
LES

ALPES FRANÇAISES A L'ÉPOQUE GLACIAIRE

EXTRAIT DE L'OUVRAGE INTITULÉ

“ DIE ALPEN IM EISZEITALTER ”

Par **Alb. PENCK,**

Professeur à l'Université de Vienne

Et **Ed. BRÜCKNER,**

Professeur à l'Université de Halle.

Ouvrage édité à Leipzig (1901-1906) chez Chr.-Herm. TAUCHNITZ

TRADUIT PAR **Louis SCHAUDEL,**

Receveur principal des Douanes à Chambéry

Membre agrégé de l'Académie de Savoie.

INTRODUCTION

La présente étude sur les glaciers quaternaires du Rhône et de l'Isère est la traduction d'un chapitre du grand ouvrage de MM. les professeurs A. Penck et Ed. Brückner, **Die Alpen im Eiszeitalter**, dont la publication, commencée en 1901, n'est pas encore épuisée par les sept livraisons parues jusqu'ici. C'est une œuvre considérable, fruit de longues et laborieuses recherches dans les Alpes et les régions subalpines, et l'autorité incontestable qui s'attache aux travaux des deux savants glaciéristes fait de cette publication un ouvrage de tout premier ordre, qu'aucun géologue ou naturaliste ne pourra désormais ignorer. Il constitue, en effet, une base précieuse

et indispensable pour toutes les recherches ultérieures qui pourront être faites sur la période glaciaire.

C'est précisément en faisant valoir le grand service qu'une traduction était appelée à rendre aux chercheurs de notre région, peu familiarisés avec la langue allemande, que mes amis m'ont décidé à entreprendre cette tâche d'autant plus lourde qu'il s'agit d'une science, pour ainsi dire à ses débuts, dont la terminologie est loin d'être fixée. Il s'ensuit que la plupart des termes techniques créés par les auteurs allemands n'ont pas encore de correspondants généralement admis. Il a fallu souvent trouver des mots appropriés capables de rendre le sens de certaines expressions imagées employées par les éminents glaciologues. Si je n'ai pas réussi peut-être à trouver toujours le terme juste, susceptible de réunir tous les suffrages, je crois du moins avoir rendu aussi complètement que possible la pensée des deux auteurs.

Je dois une mention spéciale à l'éditeur de cette publication, M. Tauchnitz, de Leipzig, qui m'a autorisé gracieusement à faire paraître cette traduction à Chambéry et à Grenoble. Je lui exprime ici mes vifs remerciements.

Pour l'intelligence plus facile du texte de ce chapitre détaché, je commencerai par donner un aperçu de la classification adoptée par MM. Penck et Brückner, et par expliquer quelques-uns des termes, nouveaux sans doute pour la plupart de ceux qui ne se sont pas spécialisés dans l'étude des anciens glaciers.

* * *

L'extension glaciaire de l'époque quaternaire, encore ignorée il y a un peu plus d'un siècle ¹, est aujourd'hui universellement admise. Il est reconnu qu'après l'époque pliocène, les fleuves de glace, d'une épaisseur dépassant souvent mille mètres, ont occupé tout le pourtour

¹ Soupçonnée déjà par Kuhn en 1786, elle a été nettement indiquée par Playfayr en 1802. Venetz (1812) et le montagnard de Bagnes, Jean-Pierre Perraudin (1855), arrivèrent chacun de leur côté à reconnaître les traces d'anciens glaciers disparus, et la doctrine prit définitivement corps avec J. de Charpentier.

des Alpes s'étendant dans notre région jusqu'aux portes de Lyon et jusqu'au bord du Massif Central de la France.

Ce fait est démontré par les traces nombreuses qu'a laissées le passage des glaces et dont l'ensemble constitue les *formations glaciaires*. Celles-ci sont composées de tous les débris entraînés par les glaciers, sur leur surface, dans leur intérieur ou à leur base, et déposés sur leur parcours. Tels sont les *blocs erratiques*, fragments de roches parfois énormes qui se détachent des montagnes, tombent sur la surface des glaciers et sont transportés par eux souvent à de grandes distances. Quant aux autres débris détachés au passage, une partie est transformée au fond du Thalweg glaciaire en *boue glaciaire*, dans laquelle prédominent les éléments fins, alors que la grande masse est ramenée à la surface et sur les bords du glacier et chemine avec lui.

