

Les alluvions glaciaires de la suisse dans la Région extérieure aux moraines internes

Autor(en): **Pasquier, Léon du**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Eclogae Geologicae Helvetiae**

Band (Jahr): **2 (1890-1892)**

Heft 5

PDF erstellt am: **25.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-153905>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern. Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

ECLOGÆ GEOLOGICÆ HELVETIÆ

LES ALLUVIONS GLACIAIRES DE LA SUISSE

DANS LA

RÉGION EXTÉRIÈURE AUX MORAINES INTERNES ¹

PAR

Léon DU PASQUIER.

avec Planche 13.

Tiré des ARCHIVES DES SCIENCES PHYSIQUES ET NATURELLES
de Genève,
Avec autorisation de la Direction.

Un coup d'œil jeté sur la carte hydrographique de la Suisse nous révèle quelques singulières homologies géographiques.

Les cours d'eau de la partie centrale du *plateau* ou bassin molassique, situé entre les Alpes et le Jura, convergent comme un gigantesque faisceau, vers l'entrée de la vallée transversale de l'*Aare* entre *Turgi* et le *Rhin* ; là se rejoignent : l'*Aare* proprement dite, la *Reuss* et la *Limmat*.

La région orientale de ce même bassin molassique est drainée par un autre faisceau de rivières, dont les principales, le *Rhin*, la *Thur*, la *Töss* et la *Glatt* convergent, elles aussi, quoique d'une manière actuellement moins par-

¹ Les pages qui suivent sont le résumé d'un travail plus considérable publié dans les *Matériaux pour la carte géologique de la Suisse*, Liv. 31 : (*Ueber die fluvioglacialen Ablagerungen der Nordschweiz*, 1891.) Je profite de l'occasion pour le compléter et le rectifier sur certains points de détail.

faite, vers l'entrée d'une vallée transversale, ou tout au moins diagonale, du Jura, vers *Kaiserstuhl*.

A la sortie de leurs deux vallées transversales, le *Rhin* et l'*Aare* se réunissent au pied de la *Forêt-Noire*. Les eaux des huit dixièmes au moins du plateau s'écoulent dès lors à travers une vallée formant limite entre le massif de la *Forêt-Noire* et le *Jura*.

Cette homologie des deux faisceaux de rivières convergeant vers l'embouchure de vallées transversales, n'est pas dépourvue d'intérêt, elle se répète fréquemment chez nous : je n'en veux citer que deux cas frappants : le confluent de l'*Aare*, de la *Pfaffnern* et de la *Wigger*, à l'entrée du défilé d'*Aarburg* ; celui de l'*Aare*, de l'*Aa* et de la *Bünz* vers la cluse de *Holderbank*.

Je pense que ce phénomène de confluence en amont des cluses constitue un puissant argument en faveur de l'origine régressive des vallées transversales ; quoi qu'il en soit, la recherche de ses causes ne rentre pas dans le cadre de ce travail. Mon but, en attirant l'attention sur les points de convergence de nos grands faisceaux de rivières, était plutôt de fixer les idées sur deux régions importantes dans l'histoire géologique des temps quaternaires.

I

LES GRANDES MORAINES

(dites : internes)

C'est en effet dans le voisinage de ces points, quoique sans relations causales apparentes avec eux, que la plupart de nos anciens glaciers ont accumulé autrefois leurs

gigantesques moraines terminales connues sous le nom de *moraines internes*.

Tandis que les moraines du glacier du *Rhin* forment entre *Schaffhouse* et l'*Irchel* un grand hémicycle s'appuyant au nord contre le *Jura*, nous trouvons à quelques lieues en amont de *Turgi* les amphithéâtres morainiques de *Killwangen* sur la *Limmat* et de *Mellingen* sur la *Reuss*. Le grand glacier du *Rhône*, celui de l'*Aare* et les bras secondaires du glacier de la *Reuss* qui coulaient dans les vallées de la *Bünz*, de l'*Aa*, de la *Wyna*, de la *Suhr*, de la *Wigger* ont déposé leurs moraines bien plus en amont du point de convergence ; nous retrouvons celles du bras oriental du glacier du *Rhône* vers *Soleure-Wangen a/A.*, celles du glacier de l'*Aare* entre *Berne* et *Soleure*. Quant aux limites des bras secondaires du glacier de la *Reuss*, elles ont été fixées par Alph. FAVRE dans sa carte glaciaire de la Suisse, d'après les travaux de M. MÜHLBERG.

Historique.

Nous venons de suivre à grands pas la ligne des *moraines internes* telle qu'elle a été reconnue ensuite des recherches faites depuis un demi-siècle par un grand nombre de savants, en tête desquels il convient de mentionner Arnold GUYOT.

Je regrette de ne pouvoir donner dans le cadre restreint de cette étude une place plus grande à l'histoire de la géologie glaciaire en Suisse, j'espère pouvoir combler cette lacune plus tard ; en attendant, qu'il me soit permis de rappeler quelques grands noms de cette génération d'hommes qui, pour la plupart, ne sont plus.

C'est à VENETZ et à DE CHARPENTIER qu'on pense tout d'abord comme à ceux qui, les premiers, se basant sur la

connaissance des glaciers actuels, cherchèrent dès 1820 à démontrer leur ancienne extension. Puis vinrent AGASSIZ et ses compagnons de travail qui, par leurs immortelles recherches, fondèrent sur une base solide la théorie glaciaire. Parmi les collaborateurs d'Agassiz, nous avons parlé déjà d'Arnold GUYOT qui consigna les résultats de ses longues et patientes recherches dans quelques notes remarquables, publiées dans le *Bulletin de la Société des sciences naturelles de Neuchâtel*¹. Il avait dressé une carte de la répartition des blocs erratiques qui resta toujours manuscrite.

