

Zeitschrift: Bulletin de la Société des Sciences Naturelles de Neuchâtel
Herausgeber: Société des Sciences Naturelles de Neuchâtel
Band: 22 (1893-1894)

Artikel: Le système glaciaire des Alpes
Autor: Penck, A. / Brückner, Ed. / Pasquier, Léon du
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-88341>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 22.01.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Séance du 7 avril 1894

LE SYSTÈME GLACIAIRE DES ALPES

GUIDE PUBLIÉ A L'OCCASION DU CONGRÈS GÉOLOGIQUE INTERNATIONAL
6^{me} SESSION A ZURICH EN 1894

par

A. PENCK, Dr ès-sc., PROFESSEUR A L'UNIVERSITÉ DE VIENNE
ED. BRÜCKNER, Dr ès-sc., PROFESSEUR A L'UNIVERSITÉ DE BERNE
LÉON DU PASQUIER, Dr ès-sc.



PARTIE GÉNÉRALE

I

DÉPOTS GLACIAIRES NÉO-PLEISTOCÈNES

1. Définitions et classification.

Au point de vue de leur origine, les dépôts glaciaires alpins peuvent être rangés sous deux chefs principaux :

- a) Dépôts directement glaciaires ou *glaciaires proprement dits* (moraines);
- b) Dépôts glaciaires remaniés par les eaux ou *fluvio-glaciaires* (alluvions glaciaires).

Les premiers sont des produits du glacier lui-même; ils sont caractérisés par la présence de cailloux polis et striés, souvent aussi par celle de

fragments de roches venant de très loin et cependant encore tout à fait anguleux.

En général, ces dépôts ne sont pas stratifiés et leurs matériaux ne sont pas triés. Il peut cependant se faire qu'on y reconnaisse une stratification irrégulière et confuse.

Les dépôts fluvio-glaciaires, en revanche, portent les traces d'un remaniement par les eaux; leurs éléments sont bien erratiques aussi, mais ils sont usés, roulés, arrondis et déposés comme les galets d'un cours d'eau. Les formations fluvio-glaciaires sont dès lors aussi caractérisées par leur stratification horizontale ou par une alternance de bancs horizontaux limitant des bancs à structure inclinée.

2. Structure intérieure et allure superficielle.

Dans la nature, les formations glaciaire et fluvio-glaciaire sont en relations intimes. En suivant vers l'amont les alluvions fluvio-glaciaires, on remarque que les galets deviennent de plus en plus gros et anguleux, que la stratification perd en régularité jusqu'à ce qu'enfin surviennent les cailloux striés et finalement le glaciaire proprement dit: les moraines.

Entre le glaciaire proprement dit et le fluvio-glaciaire indubitable, il existe une zone de passage ou de transition, caractérisée par un faciès morainique de l'alluvion, par la présence de blocs ou de rares cailloux striés.

Quant aux apparences extérieures de ces formations, on remarque ce qui suit:

Le glaciaire proprement dit présente une surface irrégulière, onduleuse, composée d'une succession de monticules et de vallons marécageux, plus ou

moins parallèles ou concentriques. C'est ce que Desor appelait le *paysage morainique*. Ce paysage morainique entoure une région intérieure en cuvette, souvent occupée par un lac et nommée pour cette raison la *dépression centrale*. De ce groupement de formes résulte quelque chose d'analogue à un amphithéâtre, si bien que l'ensemble de la dépression centrale et de sa circonvallation de moraines a souvent été désigné sous le nom d'*amphithéâtre morainique*.

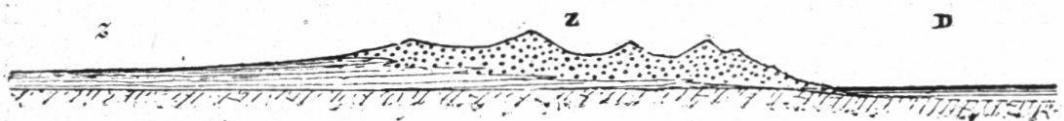
A la convexité du paysage morainique, c'est-à-dire à l'extérieur, à l'aval de l'amphithéâtre, s'appuie le fluvio-glaciaire, formant, à une altitude bien supérieure à celle du fond de la dépression, un vaste plan incliné descendant des moraines. C'est un cône de déjection partant des moraines: le *cône de transition* qui correspond à la zone de transition du glaciaire au fluvio-glaciaire. En aval, ce cône devient de plus en plus plat à mesure que sa structure intérieure gagne en régularité de stratification; c'est la région du fluvio-glaciaire proprement dit, des alluvions glaciaires formant de vastes plaines ou des terrasses régulières.