Quand les formations glaciaires ne comprennent que les matériaux des MORAINES SUPERFICIELLES, elles se distinguent par la forme anguleuse des débris provenant uniquement d'éboulis entraînés. M. Penck les appelle *Griesmoränen*. Nous pourrions leur laisser leur nom de *moraines superficielles*, à moins de les désigner spécialement par celui de *moraines d'éboulis*. Leur matériel ne se distingue, en effet, des éboulis qu'en ce qu'il a été transporté par le glacier. Un autre signe distinctif est leur forme en *vallum*.

Les MORAINES DE FOND (*Grundmoränen*) sont constituées par des débris de roches dont les angles et les arêtes vives sont abattus. Les blocs ainsi arrondis sont éraflés, striés et finalement polis; ils deviennent en même temps de plus en plus petits, et le sable qui résulte de leur usure est de plus en plus abondant. Les MORAINES A BLOCAUX (*Blockmoränen*) sont celles où les blocs anguleux et les blocs arrondis apparaissent simultanément en quantités à peu près égales. Les MORAINES A GALETS (*Geschiebemoränen*) comprennent principalement des cailloux roulés par le mouvement des eaux sous-glaciaires. Les MORAINES BOEUSES (*Schlammmoränen*) sont celles où prédominent les éléments fins. Les MORAINES A GRAVIER (*Schottermoränen*) sont composées de graviers privés par le lavage de leurs éléments les plus ténus.

Il est bien entendu qu'il ne s'agit là que de types caractéristiques qui, dans la pratique, ne sont pas aussi rigoureusement séparés. Les formes intermédiaires sont nombreuses et les différentes sortes de matériaux sont souvent mélangées.

Les moraines latérales, médianes, frontales ou terminales sont celles déposées entre deux glaciers convergents sur les bords, ou à l'extrémité des glaciers.

Le dépôt des moraines de fond et des moraines terminales n'est possible que là où les eaux de fonte ne sont pas suffisamment puissantes pour entraîner les débris amenés. Autant que la force du courant le permet, les eaux se chargent de ces débris qu'elles charrient. Les plus gros sont aussitôt déposés sous forme de cailloux ; le reste, et notamment la boue, est entraîné au loin, peut-être jusqu'à la mer et, par suite, n'appartient pas aux formations glaciaires. Les débris *roulés* déposés dans le voisinage immédiat des glaciers et laissant encore reconnaître leur origine morainique sont connus sous le nom de FORMATIONS FLUVIO-GLACIAIRES.

Le front du glacier présente une disposition caractéristique, comprenant d'abord une *ceinture des grandes moraines terminales*, puis, adossées contre celles-ci du côté aval, en couches inclinées, les *alluvions fluvio-glaciaires*.

En amont des moraines terminales se montre, après le retrait des glaciers, une dépression en forme de cuvette d'un développement considérable, tantôt fermée et occupée par un lac, tantôt ouverte, et alors le fond est tapissé par la moraine de fond, ou bien il est occupé par un vaste marais, indiquant un remblaiement. Vers les moraines terminales, ce remblaiement augmente et prend la forme caractéristique de la moraine de fond, celle du *drumlin*. Les *drumlins* sont des monticules elliptiques disposés souvent suivant des rayons perpendiculaires à la direction des moraines terminales. Quant à la dépression elle-même, dite aussi « dépression centrale », c'est le *Zungenbecken*, qu'avec M. W. Kilian nous appellerons *cuvette terminale*.