A Arnold ESCHER VON DER LINTH revient l'honneur d'avoir publié dès 1852 la première carte glaciaire de la Suisse²; carte qui, malgré ses nombreuses et inévitables lacunes, donne déjà une idée assez exacte de la localisation des différents glaciers.

En 1865 OSWALD HEER³ chercha à démontrer l'existence de *deux périodes glaciaires* distinctes, séparées par une *période dite interglaciaire*, pendant laquelle, ensuite du retrait des glaces, la végétation aurait repris possession du pays. L'idée des deux périodes glaciaires avait du reste été émise précédemment déjà par DEICKE⁴ et par MORLOT⁵; peut-être n'était-elle pas étrangère à GUYOT lui-même.

Ce fut vers le même moment qu'Alph. FAVRE entreprit, sous les auspices de la *Société helvétique des sciences natu-*

¹ Années 1845 à 1847.

² *Ueber die Gegend von Zürich in der letzten Periode der Vorwelt* (Vortrag). Zürich 1852.

³ *Urwelt der Schweiz*. Zürich 1865.

⁴ *Berichte der S. Gall. Naturf. Ges.* 1858-59.

⁵ *Bulletin de la Soc. vaud. d. sc. nat.* 1854.

relles, l'immense travail dont le premier résultat est la belle carte glaciaire de la Suisse, à l'échelle de 1 : 250,000, œuvre jusqu'ici encore unique en son genre.

Pour être complet, il faudrait ajouter à ces noms ceux de M. MÜHLBERG et de tant d'autres encore qui, soit par leurs recherches indépendantes, soit comme collaborateurs à la carte d'Alph. FAVRE, ont contribué pour une grande part à la connaissance de nos formations erratiques. Mais, je l'ai dit déjà, je ne fais pas ici une histoire de la géologie glaciaire en Suisse.

II

BASSES TERRASSES

1) *Morphologie.*

Revenons à notre zone de moraines internes et transportons-nous un instant sur le point culminant de l'un des amphithéâtres morainiques.

Lorsque, de cet observatoire improvisé, nous regardons vers l'amont, nous voyons le fleuve couler d'abord au niveau du fond de la vallée, dans une vaste plaine alluviale qui, avant les corrections faites de main d'homme, devait être le théâtre de fréquentes inondations. Puis le cours d'eau paraît s'enfoncer au-dessous du niveau de la plaine, il est de plus en plus encaissé dans une petite vallée étroite, creusée pour ainsi dire dans le fond de la grande et dont les flancs s'élèvent en terrasses vers cette dernière. Plus près de nous encore le cours d'eau disparaît dans un profond défilé excavé dans les moraines

elles-mêmes. En aval des moraines, le niveau de la rivière reste bien au-dessous de la surface générale de la plaine qui, du reste, occupe, chose curieuse, une altitude supérieure à celle du sol à l'intérieur de l'amphithéâtre. Les localités, les routes, les lignes de chemin de fer situées à la surface de la plaine sont à 40 ou 50 mètres au-dessus du niveau du cours d'eau qui coule dans une tranchée profonde. On ne se doute pas toujours de ce fait lorsqu'on se trouve dans les vastes plaines de *Wettingen* s. l. *Limmat*, de *Birr* s. l. *Reuss*, de *Lenzburg* ou de *Rafz* près d'*Eglisau* que limitent en amont les grandes moraines terminales.

Dans cette région, les coupes générales des vallées peuvent être représentées par la fig. 1, pl. I.

Le lit du fleuve est encaissé, ses berges sont découpées en terrasses, dont la plus haute est, au voisinage des moraines, la plus développée ; c'est elle qui forme ce que nous avons appelé la surface de la vallée et qui sert de support aux localités et aux voies de communication.

Du haut des moraines, nous voyons cette grande terrasse s'étendre à perte de vue et, pour peu que nous nous en donnions la peine, nous serons en état de la suivre de point en point, jusqu'aux extrêmes limites de notre territoire et au delà.

Elle se retrouve partout, dans les vallées secondaires aussi bien que dans les vallées principales ; mais, tandis que dans celles-ci le fleuve a creusé son lit jusqu'à plus de 30 mètres de profondeur, les petits cours d'eau des vallées latérales n'ont encore fait que commencer le travail et n'ont entamé la terrasse que dans leur cours inférieur.

Partout en amont, la grande terrasse aboutit aux

moraines, au delà desquelles il n'existe plus que des traces de terrasses fluviales qui disparaissent bientôt en se confondant avec le vrai fond de la vallée au niveau de la rivière. Partout aussi en aval des moraines, le niveau de la terrasse se rapproche insensiblement de celui du cours d'eau; la hauteur de la terrasse principale, qui est de 50 m. et plus dans le voisinage des moraines, ne comporte plus à *Turgi* que 35 m. environ, à Bâle elle n'atteint guère que 30 m.

La fig. 2 représente une section du profil général en long de nos vallées. Au milieu de la figure, nous voyons se dessiner la région accidentée et le plus souvent boisée des grandes moraines. A gauche, en aval, de vastes plaines fertiles descendent des moraines avec une pente supérieure à celle du cours d'eau (6 ‰ à 4 ‰ d'abord, plus tard 2 ‰ à 1 ‰ seulement). A droite, en amont, la surface irrégulière du sol rejoint bientôt le niveau de l'eau, sa pente étant plus faible que celle de la rivière ¹.

