

LES STADES DE RETRAIT DES GLACIERS DU HAUT-VALAIS ¹

par Denis Aubert ²

INTRODUCTION

But et méthodes

Après la fonte des grandes calottes qui recouvraient les Alpes et les régions avoisinantes, les vallées alpines ont été, à plusieurs reprises, réenvahies par les glaciers locaux. Ces anciennes extensions, dans des régions aujourd'hui libres de glace, sont regroupées sous la dénomination de «stades de retrait». Leur étude peut être entreprise sous différents angles. Celui choisi pour le présent travail a été motivé par l'absence, en Haut-Valais, d'étude systématique dans le domaine. Ce n'est donc qu'une première approche, à l'échelle de la région, des positions des glaciers locaux après le retrait du glacier du Rhône würmien.

Par de très nombreuses journées de terrain, réparties sur cinq années, avec l'aide aussi des photos aériennes du Service topographique fédéral, la grande majorité des formes et dépôts liés aux glaciers ont été recensés. L'analyse sur le terrain et en laboratoire du matériel fourni par les trop rares coupes naturelles ou artificielles a contribué à une meilleure compréhension de certaines formes. Enfin quelques sondages, à la main, ont été tentés, dans le but de dater ces mêmes formes. Ces essais se sont révélés sans grand succès.

Les résultats obtenus sont consignés sur des cartes que le lecteur pourra trouver au fil des pages.

¹ Résumé d'une thèse de doctorat soutenue en 1979 à l'Université de Lausanne.

² Institut de géologie de l'Université de Lausanne, Collège propédeutique de Dorigny, CH-1015 Lausanne.

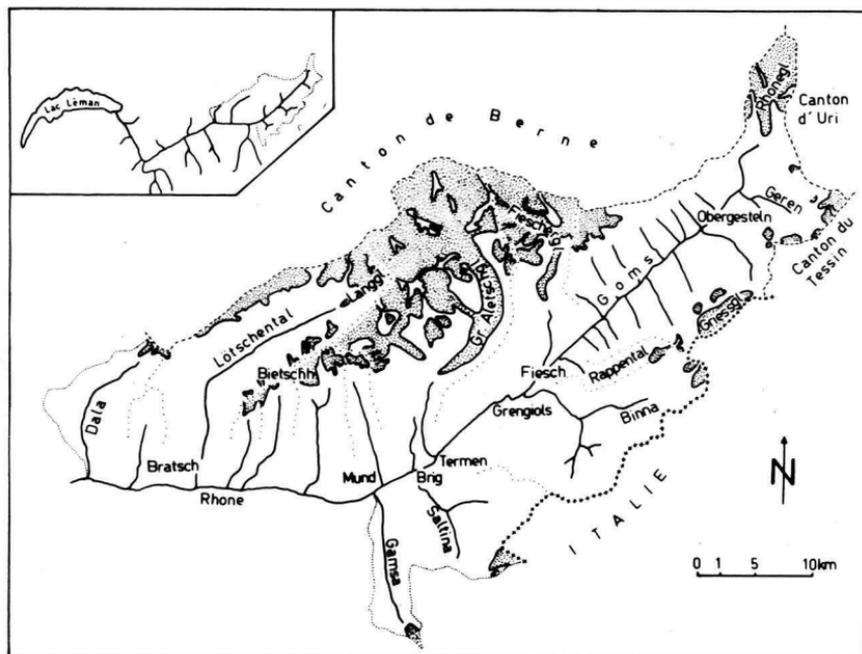


Fig. 1a. Carte géographique simplifiée de la portion du Haut-Valais étudiée.

Aperçu géographique

La région qui fait l'objet de cette étude correspond à une partie importante du Haut-Valais. Elle est déterminée par les limites hydrographiques du bassin du Rhône; ceci depuis le glacier du Rhône jusqu'à la confluence avec la Gamsa, quelques kilomètres en aval de Brig. A partir de cet endroit, la rive S ayant déjà fait l'objet d'une étude (WINISTORFER, 1978), ce sont les vallées latérales de la rive droite seule, jusqu'à la confluence de la Dala, qui complètent les quelque 1400 km² parcourus (Fig. 1a).