Les cuvettes terminales ne sont pas en général limitées par un seul rempart de moraines frontales, mais par toute une série de *vallums* qui décrivent une grande ceinture morainique de forme le plus souvent arquée. Ces *vallums* de moraines terminales se présentent tantôt serrés les uns contre les autres, tantôt ils sont nettement espacés, indiquant ainsi des oscillations du glacier. A chacun de ces *vallums* correspond en aval un dépôt d'alluvions avec niveau propre qui forme le *Teilfeld* que nous distinguerons du *Schotterfeld* (*grande nappe d'alluvions*), par l'expression *nappe d'alluvions subordonnée*. Quelquefois les *vallums* de la ceinture de moraines sont disposés comme les

gradins d'un amphithéâtre et entourent un lac ou une grande nappe d'alluvions comparable à l'arène d'un théâtre. La dénomination d'AMPHITHÉÂTRE MORAINIQUE, qu'on a donnée à cette disposition, correspond à celles de *ceinture de moraines* et de *cuvette terminale*.

La nappe d'alluvions subordonnée et le *vallum* de moraine terminale correspondant forment un « complexe »; la grande nappe d'alluvions et ses arcs de moraines multiples forment une « série » qui correspond à une *glaciation*. L'ensemble constitue le *paysage morainique*.

Les cuvettes terminales (*Zungenbecken*) se développent à l'extrémité des grands courants glaciaires. Elles indiquent partout la fin d'une action érosive intense, par laquelle le sol préglaciaire a été bouleversé et qui se manifeste jusqu'à la ceinture des moraines terminales, où elle est remplacée par une accumulation glaciaire. Sur les points du parcours des grands glaciers, où des glaces débouchant de vallées latérales sont venues augmenter la puissance d'érosion, se formèrent des dépressions appelées *Stammbecken*, que nous traduirons par le terme de « *cuvettes centrales* ». Par contre, des *Zweigbecken* ou « *cuvettes latérales* » se formaient à l'extrémité de chaque branche du glacier.

Toutes ces formes caractéristiques se modifient peu à peu, et plus un système morainique est ancien, plus son aspect est altéré, plus aussi les matériaux accumulés sont à la fois décomposés et cimentés. Les formations glaciaires des Alpes ne comprennent pas seulement, en effet, une unique, mais plusieurs séries; c'est ainsi que dans les régions à *cuvettes terminales*, les formations glaciaires et fluvio-glaciaires se répètent quatre fois. L'ensemble de ces séries emboîtées correspond à la *période glaciaire*.

Ces quatre grands systèmes de formations fluvio-glaciaires alpines se divisent en *Deckenschotter supérieur*, *Deckenschotter inférieur*, *Hautes terrasses* et *Basses terrasses*. Les trois plus anciens dépôts sont caractérisés par une couverture de *Loess* qui, sur le *Deckenschotter supérieur*, est remplacée par une argile sableuse, le *Lehm*, pouvant être considérée comme du *Loess* décalcifié et agglutiné. Quant aux alluvions des *Basses terrasses*, elles ne sont jamais couvertes de *Loess*. Elles occupent le fond de la vallée où elles se montrent en général marécageuses; mais, lorsqu'elles s'élèvent tant soit peu au-dessus des vallées, les surfaces des *Basses terrasses* sont sèches et souvent couvertes de forêts. Les *Basses terrasses* sont partout en relation évidente avec

les moraines terminales de la dernière glaciation et elles forment un repère certain pour l'identification des autres niveaux.

Les quatre niveaux d'alluvions que je viens d'énumérer doivent être considérés comme des dépôts fluvio-glaciaires appartenant tous, d'après M. Penck, à la période quaternaire; car les restes fossiles qui y ont été trouvés sont caractéristiques des formations pléistocènes.

L'étude des régions d'alluvions subalpines a ainsi amené M. Penck à conclure à *quatre glaciations* différentes s'étendant au moins jusqu'au pied des Alpes. La nomenclature adoptée par ce savant est basée sur l'ordre alphabétique, les différentes époques glaciaires étant désignées par des noms dont les premières lettres sont : G. M. R. W.

La première époque glaciaire a été dénommée *glaciation de Günz*, du nom d'un petit affluent du Danube, où le Deckenschotter supérieur a été trouvé en relation avec des moraines. Nous l'appellerons *époque Günzienne*.

La deuxième époque a été appelée *glaciation de Mindel*, du nom d'un autre petit affluent du Danube, où le Deckenschotter inférieur est particulièrement développé. Nous la nommerons *époque mindélienne*.