Voyant en amont des moraines le cours d'eau se retrouver bientôt à la surface de la plaine tandis que plus bas son lit est une coupure profonde dans cette surface, bien des auteurs ² ont pensé qu'il s'agissait là du phénomène que nous avons signalé dans les vallées secondaires d'une *érosion régressive continue*. Suivant eux, l'érosion fluviale continuerait à produire peu à peu en dedans des moraines l'effet qu'elle a déjà produit au dehors, les rivières auraient, là aussi bien qu'ailleurs, la tendance à creuser leur lit vers l'amont, de telle façon que la jonction

¹ Le plongement n'est cependant pas dirigé vers l'amont, comme pourrait le faire croire la fig. 2, ensuite de l'exagération inévitable de l'échelle des hauteurs.

² *Wettstein* entre autres : *Geologie von Zürich und Umgebung*. Zürich 1885.

du fond de leur tranchée avec la surface de la grande vallée rétrograderait peu à peu à la manière des têtes de ravins dans le cours supérieur des torrents. L'expression graphique de cette théorie se trouve contenue dans la fig. 3 qui se passe de commentaires.

En réalité, il n'en est point ainsi. Si l'on recherche dans le cours de nos rivières, à l'entrée de la coupure profonde, une section à forte pente telle que la nécessite l'hypothèse ci-dessus, on ne la trouve pas. Au contraire, ces régions sont caractérisées par une pente très faible du cours d'eau qui, le plus souvent, y serpente. Ce n'est pas le niveau du cours d'eau qui monte brusquement, mais simplement la hauteur de la terrasse qui s'abaisse peu à peu vers l'amont. Derrière les moraines se trouve une vaste zone de dépression, fort bien reconnue par M. PENCK, qui la nomme : la *dépression centrale*.

Les terrasses qui, comme nous l'avons vu, disparaissent vers l'amont dans la dépression centrale, se retrouvent presque toujours plus haut dans les vallées; elles ont cependant partout à l'intérieur des grandes moraines un caractère local. Il existe un contraste absolu entre les terrasses régulières et générales de la région extérieure aux amphithéâtres morainiques et les terrasses tout à fait irrégulières et locales de la région intérieure; de telle façon qu'on est autorisé à regarder le phénomène des terrasses fluviales générales comme spécial à la région extérieure aux moraines. En plus petit ce fait se renouvelle fréquemment dans les parties supérieures de nos vallées : presque partout où une moraine frontale traversant une vallée marque une étape dans le retrait des anciens glaciers, nous retrouvons à l'aval une zone de terrasses plus ou moins étendue. L'étude purement mor-

phologique du phénomène des terrasses d'accumulation nous amène donc à y constater l'existence d'un *facies endogène* et d'un *facies exogène* par rapport aux moraines ; le premier caractérisé par l'irrégularité et la localisation des terrasses, le second par leur généralité et leur régularité ¹.

2) *Structure.*

Nous venons d'étudier l'apparence extérieure de nos fonds de vallées, cherchons à en élucider la genèse, et pour cela, appliquons-nous, avant tout, à reconnaître leur composition et leur structure intérieure.

Le premier fait qui nous frappe dans les innombrables coupures naturelles ou artificielles pratiquées dans les terrasses, c'est de les voir présenter partout des galets et des graviers régulièrement stratifiés. Là où les rivières ont attaqué les terrasses par la base, produisant des éboulements dans toute la hauteur des berges, ce sont encore des graviers stratifiés que nous constatons à peu près partout. A peine çà et là la roche en place se montre-t-elle au-dessous des alluvions.

Les matériaux constituant de ces alluvions ne proviennent que rarement des roches en place dans le voisi-

¹ L'existence de ces deux facies morphologiques que j'ai plus clairement reconnue depuis mon dernier travail (Ueber die fluvio glacialen Ablagerungen, etc.) est du reste pleinement confirmée par l'étude de la structure interne des terrains.

M. Penck, lui aussi, vient d'arriver à des conclusions identiques (*Mitteilungen d. D. u. Ö. Alpenvereins*, 1890, p. 233). Il attribue l'existence de notre *facies endogène localisé* à des phénomènes de barrage glaciaire des vallées. Sans vouloir du tout contester l'importance de ces barrages, j'ai indiqué ci-dessus une cause qui me paraît pour le moins aussi importante : les moraines échelonnées le long des vallées.

nage; la plupart des galets sont alpins, ils proviennent des régions situées en amont de nos lacs et correspondent absolument à ceux des moraines qui limitent les terrasses.

Il y a plus encore. Si, des confins de notre pays, nous remontons la vallée du *Rhin*, celle de l'*Aare*, de la *Reuss* ou de la *Limmat*, nous constatons que les galets de l'alluvion deviennent de plus en plus gros, peu à peu nous y trouvons même des cailloux imparfaitement arrondis, puis anguleux, noyés dans les graviers. Lorsque enfin nous arrivons à la région des terrasses qui touche aux moraines et qui est caractérisée par une pente superficielle de 4 à 6 ‰, les blocs anguleux deviennent fréquents, dans les horizons supérieurs de l'alluvion surtout. Bientôt même il nous devient difficile de déterminer s'il s'agit d'une moraine plus ou moins remaniée ou d'une alluvion proprement dite, tant le *facies à blocs* et la stratification irrégulière prédominent. Cette région à pente superficielle forte, qui forme la transition entre les moraines et les alluvions, je la nomme : *région de passage*.

