établir une distinction entre les *galets roulés*, qui s'y rencontrent, et les galets identiques renfermés dans les moraines de Longuet, ou façonnés par tous les glaciers indistinctement. Mais les distances à parcourir pour étudier une coupe transversale complète n'étant pas considérables, et le trajet d'une rive à l'autre n'offrant aucune difficulté, quelques instants suffiront pour vérifier et constater les faits suivants :

1° Sur la rive droite,

La nappe (n° 2 a) se termine au pied d'un escarpement fortement incliné de rochers calcaires, recouvert à son pied d'un revêtement incliné à 36 degrés d'argile sablonneuse, mêlée de galets granitiques et qui semble avoir été fortement comprimée (n° 2 b). Au sommet de l'escarpement, à environ 20 mètres au-dessus du niveau de la

nappe, on rencontre un dépôt argileux, *renfermant exclusivement des galets quartzeux*, provenant de la destruction du grès des Vosges (n° 2 c); et ce dépôt s'étend sur les sommités voisines à 74 et à 103 mètres au-dessus du niveau de la nappe ;

2° Sur la rive gauche,

Un revêtement semblable à la nappe s'applique contre l'escarpement calcaire, bordant un affluent, l'Avière : cet escarpement, à 19 mètres au-dessus du comblement, est recouvert par un étage de la nappe, composé des mêmes éléments identiquement disposés (n° 2 a).

Au delà de la route passant sur ce plateau, quand on monte vers Aubiay, les galets granitiques disparaissent complètement et l'on ne retrouve plus que des quartzites du grès des Vosges, seuls ou mélangés à quelques fragments de calcaires. Les coteaux séparant l'Avière de la Moselle, à 60 mètres au-dessus de la nappe, sont aussi recouverts de quartzites (n° 2 c).

Tous ces matériaux ont évidemment été transportés, soit dans le même temps, soit successivement par des courants ou par des glaciers.

Par des courants on n'expliquerait ni leur arrangement ni leur distribution en nappes presque horizontales, en revêtements inclinés, ni leur séparation en groupes distincts. On comprendrait encore moins comment ils auraient franchi les vallées transversales, telles que celles de l'Avière et du Durbion. Dans le fond de la vallée, la rivière n'exécute aucun travail de nivellement ; elle bouleverse, au contraire, les portions de la nappe soumises à son action.

Un torrent aurait dû débiter assez d'eau, non-seulement pour toucher les deux rives, mais encore pour submerger les coteaux dominant le bassin, en s'élevant de plus de 100 mètres au-dessus du niveau actuel de la Moselle ; et si l'on ne voulait pas admettre cette crue extraordinaire, il faudrait revenir à l'idée de soulèvements postérieurs pour produire ces divers étages.

Mais alors on retomberait dans une autre difficulté : dans un terrain de transport formé par un courant, tous les matériaux seraient confusément entassés, et, au point où nous nous sommes arrêtés, on aurait un mélange complet de tous les galets provenant des

roches d'amont ; il n'en est rien pourtant : les cailloux de quartzites et les galets granitiques sont séparés et diversement groupés.

Dans tous les cas, la nappe du plateau de la rive gauche, étant la même que celle du fond de la vallée, fait partie du même dépôt. Il y aurait donc eu d'abord comblement granitique, puis comblement supérieur provenant de la destruction du grès des Vosges, et, en dernier lieu, érosion d'une partie de ces dépôts, jusqu'à la surface actuelle de la nappe, et suivant un plan incliné régulier.

Mais sur la rive droite, le dépôt argileux renfermant des galets granitiques diffère essentiellement des accumulations du fond de la vallée et du plateau de la rive gauche. L'eau de la Moselle n'aurait même pu le toucher à aucune époque sans le délayer, sans l'entraîner et sans le détruire complètement. Puis, on peut le vérifier, les dépôts de cailloux du grès ne reposent nulle part sur les amas granitiques : ils font suite l'un à l'autre, et les amas de quartzites non mélangés ne descendent jamais au-dessous d'un certain niveau.