Ce territoire est représenté sur la Carte nationale de la Suisse au 1 : 25000, par les feuilles suivantes: 1230 (Guttannen), 1231 (Urseren), 1248 (Mürren), 1249 (Finsteraarhorn), 1250 (Ulrichen), 1251 (Val Bedretto), 1267 (Gemmi), 1268 (Lötschental), 1269 (Aletschgletscher), 1270 (Binntal), 1287 (Sierre), 1288 (Raron), 1289 (Brig), 1290 (Helsenhorn), 1309 (Simplon).

Pour simplifier, les noms d'endroits et les points repères qui figurent dans ce travail sont ceux des feuilles au 1 : 50000: 255 (Sustenpass), 263 (Wildstrubel), 264 (Jungfrau), 265 (Nufenenpass), 273 (Montana), 274 (Visp), 275 (V. d'Antigorio).

Topographie

Séparant les cantons de Berne et d'Uri, le glacier du Rhône, entièrement valaisan, marque la limite orientale de la région étudiée. Le Dammastock le domine de ses 3630 m d'altitude. Les eaux de fonte du glacier donnent naissance au Rhône, rivière déjà impressionnante en été sur le plateau de Gletsch à 1780 m d'altitude.

Après une gorge transversale, le Rhône débouche dans la vallée de Conches (Goms). C'est une vallée longue de 17 km environ, dont le fond, situé à 1350 m d'altitude en moyenne, est occupé par de nombreux et importants cônes qui se relayent, imposant un cours sinueux à la rivière. Les flancs de la vallée de Conches sont raides et mènent rapidement à la ligne de crête. Celle de la rive droite fait frontière avec le canton de Berne. Son altitude augmente d'E en W, pour culminer au Galmihorn à 3518 m. En rive gauche, la crête, plus sinueuse, détermine la frontière avec le canton du Tessin et l'Italie. Son point culminant est le Blinnehorn à 3373 m. Ces deux flancs de la vallée sont entaillés de vallées latérales plus ou moins importantes, dont les cours d'eau vont grossir le Rhône. Citons, parmi les plus longues, en rive droite, le Münstigertal, et en rive gauche, les Geren, Aegingental et Blinnental.

A la sortie occidentale de la vallée de Conches, le Rhône s'encaisse et coule, presque sur toute la distance, dans une gorge assez étroite jusqu'à Brig. Durant ce trajet, il reçoit quelques affluents importants. En rive droite, ce sont la Weisswasser et la Massa, tributaires respectifs du glacier de Fiesch (Fieschergletscher) et du glacier d'Aletsch (Grosser Aletschgletscher). Ces deux très grands glaciers occupent la majeure partie de la rive droite du Rhône. La ligne de crête toujours partagée avec le canton de Berne, s'éloigne fortement de la vallée principale et s'élève considérablement. Elle est jalonnée par des sommets aux noms prestigieux: Finsteraarhorn (4274 m), Mönch (4099 m), Jungfrau (4158 m), Aletschhorn (4195 m). En rive gauche du Rhône, la ligne de crête s'éloigne aussi fortement de la vallée principale, mais son altitude est plus basse: Ofenhorn (3235 m), Helsenhorn (3272 m), Bortelhorn (3193 m), jalonnent la limite méridionale, qui est aussi la frontière avec l'Italie. Cette région est en grande partie drainée par la Binna, le plus important affluent de la rive gauche du Rhône.

Après sa confluence avec la Massa, dans la proximité de Brig, le Rhône coule à 670 m sur sa plaine alluviale. Il reçoit encore deux

affluents en rive gauche: la Saltina, qui s'alimente dans la région du Simplon, où culmine le Monte Leone (3403 m), et la Gamsa, provenant du Nanztal.

La vallée du Rhône est maintenant plus large et sa pente est faible. Sur sa rive droite débouchent quatre petites vallées au tracé rectiligne. Il s'agit, d'amont en aval, des Gredetschtal, Baltschiedertal, Bietschtal et Ijolital.

Ces vallées permettent d'atteindre rapidement une première ligne de crête, culminant à 3934 m avec le Bietschhorn. Passée cette crête, une pente très raide amène dans une vallée importante, de direction sensiblement parallèle à la vallée du Rhône, le Lötschentäl. Occupée à son extrémité orientale par le Langgletscher, cette vallée se raccorde au bassin d'accumulation du glacier d'Aletsch. La ligne de crête sur son flanc N s'abaisse d'E en W, du Mittaghorn (3865 m), au Lötschenpass (2690 m). La Lonza, émissaire du Langgletscher grossit le Rhône de ses eaux, après avoir franchi une étroite et profonde gorge transversale.