Chose curieuse, c'est à la partie supérieure de l'alluvion des terrasses que nous rencontrons d'abord le *facies* à gros blocs. Il n'est pas rare en effet de voir sous l'horizon des blocs, l'alluvion devenir plus régulière, ses éléments diminuer de grandeur jusqu'à passer au fond à un gravier fin. La diminution de grosseur des cailloux du sommet de l'alluvion à la base paraît du reste être une règle générale; le phénomène contraire ne se produit pour ainsi dire jamais ailleurs que dans la zone tout à fait superficielle des terrasses, profonde de deux à quatre mètres. A partir de ce niveau, on peut considérer les maté-

riaux comme perdant en grosseur à mesure que la profondeur augmente. Assurément, dans bien des cas le phénomène ne peut être constaté : à l'embouchure d'un affluent quelconque par exemple, le matériel charrié par cet affluent se mêle à celui de la rivière principale et produit une perturbation. Au confluent de l'*Aare*, de la *Reuss* et de la *Limmat*, les alluvions des terrasses des deux dernières rivières sont notablement plus grossières de grain que les alluvions de l'*Aare*. Mais, ce sont là, je le répète, des perturbations, les éléments de l'alluvion n'augmentent pas de dimensions en profondeur, presque toujours on constate qu'ils deviennent plus petits.

Donc : augmentation de dimensions des éléments vers la surface et vers l'amont, passage graduel de l'alluvion aux moraines, composition identique de l'alluvion et des moraines ; tels sont les points qui me paraissent devoir être relevés d'une manière spéciale.

Quant à la constitution et à la structure de l'alluvion des terrasses à l'intérieur de l'amphithéâtre de moraines, elle est fort variable. La composition reste ce qu'elle était à l'extérieur, la structure, elle, est irrégulière, les règles relatives à la dimension des galets ne paraissent plus applicables et il n'est pas rare de retrouver des intercalations purement morainiques au sein même de l'alluvion.

3) *Allure.*

Disons un mot du fond sur lequel reposent les graviers des terrasses et qui paraît, par places, dans le lit ou sur les berges des rivières.

Ce fond est constitué par la roche en place de la contrée, le plus souvent il est recouvert sans intermédiaire par l'alluvion. Quelquefois cependant nous trouvons

entre la roche en place et l'alluvion un dépôt glaciaire bien caractérisé de blocs ou de moraines profondes (*Wildegg*)¹. Ailleurs, c'est une alluvion de composition différente, à blocs alpins, d'origine glaciaire sans nul doute, qui se trouve à la base de nos terrasses (*Aarau*)², desquelles elle peut encore être séparée par un dépôt fossilifère d'âge dit interglaciaire (*St-Jacques s. l. Birse*)³. Les localités qui ont fourni les coupes susmentionnées sont toutes situées fort loin des grandes moraines terminales.

Comme je l'ai dit déjà, il est rare que la véritable base de l'alluvion des terrasses, la roche en place, ait été mise à nu par l'érosion fluviale, la plupart du temps les graviers stratifiés descendent jusqu'au lit même des cours d'eau.

Là où des barres de roche en place traversent les rivières, nous avons affaire à des sections *épigéniques* récentes de la tranchée fluviale, c'est-à-dire à des points auxquels le cours d'eau, en creusant la terrasse, n'a pas retrouvé le lit dans lequel il coulait avant le dépôt de l'alluvion⁴.

4) *Genèse et âge.*

Les faits que nous venons d'énumérer nous permettent d'établir l'âge et la genèse de l'alluvion des terrasses.

Qu'elle soit un dépôt formé par les cours d'eau, c'est

¹ *Mühlberg, Ueber die errat. Bild. im Aargau., Aarau 1869, p. 208.*

² *Mühlberg, Die Verhältnisse der Aare bei Aarau, etc. (Programm). Aarau 1885.*

³ *Heer, Urwelt der Schweiz 2^{te} Aufl. Zürich 1883, p. 532.*

⁴ *Du Pasquier. Sur le déplacement des cours d'eau, etc. Bull. Soc. des sc. nat. de Neuchâtel, XVIII. 1890, p. 79.*

ce qui est clairement démontré par sa stratification parfaite, par la position imbriquée de ses galets, en un mot par sa structure interne. D'un autre côté, les relations intimes qui relient l'alluvion aux moraines sont attestées par cette même structure interne aussi bien que par l'allure générale des terrasses.

Des profils relevés par M. MÜHLBERG lors de la construction du chemin de fer National confirment nos idées¹. Nous y voyons les couches inférieures se prolonger sous les moraines et cela d'autant plus loin vers l'amont que leur niveau est plus bas. Les couches les plus inférieures se prolongent même peut-être au delà des moraines et contribuent à la formation des terrasses que nous avons constatées à l'intérieur des amphithéâtres.

L'âge de notre alluvion est donc *glaciaire*, elle était en voie de formation dans la période d'approche des glaciers; la période principale de dépôt coïncide cependant avec la stagnation des glaciers, pendant laquelle furent formées les grandes moraines terminales,

L'alluvion étant composée des mêmes éléments que les moraines, doit donc être considérée en quelque manière comme moraine complètement remaniée par les torrents glaciaires.

5) *Résumé théorique.*

Suivant l'ordre chronologique des faits, nous voyons les glaciers s'avancer dans des vallées préexistantes, précédés d'un comblement fluvial formé, sans nul doute de l'excédent de matériaux fournis aux rivières par

¹ *Zweiter Bericht über die Untersuchung der errastischen Bildungen im Aargau* 1875, p. 35.

le véhicule glaciaire¹. Pendant le temps d'arrêt des glaciers sur la ligne de *Schaffhouse* à *Wangen a/A*, le comblement, jusqu'alors de peu d'importance, continue à augmenter et atteint son terme. Puis les glaciers se retirent en amont des grandes moraines, le matériel qu'ils charrient se dépose dans la dépression centrale, c'est-à-dire en contrebas des terrasses extérieures, les cours d'eau ainsi déchargés commencent au sein des moraines et des terrasses extérieures leur travail d'érosion qui se continue jusqu'à nos jours.

Nous avons jusqu'ici constaté pendant la période pleistocène les phases suivantes se succédant chronologiquement de bas en haut.