La troisième époque, dite *glaciation de Riss*, porte également le nom d'un affluent du Danube, où les Hautes terrasses accumulées se trouvent reliées, d'une manière remarquable, aux moraines. Nous l'appellerons *époque rissienne*.

Enfin, la quatrième époque a reçu la dénomination *glaciation de Würm*, d'après la rivière de ce nom située dans la plaine de Munich et dont les rives offrent une transition des alluvions de Basses terrasses aux moraines récentes. Nous la nommerons *époque würmienne*.

Tandis que les moraines des glaciations *rissienne* et *würmienne* se distinguent dans la topographie, celles des époques *mindélienne* et *Günzienne* ont perdu tout relief et ne peuvent être déterminées que par leur position relativement aux alluvions du Deckenschotter.

Partout, la glaciation *würmienne* est restée en deçà des limites de la glaciation *rissienne* qui a été la plus étendue. La glaciation *Günzienne* paraît avoir eu la même extension que la glaciation *würmienne*.

En général, on ne peut préciser les limites jusqu'auxquelles la glace s'est retirée après chacune des époques glaciaires succes-

sives. Ce n'est que sur deux points différents que M. Penck a pu constater qu'entre deux glaciations consécutives le pays est devenu libre de glace jusqu'au débouché des vallées alpines. Cette constatation a été faite dans les régions de l'Inn et de la Salzach, où les dépôts de la *Nagelfluh* de Biber et de Salzbourg ont été formés pendant la période interglaciaire de Riss-Würm. Donc, dans l'intervalle qui a séparé les deux dernières grandes glaciations, les grandes régions de moraines subalpines ont été affranchies de glace. Cette période *interglaciaire* a dû être relativement longue, puisque, près de Salzbourg, un lac alpestre, d'environ 6 kilomètres carrés, a pu être comblé pendant sa durée.

Nous désignerons les trois périodes interglaciaires, sous les dénominations : Günz-Mindel, Mindel-Riss et Riss-Würm.

A côté de ces périodes interglaciaires, nous avons encore à mentionner des périodes *inter-stadiales* résultant des oscillations de glaciers après leur maximum d'extension. Les stades diffèrent théoriquement des époques glaciaires par leur bien moindre durée.

M. Penck a distingué trois stades précédés par la *grande oscillation d'Achen*. L'oscillation d'Achen a suivi le recul de la dernière grande glaciation, celle de l'époque würmienne. C'est pendant cette oscillation qu'a été déposée la grande terrasse de l'Inn (qui a été comparée à notre terrasse de l'Isère dans la cluse de Chambéry), ainsi que la partie inférieure de la digue du lac d'Achen qui a donné son nom à cette subdivision. C'est durant cette même oscillation que paraissent s'être déposés les lignites de Gross-Weil encore exploités. D'après un calcul basé sur une mesure dite « mètre de dénudation » (3 à 4 mètres), la durée de l'oscillation d'Achen (avancée et recul) pourrait être estimée à quelques dizaines de milliers d'années.

Les trois stades ultérieurs, qui ont été observés par MM. Penck et Brückner, sont :

1° Le *stade de Bühl*, étudié dans la vallée de l'Inn sur un complexe typique d'alluvions et de moraines qui forment l'extrémité d'une nouvelle avancée de la glaciation würmienne et indiquent un assez long stationnement du glacier de l'Inn. Le nom de *Bühl*, dans le langage populaire, s'applique aux nombreux petits monticules accumulés là par la glace.

2° Le *stade de Gschnitz*, du nom d'une petite vallée débouchant

dans le Wispthal, affluent de l'Inn. Alors que pendant le stade de Bühl toute la vallée longitudinale de l'Inn se trouvait envahie par la glace, elle en fut dégarnie pendant le stade de Gschnitz. Seuls, les petits glaciers locaux qui descendaient des plus hautes montagnes ont persisté durant cette période. Dans les Alpes centrales existaient encore de grands glaciers, mais ils ne remplissaient plus entièrement les grandes vallées transversales.