La région du cône de transition présente souvent dans sa structure des alternances de glaciaire et de fluvio-glaciaire. Les intercalations glaciaires se trouvent soit à la base, soit dans la masse, soit surtout vers la surface des alluvions. Il n'est pas rare de voir dans les coupes profondes de la région des moraines l'alluvion se poursuivre sous le glaciaire, et cela d'autant plus loin en amont que la coupe est plus profonde. Dans la règle cependant, l'alluvion n'atteint guère, sous les moraines, la dépression centrale, celle-ci ne paraît limitée à l'aval que par le glaciaire pro-

rement dit des moraines ou même par un rebord de roche en place: vers l'amont, le fluvio-glaciaire se termine donc en coin sous les moraines.

Le profil normal longitudinal d'un complexe glaciaire et fluvio-glaciaire, tel que nous venons de le décrire, est donc le suivant (voir aussi fig. 7):

Fig. 1.



Complexe glaciaire et fluvio-glaciaire (Coupe générale).

Z, moraine terminale (interne).

z, cône de transition formant l'origine de l'alluvion des basses terrasses.

D, dépression centrale — en amont des moraines — souvent occupée par un lac.

3. Genèse.

Il est facile de se rendre compte de la genèse de ce complexe: devant le front du glacier, les torrents surchargés de matériaux alluvionnaient, tandis que le glacier lui-même déposait, sous forme de moraine terminale, tous les éléments qui ne devenaient pas la proie des eaux. Quant à l'espace occupé par le glacier, aucune accumulation ne s'y produisait, bien plus, il était exposé à la friction glaciaire, ensorte qu'il y avait là, lors du retrait, une cuvette ou dépression centrale limitée par des accumulations morainiques, ou même érodée par le glacier. Cette dépression devait former un lac, si elle n'était pas alluvionnée au fur et à mesure du retrait des glaces, ou si les eaux de dégorgement ne parvenaient pas à couper la circonvallation morainique. Nous pouvons suivre cette

genèse presque pas à pas à l'extrême de nos glaciers actuels.

4. Succession des complexes.

En amont des grands amphithéâtres morainiques, nous retrouvons de distance en distance des complexes glaciaires et fluvio-glaciaires absolument analogues à ceux que nous venons de décrire, mais de dimensions beaucoup plus restreintes. Chacun de ces complexes correspond à une phase d'arrêt dans le retrait des glaces. La dimension des amphithéâtres successifs montre que ces phases d'arrêt durent être notablement plus courtes que celle à laquelle correspondent les grandes moraines terminales.

Il résulte de cette succession de complexes que, dans chaque dépression centrale, une alluvion glaciaire plus récente peut recouvrir du glaciaire quelque peu plus ancien, tandis qu'elle est elle-même recouverte par un glaciaire un peu plus récent. Le profil normal de cette succession de complexes, tel qu'il se retrouve dans bien des cas particuliers, peut être représenté comme suit:

Fig. 2.



Succession de complexes glaciaires-fluvio-glaciaires imbriqués
(Coupe générale).

Z, moraine terminale (interne).

Z', Z'', moraines stadiaires (correspondant aux phases successives de retrait).

z, alluvions des basses terrasses.

z', z'', alluvions stadiaires correspondant aux moraines Z Z'.

L'ensemble de ces complexes glaciaires et fluvio-glaciaires, imbriqués les uns sur les autres, constitue la série des dépôts d'une seule et même glaciation, composée d'alternatives de crues et de décrues, de phases d'arrêt et de retrait.

Il ne peut être tiré aucune conclusion générale sur la répétition des périodes glaciaires d'une succession pareille, dans laquelle les divers éléments fluviaux et glaciaires sont bien superposés, mais non pas séparés les uns des autres par un profond hiatus chronologique.

5. Résumé.

A chaque phase d'arrêt d'une glaciation correspond un complexe glaciaire et fluvio-glaciaire de moraines et d'alluvions formant un tout contemporain de genèse indissoluble.