2) Période d'érosion	retrait des glaciers	dépôt des moraines et alluvions locales plus en amont dans les vallées.
1) Période d'accumulation	temps d'arrêt des glaciers approche des glaciers.	dépôt des grandes moraines et des alluvions.

III

HAUTES TERRASSES

1) *Morphologie.*

Nous avons mentionné plus haut des alluvions distinctes de l'alluvion des terrasses étudiée jusqu'ici.

¹ L'idée que le comblement résulterait d'un déplacement relatif du niveau de la mer et d'une diminution de pente et partant de

Ces alluvions, qui se retrouvent sur bien des points de nos vallées, tendent à former des terrasses plus ou moins localisées, atteignant une altitude supérieure de 60 m. environ à la nappe de comblement des terrasses basses. Nous les appellerons pour cette raison *alluvions des terrasses hautes* tandis que nous conservons pour les autres le nom d'*alluvion des terrasses* ou *des basses terrasses*.

C'est dans la vallée transversale de l'*Aare*, entre *Turgi* et le *Rhin*, que nous rencontrons les alluvions des hautes terrasses dans leur plus grand développement. Elles forment ici, à droite et à gauche de la rivière, à 90 m. environ au-dessus d'elle, une vaste plaine dont la surface ondulée contraste avec la surface presque plane des terrasses inférieures.

Dans la vallée du *Rhin* les alluvions des hautes terrasses existent sur le flanc nord de la plaine de *Rafz*, occupant ici une altitude maximum de 100 m. environ au-dessous du cours d'eau. Il en existe dans le *Klettgau* à l'ouest de *Schaffhouse*, près de *Waldshut*, ent. *Stein* et *Mæhlin*, puis, près de *Bâle*. Leur surface supérieure forme dans toutes ces localités une terrasse plus ou moins bien caractérisée dont l'altitude comporte 90 à 100 m, environ au-dessus du *Rhin*.

2) *Constitution et structure.*

La composition de cette alluvion ne diffère guère de celle des graviers des basses terrasses. Ce sont bien encore les mêmes éléments empruntés à toutes les parties du

vitesse, de force de transport du cours d'eau, est une hypothèse gratuite qu'aucun fait n'appuie. Au contraire, si le comblement provenait d'une cause pareille, il devrait être le plus puissant à l'aval, dans le voisinage de la mer, et c'est l'inverse qui a lieu.

bassin d'alimentation de nos rivières, notamment aux Alpes.

Quant à la structure du dépôt, la stratification régulière de la grande masse, la position imbriquée des galets, nous obligent dès l'abord à y reconnaître le produit de l'eau courante des rivières. Il n'est pas rare cependant de trouver dans les coupes supérieures de l'alluvion de petits blocs anguleux, voire même des cailloux striés. Ce phénomène qui, dans l'alluvion basse, ne se produit que dans la région de passage aux moraines, nous le retrouvons dans l'alluvion des hautes terrasses de toutes les parties de notre carte, jusque peu en amont de *Rheinfelden* et peut-être plus loin encore.

3) *Allure.*

En bien des points fort éloignés des moraines principales, nous rencontrons en outre sur l'alluvion, des blocs erratiques et des lambeaux de moraine profonde. De plus, un dépôt bien connu et très controversé, le *læss*, recouvre presque toujours les hautes terrasses et les moraines qui leur sont superposées.

Jamais le *læss* ne se trouve à l'état primaire sur la basse terrasse extérieure aux moraines.

4) *Age.*

Nous avons précédemment rappelé le fait, mis en lumière il y a longtemps déjà par M. MÜHLBERG, que le terrain erratique extérieur aux grandes moraines terminales, suivi et reconnu dans tout le nord de la Suisse, se trouve placé à la base de la nappe de comblement des

basses terrasses. Nous venons de le retrouver formant le toit de l'alluvion des terrasses hautes.

Il en résulte que les hautes terrasses représentent un dépôt plus ancien que les alluvions des basses terrasses.

M. MÜHLBERG et les glacialistes récents rattachant ce terrain erratique extérieur à une glaciation antérieure à celle que nous avons précédemment constatée, il s'en suivrait un âge identique pour les alluvions des hautes terrasses, car, comme nous l'avons vu, ces alluvions passent à la surface à l'état de moraines.

De fait, dans l'état actuel de la science, cette opinion s'impose.

La fig. 4 représente la coupe générale d'une vallée prise à l'extérieur des moraines internes dans la région de l'alluvion des hautes terrasses.

5) *Glaciations ou périodes glaciaires*¹

Après avoir distingué entre l'erratique externe et l'erratique interne, entre les alluvions hautes et les alluvions basses, nous sommes amenés à nous demander si ces deux catégories de dépôts glaciaires et fluvio-glaciaires se rattachent bien, comme on l'admet généralement, à deux *périodes glaciaires* distinctes.

La théorie des deux périodes glaciaires a chez nous à son actif une série de dépôts dits interglaciaires constitués par les *lignites schisteux* de la *Glatt* qui se trouvent intercalés entre deux moraines et qui contiennent les vestiges d'une flore de climat tempéré.

¹ Voir en outre : Sur la périodicité des phénom. glaciaires, etc. *Bull. Soc. d. sc. nat. de Neuchâtel*, XVIII, 1890, p. 59.

Cette flore « interglaciaire » étudiée jadis par HEER ¹ correspond d'ailleurs au dire de ce savant, avec la flore d'un dépôt fossilifère situé près de *Bâle* ² et intercalé lui aussi entre deux alluvions, dont l'inférieure présente tous les caractères de l'alluvion des terrasses hautes, tandis que la supérieure fait partie de la basse terrasse du *Rhin*. Ces deux dépôts, situés si loin l'un de l'autre, sont donc de même âge.