Quelque 10 km en aval, le Rhône reçoit encore la Dala, rivière qui draine la région de Leukerbad.

Les glaciers

La portion des Alpes qui nous intéresse peut être considérée comme un des «châteaux d'eau» de l'Europe. Sur une centaine de kilomètres carrés, dans la partie orientale de la région, trois importants cours d'eau prennent naissance: le Rhône, l'Aar et le Tessin. Dans chaque cas, des glaciers se trouvent à l'origine de ces rivières.

Le bassin du Rhône lui-même est occupé par de nombreux glaciers, dont le plus grand et le plus long glacier des Alpes, le glacier d'Aletsch.

Nous avons dans un ordre décroissant de leur superficie:

Glacier d'Aletsch	87 km ²	24,7 km de longueur
Glacier de Fiesch	33 km ²	16 km de longueur
Oberaletschgletscher	22 km ²	9 km de longueur
Glacier du Rhône	17 km ²	10 km de longueur
Langgletscher	10 km ²	8 km de longueur

En tout, 185 glaciers ont été recensés dans les limites du terrain étudié. Ils se répartissent comme suit:

- 161 glaciers inférieurs à 1 km²
- 19 glaciers supérieurs à 1 km² et inférieurs à 10 km²
- 5 glaciers supérieurs à 10 km²

Bassin de réception	Surface en km ²	Surf. engl. en km ²	%	Alt. moy. du bassin
Vallée de Conches	299,7	41,5	13,9	2350
Fieschertal	83,9	38,8	46,2	2750
Binnatal	117,0	6,7	5,7	2300
Massotal	205,1	128,5	62,6	2950
Saltina	77,7	3,9	5,0	2150
Nanztal	38,5	1,1	2,9	2300
Val. lat. rive dr.	112,5	13,2	8,5	2110
Lötschental	162,4	32,1	19,8	2400
Dala	57,6	1,2	2,0	2000
Total	1370	267	19,5	

Tabl. I. Taux d'englacement et altitude moyenne des bassins de réception.

Ces chiffres sont tirés de MÜLLER F., CAFLISCH T., et MÜLLER G. (1976). Grâce à l'Annuaire d'hydrologie du Bassin du Rhône (1898) il est possible de comparer les taux d'englacement des différents bassins de réception du Rhône et de ses affluents. L'influence de l'altitude moyenne de chaque bassin sur le taux d'englacement ressort clairement du tableau I ci-après.

Aperçu géologique

Le bassin du Rhône haut-valaisan appartient en grande partie à la zone des massifs cristallins centraux.

Toute la rive droite du Rhône jusqu'en aval de Brig est taillée dans le Massif de l'Aar, grand dôme de roches prétriasiques. Il culmine dans la région du glacier du Rhône, s'enfonce vers l'W, pour disparaître quelques kilomètres à l'W du Lötschental sous les séries sédimentaires de l'Helvétique.

Au S du Massif de l'Aar, à la hauteur de la vallée de Conches, un autre massif cristallin affleure: le Massif du Gotthard.

Pincé entre ces deux cœurs cristallins, un synclinal de roches sédimentaires, la «zone d'Urseren», va déterminer le cours du Rhône, jusqu'en aval de Fiesch. Cette zone tendre est relayée jusqu'à Brig par la couverture du Massif du Gotthard.

La direction du Rhône qui est NE-SW jusqu'à Brig, passe, après un léger coude, à une direction E-W en aval de cette ville. La vallée