Le plus important de ces complexes prend son origine à la région dès longtemps reconnue comme ayant été le lieu d'arrêt principal de la dernière grande extension des glaces (les moraines terminales dites internes).

Vers l'amont, d'autres complexes secondaires s'imbriquent souvent sur celui-ci, puis les uns sur les autres, donnant lieu à des terrasses de plus en plus élevées.

L'ensemble de ces complexes forme un tout: les dépôts d'une époque: une série glaciaire.

II

DÉPOTS PLUS ANCIENS

Toute coupe profonde pratiquée dans le terrain naturel donne lieu à une distinction fondamentale entre une couche superficielle plus ou moins altérée par les agents atmosphériques et biologiques et une masse profonde non décomposée. La couche altérée passe graduellement à la masse encore fraîche; leur limite commune n'est pas une surface régulière, mais présente des poches, des apophyses décomposées, se prolongeant dans la roche normale (orgues). Le degré d'altération superficielle est variable suivant la nature du terrain, le climat de la contrée, l'importance des cultures et surtout suivant la longueur du temps pendant lequel la roche a été exposée aux agents atmosphériques.

La couche d'altération des grands amphithéâtres morainiques et des alluvions qui en descendent n'atteint pas, au nord des Alpes, plus de 30 à 50 centimètres en moyenne. Au sud des Alpes, elle est souvent un peu plus forte. On peut dire cependant, d'une manière générale, que l'altération des grandes moraines terminales de la glaciation alpine est négligeable.

Au delà de cette limite de l'extension glaciaire, on trouve fréquemment des moraines et des alluvions altérées superficiellement jusqu'à plusieurs mètres de profondeur, de telle façon que les éléments calcaires en ont disparu et qu'une grande quantité de galets cristallins sont entièrement décomposés, kaolinisés, devenus friables jusqu'à pouvoir être coupés au couteau. Les éléments siliceux, argileux et ferrugineux prédominent, ces derniers prêtant souvent aux cou-

ches altérées une teinte rouge brique caractéristique; c'est à ces produits d'altérations de moraines ou de graviers stratifiés que les géologues lombards ont donné le nom très satisfaisant de *ferretto*.

Ces moraines, auxquelles leur degré d'altération prête un aspect très ancien, occupent par rapport aux amphithéâtres non altérés une position extérieure; elles ont été pour cette raison appelées *moraines externes*, tandis que les moraines terminales fraîches sont connues sous le nom de *moraines internes*.

Il y a un contraste frappant entre les moraines extérieures profondément altérées, aux formes adoucies par le temps et les agents destructeurs, et les moraines intérieures avec leurs formes abruptes, les blocs erratiques qui les couronnent souvent et leur donnent une apparence plus jeune, comme on l'a remarqué depuis longtemps.

Sur plusieurs points, on constate dans des coupes que les moraines externes et les internes ne sont pas simplement juxtaposées dans l'espace, mais que les internes sont superposées aux externes et à leur couche d'altération: *les moraines externes avec leur couche d'altération passent sous les moraines internes*.

Voici le profil normal de cette superposition:

Fig. 3.



Superposition des moraines internes aux moraines externes
(Coupe générale).

Z, moraine terminale (interne).

z, alluvion des basses terrasses.

L, lœss ou lehm.

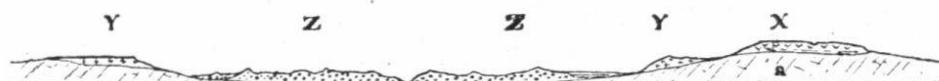
Fy, couche d'altération de Y (Ferretto).

Y, moraine (externe).

Plus souvent encore se présente un autre cas. Pendant l'espace de temps compris entre le dépôt des moraines Y (externes) et celui des moraines Z (internes), c'est-à-dire pendant le temps correspondant à l'altération des moraines externes, de puissants ravinements eurent lieu, des vallées furent creusées au sein des moraines extérieures. Cela étant, les moraines internes furent déposées dans ces vallées à un niveau inférieur à celui occupé par les externes, elles ne leur sont plus que rarement superposées.

Le profil normal que, pour plus de clarté, nous prenons transversal, devient alors celui que représente la figure 4. (Voir aussi fig. 10.)