Ceci joint à ce que nous avons dit précédemment, nous autorise à conclure que : après avoir occupé tout le nord de la Suisse et y avoir donné lieu à des dépôts alluviaux et morainiques, les glaciers s'étaient retirés suffisamment en amont pour permettre à une flore bien différente de la flore glaciaire de prospérer dans la vallée de la *Glatt*.

Le *læss*, qui, dans le nord de la Suisse, recouvre les alluvions des hautes terrasses, leurs moraines et leur surface d'érosion, se retrouve dans la vallée du *Rhin*, peu en aval de *Sargans*. Si, comme cela est probable, ce *læss* est de même que celui du nord de la Suisse d'âge interglaciaire, les glaciers devraient donc s'être retirés jusqu'à la région de *Sargans* au moins.

Il existe en outre dans le bassin du lac des *Quatre-Cantons* ³ plusieurs dépôts d'âge peut-être interglaciaire, puisqu'ils se trouvent intercalés entre deux moraines.

Entre le dépôt des hautes terrasses et celui de la nappe de comblement basse, une érosion puissante a eu lieu, ensuite de laquelle une vallée aussi profonde que la vallée primitive a été creusée au sein de l'alluvion des hautes

¹ *Urwelt d. Schweiz*, 2^{te} Aufl. p. 513.

² id. p. 532.

³ *Fluvioglaciale. Ablager*, p. 107 et suiv.

terrasses, puis, avant le dépôt de l'alluvion des basses terrasses se forma le *læss*.

Tous ces faits paraissent prouver l'existence, entre deux glaciations successives, d'un grand hiatus que dans l'état actuel de nos connaissances, nous pouvons appeler *phase interglaciaire*.

Jusqu'où les glaciers s'étaient-ils retirés entre leurs deux invasions successives, c'est ce dont nous ne savons pas grand'chose encore, surtout si nous ne considérons que le sol suisse comme nous l'avons fait dans ce travail. Ailleurs, les arguments en faveur de deux glaciations complètement distinctes, de deux périodes glaciaires séparées par une période interglaciaire ne manquent pas non plus. Quoi qu'il en soit, je préfère m'en tenir aux termes de *glaciations* plutôt que d'employer ceux de *périodes glaciaires* qui me paraissent être d'une portée théorique un peu trop grande et qui ne prêtent que trop aux spéculations hasardeuses.

6) *Succession des phénomènes.*

Nous résumons les phénomènes reconnus jusqu'à présent dans le tableau suivant qui indique de bas en haut l'ordre chronologique de leur succession.

phase de retrait	Erosion
dernière glaciation	Moraines internes et alluvions des terrasses basses
phase de retrait	Erosion Lignites schisteux de la Glatt. Löss du nord de la Suisse.
avant-dernière glaciation.	Moraines externes et alluvion des terrasses hautes.

7) *Facies endogène des hautes terrasses.*

Revenons un instant aux différences qui séparent l'alluvion haute de l'alluvion basse. Nous les résumons dans le tableau suivant :

<i>Alluvion des hautes terrasses</i>	<i>Alluvion des basses terrasses</i>	
	(à l'extérieur des moraines)	(à l'intérieur des moraines)
Couverte de loess et de moraines.	dépourvue de loess primaire et de moraines	couverte de moraines
Contient près de la surface des intercalations morainiques et des blocs.	sans intercalations morainiques	contient des intercalations morainiques
est localisée.	est générale	est localisée

Nous constatons donc que les différences qui distinguent l'alluvion haute de l'alluvion basse s'effacent presque complètement lorsque nous considérons celle-ci à l'intérieur des grands amphithéâtres des moraines internes. La seule distinction qui subsiste encore est la couverture de loess qui me paraît être propre aux alluvions hautes.

Cette analogie entre les alluvions basses intérieures aux moraines et nos alluvions hautes provient évidemment de ce que toutes deux représentent un *facies endogène* des alluvions glaciaires ; celle-ci, celui de l'avant-dernière, celle-là, celui de la dernière glaciation.

IV

Alluvions anciennes.

Dans la Suisse orientale, surtout entre la chaîne de la *Lägern* et le *Rhin*, nous rencontrons des plateaux de molasse couronnés par une alluvion particulière dont la surface supérieure occupe à peu près une altitude de 180 à 200 m. au-dessus des fleuves et plonge en pente douce et uniforme vers le nord et l'ouest.

Cette alluvion est connue depuis longtemps par les géologues de la Suisse allemande, qui l'attribuent tantôt à la molasse, tantôt au glaciaire dont elle n'a pas été distinguée dans la carte géologique de la Suisse.

En fait il s'agit d'une alluvion régulièrement stratifiée, par places plus grossière que les alluvions des terrasses du voisinage. Ses éléments, des galets en grande partie alpins, sont reliés entre eux par un ciment sableux qui laisse souvent des interstices, de façon à constituer un poudingue caverneux appelé dans la Suisse orientale : *lœcherige Nagelfluh*.

Cette nagelfluh se distingue des conglomérats miocènes par ses cavernes, son ciment sableux et le manque complet de cailloux impressionnés. De plus, ses couches horizontales reposent en discordance de stratification sur les assises de roche en place, dont elles recouvrent uniformément les surfaces d'érosion. Plusieurs des éléments composants de la nagelfluh ne se retrouvent plus dans le miocène.

D'autre part, l'alluvion des plateaux ne peut être con-

fondue avec les alluvions des hautes et basses terrasses dont elle est du reste toujours séparée par son altitude. Ses caractères distinctifs peuvent se résumer comme suit :

1) État avancé de décomposition de quelques roches alpines, notamment des gneiss.

2) Présence fréquente de galets évidés.

3) Composition différente ensuite du manque relatif de certaines roches alpines fréquentes dans les alluvions des terrasses, (certains granits, les quartzites rouges = *sernifite*, *verrucano*).