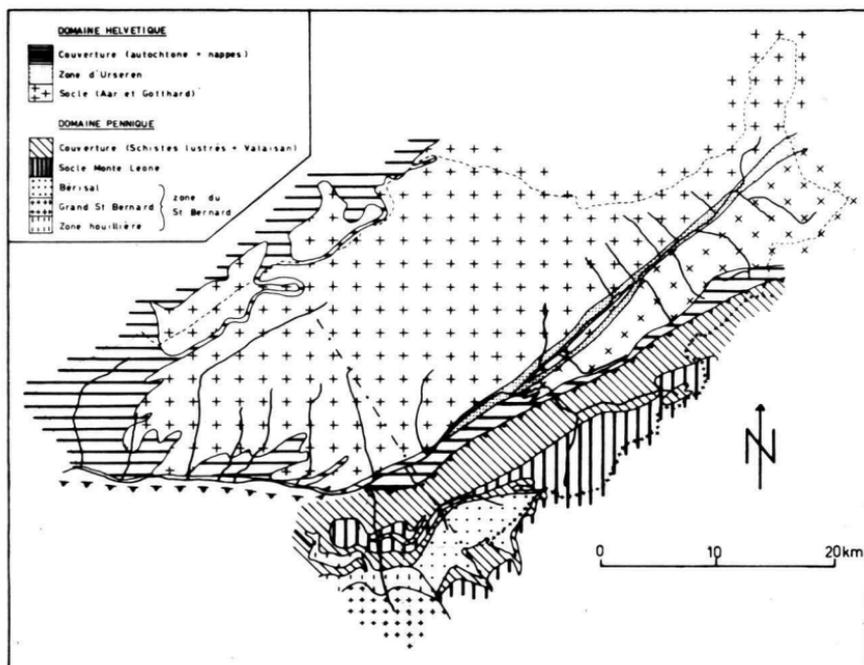


Fig. 1b Esquisse tectonique d'après la «Carte tectonique de la Suisse», au 1 : 500 000 de la Commission Géologique Suisse.

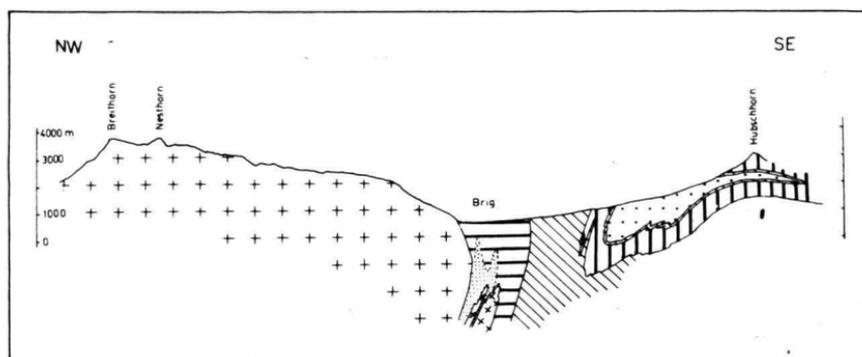


Fig. 1c. Esquisse structurale simplifiée, d'après A. STECK (1979). L'échelle de la coupe est double de celle de la carte, les légendes sont identiques.

est alors déterminée par un accident majeur des Alpes: le chevauchement du domaine pennique sur l'Helvétique.

Le Pennique, qui affleure aussi au S du Massif du Gotthard, est constitué par un empilement fort complexe de nappes de socle et de couverture (voir fig. 1 b et c).

L'extrême complexité des structures géologiques, de même que leur distribution à la surface du terrain étudié ont une conséquence désagréable. L'étude pétrographique des accumulations meubles que l'on peut faire sur le terrain ne va pas donner des résultats faciles à interpréter. En effet, comme le montre la fig.2, la répartition des différentes espèces pétrographiques est assez étendue. Il est difficile de différencier un granite du Massif de l'Aar d'un granite du Massif du Gotthard, de même qu'un gneiss peut avoir de nombreuses provenances.