Fig. 4.



Emboîtement des moraines (Coupe générale).

Z, moraines terminales (internes).

Y, moraines plus anciennes (externes), couvertes de lœss et de lehm.
X, roche en place.

Il n'y a donc plus là *superposition*, mais *emboîtement* des moraines et de leurs alluvions respectives les unes dans les autres.

Les conclusions à tirer de ces faits, quant à l'âge relatif des moraines Y et Z, sont les mêmes, qu'il s'agisse de superposition ou d'emboîtement. Entre Y et Z nous avons: soit une altération subaérienne puissante, incomparablement plus considérable que celle qui s'est produite depuis l'époque des grandes moraines terminales jusqu'à nos jours, soit une érosion profonde, incomparablement plus intense que

celle qui a eu lieu depuis cette même époque des grandes moraines terminales, sur le même territoire.

Ajoutons que ce n'est pas une seule superposition, un seul emboîtement que nous pouvons directement constater: il y en a deux. Les moraines extérieures sont, en effet, divisées elles-mêmes en deux étages superposés ou emboîtés, séparés l'un de l'autre aussi bien qu'ils le sont des moraines internes, soit par des couches d'altération subaérienne, soit par des ravinements profonds.

Ainsi que leurs moraines respectives, les alluvions correspondant à ces trois étages glaciaires d'âges différents sont aussi superposées les unes aux autres ou emboîtées les unes dans les autres. Dans le premier cas, elles sont séparées par des couches d'altération se prolongeant en apophyses dans les masses plus anciennes.

Enfin, les moraines de l'étage le plus récent étant en général, comme nous l'avons vu, intérieures aux autres, il arrive que leurs alluvions sont superposées aux moraines externes ou leur sont emboîtées. (Voir fig. 3.)

Le faciès à emboîtement des divers niveaux les uns dans les autres ayant été reconnu avant le faciès à superposition, on a désigné les alluvions de l'étage le plus ancien X comme *alluvions des plateaux* (deckenschotter), celles de l'étage intermédiaire Y comme *alluvions des terrasses hautes* (hochterrassenschotter), celles de l'étage le plus récent Z comme *alluvions des terrasses basses* (niederterrassenschotter)¹.

¹ En Bavière et en Suisse, on a été conduit au cours des levés géologiques à séparer ces trois subdivisions qui ont dès lors été distinguées sur certaines cartes par des teintes spéciales.

Eu outre, on a constaté que vers l'amont, chacun de ces niveaux passait à des moraines, ce qui, déjà avant toute découverte de superposition de ces moraines, avait fait entrevoir la nécessité d'admettre trois glaciations successives.

Résumé.

Sous l'ensemble des dépôts glaciaires relativement récents, caractérisés par leur altération presque négligeable, on trouve deux autres séries de dépôts glaciaires et fluvio-glaciaires, séparées l'une de l'autre et séparées de la série plus récente par de puissantes couches d'altération ou de profondes érosions, révélant l'existence entre chaque époque de glaciation d'une époque subaérienne de longue durée. Nous sommes donc fondés à parler d'invasions glaciaires successives du bord des Alpes.

III

FORMATIONS INTERGLACIAIRES

Les couches d'altération ainsi que les érosions qui séparent les divers étages glaciaires, et qui sont dues évidemment à des phénomènes subaériens, sont donc les représentants de longs intervalles de temps entre deux extensions glaciaires successives. Nous appelons ces intervalles *époques interglaciaires*, sans préjuger encore du degré de retrait des glaces qui leur correspondent.

Il y a entre une couche d'altération, considérée comme formation interglaciaire, et les alluvions simplement intercalées entre deux moraines, une différence fondamentale en ce que les alluvions sont elles-mêmes, le plus souvent, d'origine glaciaire et révèlent la présence du glacier à une distance plus ou moins

grande, tandis que les couches d'altération impliquent l'absence du glacier. De plus, des intercalations fluvio-glaciaires entre deux moraines se trouvent fréquemment dans nos vallées, par suite, comme nous l'avons dit, de l'imbrication des complexes les uns sur les autres; elles ne prouvent en général que l'existence, pendant une seule glaciation, de phases d'arrêt et de retrait. Ce ne sont pas des dépôts interglaciaires, mais *interstadiaires* d'une seule et même glaciation. Il est évident que la portée des couches d'altération est bien plus considérable.