Ces caractères seuls nous permettent d'admettre avec grande probabilité pour notre alluvion un âge intermédiaire entre le miocène et le pleistocène des terrasses. Cette probabilité deviendra certitude si nous disons que les blocs de nagelfluh caverneuse ne manquent pas dans l'erratique interne ou externe.

Comme nous l'avons dit, l'alluvion des plateaux est constituée en grande partie de matériaux alpins et se rapproche en cela des alluvions des terrasses, si bien que la carte géologique de la Suisse ne fait aucune différence entre cette alluvion et le glaciaire proprement dit.

Le fait est que lorsqu'on y rencontre des cailloux céphalaires d'origine alpine, on ne peut presque se défendre de les considérer comme erratiques, comme transportés sur une partie de leur parcours au moins, à dos de glaciers. Il y a plus encore. Aux limites d'amont de la nagelfluh, nous rencontrons fréquemment de vrais blocs alpins isolés dans la masse, j'y ai même trouvé quelques cailloux striés. Cette allure de notre alluvion rappelle celle de l'alluvion des basses terrasses à ses limites d'amont, aux moraines.

Ces faits nous amènent à considérer l'alluvion des plateaux comme une vraie alluvion ancienne, d'origine glaciaire. Son âge, indubitablement antérieur à celui des alluvions des hautes et basses terrasses, nous montre qu'il ne s'agit dans ce cas ni de l'une ni de l'autre des deux glaciations que nous avons reconnues précédemment, mais d'une glaciation antérieure.

La distribution de l'alluvion des plateaux, l'altitude considérable de sa base et surtout le fait que certaines roches alpines y manquent presque complètement, paraissent devoir faire reporter sa formation à un temps très reculé auquel ni les vallées du nord de la Suisse, ni surtout celles des Alpes n'avaient atteint leur profondeur actuelle.

Quant à fixer l'âge absolu de ce dépôt et de la glaciation qui lui correspond, je ne chercherai pas davantage que pour les alluvions des hautes et basses terrasses à le faire ici. De pareilles déterminations manquent encore d'une base paléontologique suffisante ; si je l'ai fait et si j'ai manifesté ailleurs ¹ à ce sujet des opinions que je suis loin d'avoir abandonnées, c'était en premier lieu pour attirer de nouveau l'attention des spécialistes et pour engager la discussion sur une question importante.

Je pense toujours encore que chacune de nos trois alluvions est contemporaine de l'époque de prédominance de l'une des trois espèces d'éléphants ² qui se sont succédées dans l'Europe centrale depuis le pliocène supérieur.

¹ *Fluvioglaciale Ablagerungen, etc.*

² Quant au *Mastodon arvernensis*, dont un travail de Fontannes m'avait fait admettre le gisement dans une alluvion contemporaine de notre alluvion des plateaux ; il est plus probable qu'il leur est antérieur.

A la prédominance de l'*Elephas meridionalis* correspondrait l'alluvion ancienne des plateaux ; à celle de l'*Elephas antiquus* l'alluvion des hautes terrasses et à celle de l'*Elephas primigenius* l'alluvion des basses terrasses.

Jusqu'à présent notre pays n'a fourni encore que les deux dernières espèces. Le gisement de l'*Elephas antiquus* se trouve dans les dépôts dits interglaciaires, formés entre la dernière et l'avant-dernière glaciation. Quant à l'*Elephas primigenius*, il paraît avoir été trouvé partout dans l'alluvion des basses terrasses et dans les dépôts franchement glaciaires de la dernière glaciation.

Dans la vallée du *Rhône*, où on le retrouve dans l'alluvion des plateaux, l'*Elephas meridionalis* n'a sûrement pas survécu à l'avant-dernière glaciation, tandis que, partout, l'*Elephas antiquus* est absent des dépôts de la dernière glaciation, qui introduit l'âge de la prédominance du mammouth.

RÉSUMÉ

Pour résumer le présent travail, rappelons sommairement, par ordre chronologique, la succession des phénomènes dont notre pays a été le théâtre depuis la première invasion des glaciers des Alpes.

I

Ancienne glaciation ; dont les limites sont probablement marquées par les limites générales d'amont de l'alluvion des plateaux.

(*Irchel, Baden, Brugg*)

Alluvionnement général du nord de la Suisse au-devant des glaciers (alluvion des plateaux) et nivellement du pays sous la couche d'alluvions.

II

Retrait des glaciers; dont la limite n'est pas connue.

Erosion de l'alluvion ancienne des plateaux, puis de la roche sous-jacente; formation des vallées suivant leur tracé actuel.

III

Avant-dernière glaciation; limites extrêmes: non encore sûrement déterminées chez nous. Dans la vallée du Rhin peut-être près de *Rheinfelden*?

Comblement de nos vallées, peut-être local plutôt que général; formation des hautes terrasses par une masse d'alluvions puissante de 80 à 100 m., puis recouvrement de ces dépôts alluviaux par les glaces et les moraines externes.

IV

Retrait des glaciers; dont la limite n'est pas connue.

Erosion de l'alluvion des hautes terrasses, puis ensuite: dépôt du *læss*.
Lignites schisteux de la vallée de la *Glatt*, etc.

V

Dernière glaciation; limites extrêmes: *Schaffhouse, Killwangen, Mellingen, Wangen a/A*.

Comblement des vallées puissant de 30 m. et plus dans le voisinage des moraines; basses terrasses et moraines internes.

VI

Retrait des glaciers probablement avec phases secondaires de stagnations, de crues et de décrues jusqu'à leurs limites actuelles.

Erosion des basses terrasses et formation du chenal actuel des rivières ainsi que des terrasses locales en amont des grandes moraines.