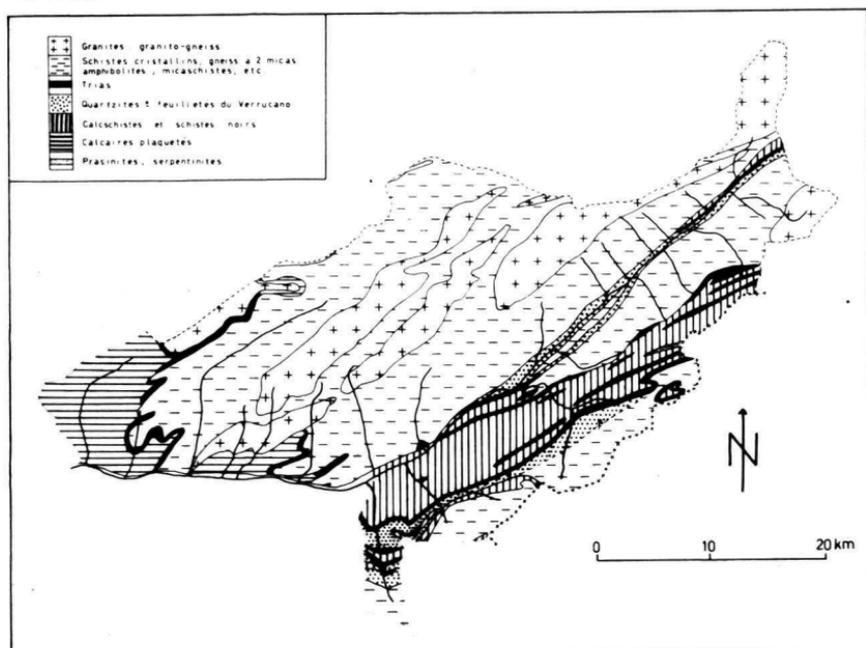


Fig. 2. Carte pétrographique simplifiée.

Historique

Les pionniers

Les premières grandes découvertes dans le domaine des glaciers furent celles du savant zurichois SCHEUCHZER (1672-1733). C'est en physicien qu'il s'y intéressa et qu'il aborda à peu près tous les aspects de la question, formation du glacier, stratification de la glace, crevasse, mouvement alternatif d'avance et de recul des glaciers. BORDIER en 1772, à la Mer de Glace, reconnut aussi la ductilité de l'amas de glace qu'il avait sous les yeux.

Les premières observations à propos des moraines datent de 1803. Elles sont le fait de H-B de SAUSSURE, qui, bien qu'il n'ait pas expliqué de manière satisfaisante le mécanisme d'avance des glaciers, a fait le rapprochement entre la présence d'anciennes moraines et une plus grande extension du glacier. Mais toutes ces observations se limitaient au proche environnement du glacier.

Trente ans plus tard VENETZ émit l'idée d'une beaucoup plus grande extension des glaciers. A l'origine de cette découverte, il y a la rencontre de l'ingénieur valaisan avec PERRAUDIN. Ce chasseur de la vallée de Bagnes pensait voir dans les moraines des parties basses des vallées, les traces d'une ancienne grande extension des glaciers. Déjà en 1802 PLAYFAIR avait invoqué un transport glaciaire pour les blocs erratiques alpins trouvés au pied du Jura. Mais ce texte n'eut pas le retentissement de la communication de VENETZ, qui fut véritablement le point de départ de très nombreux travaux, tant dans le domaine de la glaciologie que dans celui, plus large, des anciennes extensions des glaciers.

A part l'ouvrage important de DE CHARPENTIER (1841), qui était plutôt tourné vers le bassin lémanique et les traces d'un ancien glacier du Rhône qu'on pouvait y trouver, les recherches les plus marquantes de ce milieu du 19^e siècle eurent pour théâtre le massif de l'Aar.

Les recherches dans le Massif de l'Aar et le Haut-Valais

Dans le domaine de la glaciologie, c'est au glacier de Lauteraar qu'AGASSIZ et ses amis établirent leur camp de base, le fameux Hôtel des Neuchâtelois, à partir duquel ils firent les observations et mesures qui aboutirent à la publication, en 1840, de l'«Etudes sur les glaciers».

Le glacier d'Aletsch attira l'attention de HOGARD, du physicien TYNDALL et du Prince Roland BONAPARTE. Puis dès 1874, le glacier du Rhône fut l'objet de mensurations détaillées. Dès 1880, sous l'impulsion de FOREL, de nombreux glaciers suisses vont être suivis avec attention par les nombreux collaborateurs bénévoles du savant morgien. Ces études se sont poursuivies jusqu'à nos jours et il faut citer les noms de MERCANTON, RENAUD et KASSER qui sont les plus connus.

Dans le domaine des anciennes extensions glaciaires, la haute vallée du Rhône a aussi été l'objet de recherches, mais qui aboutirent rarement à des synthèses mémorables. Certes VENETZ en 1833 et en 1858 avait déjà vu et expliqué bon nombre de dépôts morainiques de notre région. GERLACH, en 1883, reprenait aussi la description des dépôts les plus frappants. De même von FELLEBERG (1893) remarquait et tentait d'expliquer de très nombreuses accumulations quaternaires.