Quelle que soit du reste l'importance de ces couches, elles ne sont pas les seules formations interglaciaires.

Le *lœss*, tel qu'il se rencontre sur l'avant-terrain nord des Alpes, dans un rayon d'une cinquantaine de kilomètres autour des moraines terminales, est incontestablement interglaciaire.

Jamais le *lœss* typique ne se trouve sur les moraines et les alluvions de la dernière glaciation, tandis qu'il recouvre presque partout et toujours les dépôts glaciaires plus anciens. Du reste, il est démontré par des coupes que le *lœss* situé sur les moraines externes et leurs alluvions s'enfonce sous les internes et les terrasses basses. En outre, là où l'alluvion des plateaux est recouverte par celle des hautes terrasses, on trouve quelquefois une couche de *lœss* entre les deux. Ainsi la position stratigraphique du *lœss* alpin est: soit entre X et Y, soit entre Y et Z.

Nous ne mettons aucunement en doute l'existence de *lœss* plus récent, notamment dans les grandes vallées et à une certaine distance des Alpes, mais nous appuyons sur le fait que la grande masse du

lœss du bord des Alpes est interglaciaire et trouve sa place stratigraphique soit entre la dernière et l'avant-dernière glaciation, soit entre celle-ci et la plus ancienne. Cela conduit à distinguer un lœss des terrasses hautes, recouvrant les hautes terrasses, leurs moraines et leurs couches d'altération, d'un lœss des plateaux, plus ancien, recouvrant les alluvions des plateaux leurs moraines et leurs couches d'altération.

Ces relations entre le lœss et les moraines ou les alluvions ne doivent pas être considérées comme génétiques, puisque le lœss se trouve souvent séparé par une couche d'altération des dépôts glaciaires sur lesquels il repose.

Le *lehm*, en connexion si fréquente avec le lœss, n'en est que la couche d'altération, de décalcification superficielle. On comprend dès lors qu'il soit plus développé sur les plateaux que sur les terrasses hautes, puisque le lœss des plateaux doit être plus ancien.

Quant aux zones de lehm d'altération postérieures, elles n'existent pas dans le voisinage immédiat des Alpes, comme aussi il n'existe pas dans cette région de dépôts quelque peu importants de lœss postérieur à la dernière glaciation.

Ce qui jusqu'à présent a été pris dans les Alpes pour du lœss récent n'est le plus souvent qu'un limon très sableux ne rentrant pas dans la catégorie du lœss typique.

Mais, ce n'est pas seulement au bord des anciennes glaciations que se rencontrent des dépôts interglaciaires. Il existe dans l'intérieur des vallées alpines des dépôts intercalés entre deux moraines et dont la nature, la composition, la flore, etc., nous disent clairement qu'ils ne sont pas des formations d'origine glaciaire.

Ces dépôts sont très variés et cela se comprend, puisque les vallées ont été de tout temps des lieux d'accumulation simultanée de produits très divers: cônes de déjection, éboulements, alluvions lacustres, tourbières, etc.

Chacun de ces dépôts des vallées doit être étudié pour lui-même avant que sa nature interglaciaire puisse être affirmée. Ils sont cependant d'une grande importance, puisqu'ils nous permettent seuls de constater pendant les périodes dites interglaciaires le retrait d'un glacier jusqu'au cœur même des Alpes.

IV

DÉPOTS DE BARRAGE GLACIAIRE

Outre les dépôts issus plus ou moins directement du glacier, les moraines et les alluvions, nous rencontrons encore, surtout dans l'intérieur des vallées alpines, diverses accumulations formées évidemment sur les bords de l'ancien glacier. Là où un glacier passait devant une vallée non glaciée elle-même, le dégorgement de cette vallée se trouvant gêné, son cours d'eau alluvionnait, remplissant ainsi la vallée secondaire d'une masse parfois très puissante de graviers stratifiés, de sables ou d'argiles, souvent intimement reliés avec les moraines latérales du glacier qui les occasionnait.

Nous réservons à ces formations le nom de dépôts de *barrage glaciaire*; la plupart d'entre eux appartiennent, on le comprend, à la dernière glaciation.