Tandis qu'en admettant l'intervention des glaciers, tout s'explique sans difficultés.

Le glacier principal de la Moselle occupait toute la vallée. En sortant des cirques granitiques de la chaîne, il ne pouvait avoir pour moraine profonde qu'un dépôt granitique : entre les sommités de la chaîne et Châtel, le grès des Vosges n'existe, dans la vallée, que sur quelques points ; aussi, à partir de Jarménil, des sables et des galets provenant de sa destruction commencent-ils à se mêler, en très-minime quantité, à des débris granitiques.

Les glaciers secondaires, sortant des vallées latérales ouvertes dans le grès, ou bordées de plateaux couronnés par ce terrain arénacé, ne pouvaient pénétrer dans le glacier principal et descendre jusqu'au fond du bassin ; entraînés latéralement, ils ont déposé latéralement aussi, et à diverses hauteurs au-dessus du comblement du bassin, leurs moraines profondes composées de bandes parallèles de galets granitiques à la partie inférieure et de galets quartzeux au-dessus.

Latéralement, sur les rochers calcaires, le glacier principal a produit des amas d'une boue provenant de la trituration de ces roches et mêlée aux sables et aux galets granitiques.

Sur les coteaux et sur tous les points envahis par les glaciers secondaires sortant de la région des grès, les argiles, tantôt assez pures, tantôt sableuses, deviennent graduellement calcaires ; mais ce qui les distingue surtout, c'est qu'elles ne renferment que des débris provenant de ces grès.

Distribution des matériaux de comblement d'origine erratique.

H. 28. Dans la distribution des matériaux des comblements on trouve encore de nouvelles preuves de l'*origine erratique de ces accumulations* ; il n'est pas toujours facile de déterminer les gisements d'où proviennent toutes les roches cristallines *roulées* dans les nappes profondes et dans les revêtements des plans inclinés ou des plateaux. Pour quelques-unes cependant il n'est pas possible de se tromper : les syénites rouges et violacées des Ballons sont des types parfaitement reconnaissables ; les serpentines se distinguent très-bien aussi de tous les autres galets ; les fragments de ces roches sont associés aux autres débris transportés, et, dans l'hypothèse de certains géologues, ils auraient inévitablement été jetés sans ordre dans les comblements et sur divers points de la vallée. Les courants des bassins de la Moselle et de la Vologne s'étant réunis, et ayant dû, çà et là, franchir des passages assez resserrés, auraient entassé confusément les divers débris entraînés par leurs eaux, *ce qui n'a pas eu lieu*.

Les syénites transportées par le glacier principal, sortant des gorges du Ballon et plutôt poussées vers la rive gauche par les nombreux et puissants affluents de la Moselotte, de Cleurie et de la Vologne, ne dépassent guère le milieu de la vallée ; sur la rive droite on n'en trouve pas le moindre débris ; les serpentines appartenant aux affluents de droite, de Cleurie et de la Vologne, suivent constamment cette rive droite, et parviennent rarement jusqu'au milieu de la nappe.

Vallée de la Thur (Vosges).

Sur les flancs des Vosges, et dans la vallée même de la Thur, après le défilé de Thann, la même distribution par bandes parallèles s'observe constamment : les mélanges accidentels, les perturbations n'ont lieu que dans les portions du comblement exposées aux remaniements incessants qu'opèrent les cours d'eau dans les limites de leurs lits : au delà la distribution est régulière et telle qu'on peut la prévoir en jetant les yeux sur les cartes topographiques et géologiques ; et c'est même au moyen de ces bandes de ga-

lets qu'on pourra rétablir les cartes des anciens glaciers, et comprendre les déviations plus ou moins sensibles qu'ils ont dû subir suivant la puissance et le nombre de leurs affluents. Y a-t-il quelque chose d'analogue dans le régime des eaux, dans les déjections des torrents et dans les alluvions des rivières ?