La grande synthèse, connue de tout le monde, est celle de PENCK et BRÜCKNER, datant de 1909. Dans cet imposant ouvrage, il n'est pas fait allusion à de nouvelles observations concernant notre région. Les auteurs attribuent simplement des noms de stades définis en Autriche, aux restes morainiques décrits par VENETZ 50 ans plus tôt.

En 1919, SWIDERSKI publie, en même temps que la carte géologique de la partie occidentale du massif de l'Aar, une synthèse du Quaternaire de la région du glacier d'Aletsch. Les stades qu'il décrit portent les mêmes noms que ceux définis par PENCK et BRÜCKNER. Ce travail très complet au niveau des observations, n'inspire malheureusement pas ses successeurs. Les travaux qui suivirent étaient motivés par une aspiration commune: trouver dans la morphologie de la vallée du Rhône et des vallées adjacentes, les traces des anciens fonds de vallée, correspondant à chaque époque glaciaire du schéma de PENCK et BRÜCKNER. C'est ainsi que MACHATSCHKE et STAUB (1927), BÖGLI (1941), GERBER (1944) et avant eux NUSSBAUM (1910) et HESS (1913), ont tenté de raccrocher tel épaulement à telle glaciation, telle gorge à travers un verrou à tel interglaciaire.

A la même époque, signalons tout de même le travail très fouillé de KINZL (1932), à propos des positions des glaciers lors des derniers siècles.

Plus récemment, notre région a intéressé deux morphologues. SALATHE, en 1961, dans le cadre d'une thèse, s'est essayé à faire la synthèse des stades glaciaires dans les Alpes suisses. Il donne une description détaillée des moraines dans les vallées alpines, en essayant lui aussi de les rattacher à des noms de stades connus. PENCK et BRÜCKNER avaient calculé l'altitude théorique de la limite des neiges persistantes pour chacun de leurs stades. SALATHE essaie de contrôler l'exactitude de ses corrélations grâce à ces mêmes valeurs.

Quant à EGGERS (1961), il s'est confiné à certaines régions caractéristiques du Valais et en a fait une description détaillée. C'est ainsi qu'il s'est attaché à donner une explication concernant les terrasses

morainiques de la région de Brig et de la Haute Vallée de Conches.

Dans le domaine plus purement géographique, nous ne saurions passer sous silence les excellentes études régionales de MARIÉTAN (1936, 1941, 1945, 1960), ainsi que les travaux de DESBUISSONS (1909) et BIERMANN (1907). Si le premier nommé était très attaché à la description du milieu naturel, les deux derniers s'intéressèrent plus particulièrement à l'aspect humain des régions étudiées.

La nomenclature des stades de retrait ainsi que la question de leur datation ont fait l'objet de très nombreuses publications. Un essai de synthèse de ces articles introduit le chapitre «Reconstitutions paléogéographiques», à la fin du présent article.

DESCRIPTION DES FORMES ET DES DÉPÔTS LIÉS AUX GLACIERS

Les formes et dépôts liés aux glaciers sont constitués de crêtes morainiques (vallums), de sédiments fluvio-glaciaires ou glacio-lacustres, ou de placages morainiques plus ou moins épais, masquant la roche en place. Plus ces dépôts sont récents, plus leur altitude est élevée et plus facile est leur identification sur le terrain. Après une cartographie minutieuse des délaissés, il est possible de relier entre eux certains restes, témoins de l'occupation des vallées par un certain volume de glace. Cette opération sera traitée dans le dernier chapitre, après que soient décrits, ci-dessous, les délaissés les plus importants. La terminologie utilisée pour cette description se rapproche de celle de BURRI (1974). C'est-à-dire, en allant de la proximité du glacier vers l'aval:

- le stade des moraines élevées
- le stade des moraines intermédiaires
- le stade des moraines basses.

Les qualificatifs ont trait à la position des moraines frontales d'amont en aval, et non à l'altitude des cordons latéraux.

Pour des raisons pratiques, la région a été morcelée en quatre ensembles distincts:

- La vallée de Conches, jusqu'à la confluence du Mühlebach (plus loin «VALLÉE DE CONCHES»).
- Les bassins versants de la Weisswasser et de la Massa, ainsi que la rive droite du Rhône entre Mühlebach et Massa (plus loin «RÉGION ALETSCHE»).
- La rive gauche du Rhône, du Mühlebach jusqu'à la Gamsa (plus loin «RÉGION VALLÉE DE BINN-SIMPLON»).
- La rive droite du Rhône en aval de la Massa jusqu'à la confluence de la Dala (plus loin «RÉGION LÖTSCHENTAL»).