3° Le *stade de Daun* est dérivé de la racine d'une série de noms de montagnes des Alpes de Stubai. Pendant ce stade, les plus hautes cimes seulement se trouvaient sous la glace ; mais il dut coexister pendant ce même stade, côte à côte, comme encore aujourd'hui, de grands et de petits « glaciers de vallée », ainsi que des glaciers suspendus. Les nombreuses moraines de Prandl laissent supposer qu'entre le stade de Gschnitz et le stade de Daun s'effectua un recul des glaciers interrompu par des stationnements répétés. C'est ainsi que presque tous les paysages mamelonnés des régions subalpines rentrent dans le domaine des glaciers du stade de Daun.

M. Penck a insisté sur ce fait important que ce n'est pas la longueur des glaciers, mais l'altitude *de la limite des neiges persistantes* qui semble avoir été le principal facteur dans la production de ces stades et avoir caractérisé chacun d'eux.

L'oscillation d'Achen, qui précède le stade de Bühl, a exigé un relèvement considérable de cette limite, car pendant cette époque les glaciers ont énormément reculé. La limite des neiges persistantes était alors de 500 mètres seulement inférieure à ce qu'elle est aujourd'hui.

Les trois stades, de leur côté, se distinguent par les limites des neiges suivantes :

Stade de Bühl, à 1700 mètres, d'où un écart de 1000 mètres environ avec la limite actuelle.

Stade de Gschnitz, à 2100 mètres, d'où un écart de 600 mètres environ avec la limite actuelle.

Stade de Daun, de 2200 à 2500 mètres, d'où un écart de 300 à 500 mètres environ avec la limite actuelle.

L'action érosive des glaciers ¹, nettement affirmée par MM. Penck et Brückner, est l'objet d'une étude très approfondie. Ils lui attribuent le « *surcreusement* » et le modelé des vallées.

Les vallées surcreusées ont une section en forme d'U qui les a fait appeler *vallées en auge*. Leurs flancs abrupts, représentant les parois de l'auge, se rencontrent avec les pentes moins rapides de la partie plus élevée et non surcreusée en une corniche ou épaulement (*Schulter*) qui correspondrait au bord de l'auge.

Comme l'a fait remarquer justement M. de Lagger ², d'accord avec M. Penck, l'érosion glaciaire suit les mêmes lois que l'érosion fluviale. Elle est proportionnelle à la puissance et à la rapidité des masses en mouvement. L'épaisseur des glaciers ne cessant de s'accroître par l'apport de leurs affluents, l'affouillement de leurs lits a dû nécessairement progresser. De là un approfondissement graduel du fond qui a permis au glacier de conserver une surface de niveau. Par contre, lorsque des chaînes en bordure s'abaissent et permettent à un glacier de s'étaler, ou lorsque celui-ci pousse une digitation dans les vallées tributaires, l'érosion s'atténue à mesure que l'épaisseur des glaces diminue et le thalweg se relève pour former une *contre-pente*.

M. Penck fait ressortir que le fond des grandes vallées glaciaires est toujours à une altitude notablement inférieure à celle du thalweg des vallées latérales, d'où les rivières s'échappent alors par des gorges étroites ou se précipitent en cascades. Ce sont les *confluences en gradins* dont il sera souvent question. Leur hauteur donne une mesure minima pour le surcreusement que la vallée principale a subi. Dans quelques vallées très larges une *terrasse rocheuse* qui représente le reste d'un fond de la vallée préglaciaire maintenant entamée, correspond au niveau des vallées latérales.

Ces accidents des vallées latérales s'interprètent facilement par l'érosion glaciaire. Les gradins situés à l'embouchure des vallées latérales marquent en effet le point de confluence d'un petit et d'un grand glacier. La tangence de ces glaciers s'est produite naturelle-

¹ L'importance de cette action érosive de la glace a été récemment mise en doute par MM. Kilian, Frech et Brunhes; ce dernier a publié (*C. R. A. Sc.*, juin 1906) des notes assez démonstratives à cet égard.

² *Annales de Géographie*, 15 juillet 1903.

ment à la surface : la différence d'altitude des plafonds servait à compenser la différence de volume des glaciers concrescents : le glacier principal labourait profondément son thalweg, le glacier tributaire ne rabotait que légèrement le sien.

Il nous reste enfin à dire quelques mots de la région du Jura voisine de nos Alpes de Savoie et qu'a particulièrement étudiée M. Brückner.