Ce que je viens d'indiquer représente, sur une petite échelle, ce qui s'observe en grand dans la contrée autrefois envahie par le glacier du Rhin. Sur les flancs des montagnes des Vosges et de la Forêt-Noire, et dans toute la région des montagnes de la Suisse, le terrain erratique offre les mêmes dispositions ; sur des plans inclinés on rencontre à chaque pas des accumulations de sables, de graviers, et de blocs, des bandes parallèles, intimement liés aux dépôts inférieurs des bassins et ayant évidemment la même origine.

Le comblement inférieur n'est qu'une portion des revêtements erratiques distribués dans les plaines aussi bien que sur les montagnes, et formant un ensemble que des causes locales, agissant isolément, tantôt avec calme, tantôt avec violence, auraient troublé et non produit.

Ces dépôts sont liés entre eux comme le sont les moraines profondes, frontales, latérales et superficielles, les amas de blocs, de sables et de galets des glaciers en activité. Pour faciliter l'examen et l'étude de ces *terrains glaciaires*, on les décrit isolément, mais on se garde bien d'en attribuer la production à des causes diverses ; admettre qu'à l'époque de leur plus grande extension, les glaciers n'agissaient pas comme aujourd'hui, c'est vouloir nier l'évidence des faits et compliquer inutilement un problème dont la solution ne saurait offrir aucune difficulté.

Les partisans du diluvium ont déjà renoncé à ces torrents puissants auxquels on attribuait le transport des blocs erratiques sur les lieux élevés ; ils en ont compris l'impossibilité. En réduisant, même encore de beaucoup aujourd'hui, la puissance de leurs courants, ils ne seront pas plus heureux ; le bassin du Rhin n'a été inondé à aucune époque ; le fleuve ancien a marqué les limites de son cours dans la masse erratique ; elles sont comprises entre les terrasses bordant son lit actuel de Bâle à Neuf-Brisach ; les rivières des Vosges en ont fait autant. Au delà, non-seulement on n'aperçoit aucune trace de l'action des eaux, mais on retrouve, à chaque pas,

des dépôts qu'elles auraient détruits, si elles avaient pu les atteindre à un moment quelconque.

Conclusions.
Les formations erratiques sont toujours recouvertes par des dépôts alluviens.

H. 29. Les faits, les preuves sont donc pour nous; les traces de l'action glaciaire sont visibles et profondément marquées sur le sol de nos contrées; et le terrain erratique de la vallée du Rhin, des Vosges et de la Forêt-Noire est aussi nettement caractérisé, aussi incontestable que les moraines en voie de formation dans la région actuelle des glaciers: les formations erratiques *sont toujours recouvertes par les dépôts alluviens*, constituant, autrefois comme aujourd'hui, l'étage supérieur des comblements, et nulle part on ne voit de traces de ce diluvium antérieur aux moraines anciennes et actuelles, récemment introduit sans nécessité, sans utilité et sans preuves dans l'échelle des terrains superficiels.

Le 15 mai 1851.

H. HOGARD.

DÉPÔTS ERRATIQUES DE LA VALLÉE DE LA MEUSE.

Introduction.

H. 30. En 1848 je n'avais encore aperçu aucune trace certaine de l'intervention des glaciers dans la formation des dépôts superficiels de la région occidentale des Vosges, où l'on rencontre des comblements anciens ou récents offrant tous les caractères de nappes d'alluvions ou de sédiment, et sur lesquels viennent s'établir les cônes de déjection formés par les ruisseaux torrentueux.

Terrain de comblement.

H. 31. Dans le fond des vallées, les eaux continuent à augmenter graduellement la puissance de ces nappes par des additions successives de nouvelles couches de sédiment; à chaque crue elles débordent jusqu'aux talus des deux rives et déposent les débris entraînés dans les bassins par les eaux pluviales. Ce travail incessant des cours d'eau, sur des plans inclinés dont la pente est très-faible, explique la formation de ces amas boueux renfermant quelques lits sableux et très-rarement des débris de roches, qui constituent, sans exception, la couche superficielle des nappes de comblement des vallées de l'ouest des Vosges.

¹ H. Hogard, *Coup d'œil sur les terrains erratiques des Vosges*, 1848.