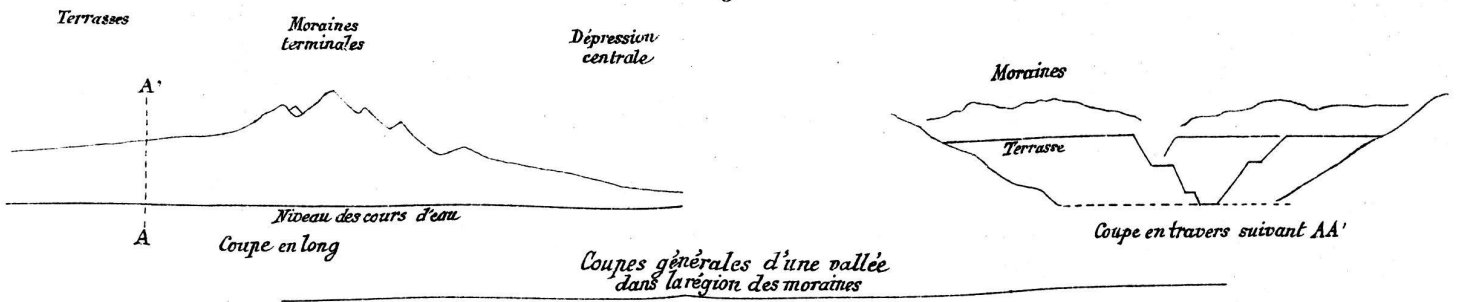
CONCLUSION

Amené par mes recherches à reconnaître, sur un espace considérable du sol suisse, ce que d'autres ont trouvé avant moi dans d'autres régions préalpines : des arguments, en apparence décisifs, pour trois glaciations successives, je ne prétends pas préjuger la question des trois périodes glaciaires générales et distinctes.

Je ne cherche pas davantage, pour le moment, à concilier l'apparente contradiction qui existe entre les deux étages glaciaires du nord et les trois étages glaciaires alpins.

Quant aux esprits que ce procédé ne satisferait pas et pour lesquels rien n'est admissible qui ne soit explicable, je leur propose une solution qui consisterait à admettre comme facteur déterminant de la première glaciation des Alpes l'altitude de la jeune chaîne — un élément qui n'entre pas simultanément en ligne de compte dans la région scandinave.

Fig. 1.



Coups générales d'une vallée dans la région des moraines

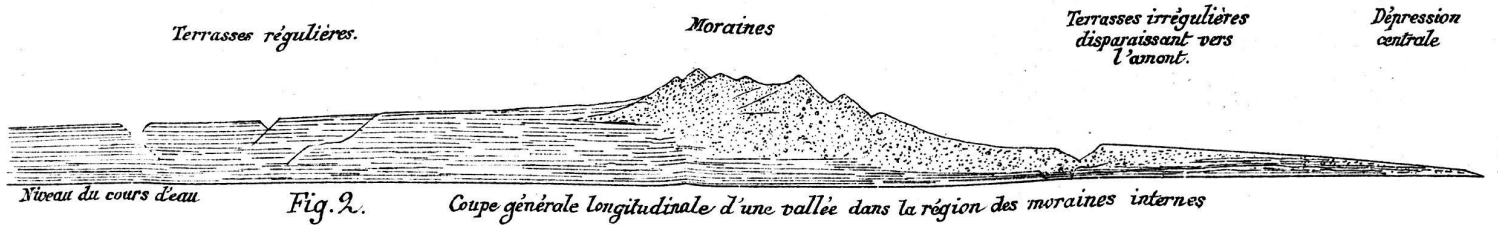


Fig. 2.

Coupe générale longitudinale d'une vallée dans la région des moraines internes

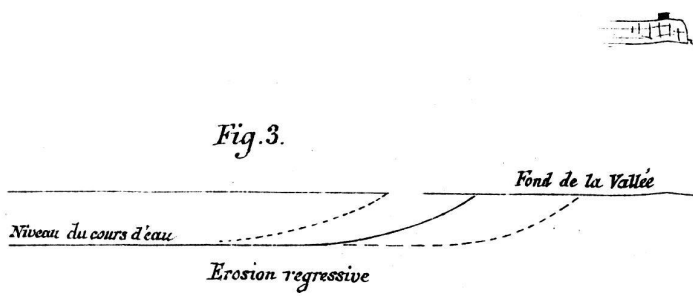


Fig. 3.

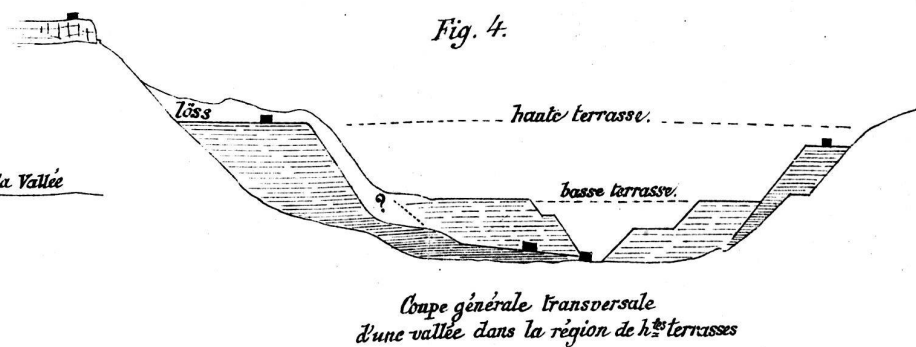

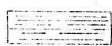
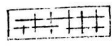


Fig. 4.

 Moraines et blocs erratiques.
  Alluvions des hautes et basses terrasses.
  Alluvions anciennes des plateaux

L'échelle relative des hauteurs est partout considérablement exagérée.