Dans cette région, il est facile de distinguer, d'une part les chaînes jurassiennes, dont chacune correspond à un anticlinal, et d'autre part le Jura tabulaire. Ce dernier, qui comprend de vastes étendues dans le Jura français, est caractérisé par le fait que, bien que les couches y soient plissées, leurs plis sont arasés ; les lignes de relief y sont donc déterminées par l'affleurement de formations résistantes. Dans d'autres parties du Jura tabulaire, les couches sont horizontales, mais traversées par de nombreuses failles, dont aucune n'est marquée par une dénivellation notable du relief. Aussi, le Jura tabulaire représente-t-il une « *ancienne pénéplaine* » formée probablement au début de la période pliocène et dont l'inclinaison vers le Nord-Ouest est évidente. Cette surface inclinée se prolonge vers le Sud-Est et s'élève avec une pente de plus en plus accentuée dans l'intérieur des chaînes jurassiennes où elle détermine des troncatures obliques de leurs versants externes ; elle reliait probablement, par une pente continue, le bassin de la Saône aux Alpes.

Cette topographie générale s'expliquerait comme suit, d'après M. Brückner : le Jura a subi un premier plissement au début du Pliocène, puis ces premiers plis ont été arasés et une « *pénéplaine* » s'est établie ; enfin, une nouvelle phase de plissement a provoqué d'une part la *dislocation de cette pénéplaine* dans sa partie interne et d'autre part un exhaussement de toute la région, par conséquent, la reprise de l'érosion ; à partir de ce moment, les Alpes ont cessé d'être reliées au bassin de la Saône par une pente continue et la dépression helvétique s'est dessinée.

Pendant les grandes glaciations qui suivirent, le Jura ayant pris son relief définitif, et s'étant dressé, comme une barrière, à l'Ouest de la dépression helvétique, a dévié le glacier du Rhône, d'un côté vers l'Ouest, de l'autre vers le Nord-Est. Les points où le glacier du Rhône a franchi la première chaîne jurassienne sont : le col de Saint

Cergues, l'échancrure large de 21 kilomètres qui sépare le Mont Tendre du Chasseron, la dépression comprise entre le Chasseron et le Creux du Van, la vallée de l'Areuse et celle de la Schlüss au Nord du Chasseral.

A ces langues du glacier du Rhône, qui traversaient ainsi le Jura, venaient s'ajouter des glaciers locaux, et la limite de cet ensemble, vers le Nord-Ouest, passe approximativement par les vallées du Surand et de l'Ain, par Bourg, Lons-le-Saulnier, Ornans, Rheinfelden et le versant méridional de la Forêt Noire.

Le glaciaire alpin prend une grande importance dans les Franches-Montagnes jusqu'à Belleley, dans la région de Maiche, à l'Ouest du Doubs, du Russey, de Morteau, sur le plateau entre Pontarlier et Salins, etc. Il contient, cela va sans dire, outre les éléments provenant des Alpes, une quantité considérable de matériaux *locaux* enlevés au Jura lui-même. Entre le Mont Tendre et Bellegarde, l'unique langue de glacier qui a traversé la chaîne à Saint-Cergues a été trop peu importante pour influencer d'une façon appréciable sur la composition des moraines situées plus au Nord, et le Glaciaire de cette partie du Jura est exclusivement jurassien. Ce n'est qu'après avoir franchi la cluse du Rhône que le grand glacier *alpin* a pu s'épancher dans quelques vallées longitudinales du Jura et y jeter ses moraines caractéristiques.

La répartition de cet ensemble morainique, qui appartient en entier à la glaciation rissienne, permet de fixer la limite correspondante des neiges persistantes à 1100 mètres.

En étudiant, d'autre part, la distribution de l'Erratique en amont des moraines externes, on peut se convaincre qu'à ce moment les grands troncs glaciaires, tout en se soudant latéralement les uns aux autres, en cheminant parallèlement, avaient conservé leur individualité, et que, d'ailleurs, leurs dimensions relatives ont du considérablement varier pendant les diverses phases de cette grande glaciation.

LOUIS SCHAUDEL.