Une carte, où sont consignés les formes et les dépôts liés aux glaciers, a été dessinée pour chacune de ces régions. Une seule, celle de la «région Aletsch», figure dans le présent article; les autres peuvent être consultées dans le texte complet. Il en est de même pour la localisation exacte des formes ou dépôts cités, qui y sont tous accompagnés de leurs coordonnées.

Vallée de Conches

Stade des moraines élevées

Sous ce nom sont regroupés les vallums morainiques visibles dans la proximité immédiate des glaciers. Ces restes sont courants et bordent tous les glaciers et névés actuels.

Les vallums les plus célèbres sont certainement ceux laissés par le glacier du Rhône sur le plateau de Gletsch. De la chapelle, en remontant le Rhône, le chemin recoupe 3 crêtes basses, colonisées par la végétation, qui forment de jolis arcs frontaux à environ 2 km du front actuel du glacier. Ces arcs se suivent relativement mal sur les flancs du vallon de Gletsch, pour se raccorder à des lambeaux de moraine latérale. Dans leur prolongement en amont du front, de part et d'autre du glacier, une grosse crête latérale court à quelque 60 m au-dessus de la surface de la glace.

Trois crêtes morainiques parallèles, basses, légèrement arquées, marquent aussi les positions du Griessgletscher lors de ce stade des moraines élevées. A 1995 m d'altitude, au bas d'un verrou très raide, elles sont les traces d'un des lobes du glacier. En effet, la moraine

latérale droite qui borde le glacier et le Griessee, souligne deux autres exutoires du glacier; l'un, au S, par le Griesspass, l'autre, de faible importance, vers l'E, par le Cornopass.

Ce schéma se retrouve dans la majorité des cas, bien que toutes les marges proglaciaires ne soient pas aussi «pédagogiques». Bien souvent, le proche environnement du glacier n'est marqué que par une ou deux séries de crêtes morainiques plus ou moins parallèles, l'arc frontal ayant généralement disparu. Certains de ces vallums, non couverts de végétation pour la plupart, se repèrent très bien sur les cartes au 1 : 25000.

Des tronçons de la ligne de crête, actuellement sans glace, sont jalonnés de petits cirques, fermés à l'aval par une, deux ou rarement trois crêtes morainiques concentriques. C'est le cas, en particulier, de la ligne de crête en rive droite du Rhône, du Grimselpass au Münstigertal.

La multiplicité des restes correspondant à ce stade montre bien qu'il n'y a certainement pas eu un seul mouvement des glaciers. Nous reviendrons sur ce point dans le chapitre des reconstitutions paléogéographiques.

Stade des moraines intermédiaires

Il n'est plus besoin de fréquenter les sommets pour rencontrer les témoins de ce stade. Si la couverture végétale et même la colonisation par l'homme ont tendance à les camoufler, leur taille par contre, beaucoup plus considérable qu'au stade précédent, attire l'attention. D'une manière générale, chaque vallée possède des restes marqués de ce stade.

Dans Conches même, une grosse crête surbaissée, aux pentes douces, barre partiellement la vallée. Le curieux village (parce que le seul de la vallée aux maisons de pierre) d'Obergesteln, établi sur cette éminence, domine ainsi la plaine alluviale d'une quinzaine de mètres. VENETZ (1858) avait déjà reconnu dans cette crête une moraine frontale du glacier du Rhône.

Quelques kilomètres en aval, à Ulrichen, au débouché de l'Aeginental, trois petites crêtes fines en rive gauche de l'affluent du Rhône et une en rive droite semblent être les traces du Griessgletscher.

Ce sont là les seuls restes repérables dans le fond de la vallée de Conches. Dans presque toutes les vallées adjacentes, des vallums latéraux symétriques, quelquefois même avec un arc frontal, se marquent sur les flancs et dans le fond de la vallée.

En rive droite du Rhône, les vallums frontaux des vallées latérales avoisinent la cote 2000. Font exception les 3 vallées occupées actuellement par des glaciers (Münstigertal, vallée du Reckingerbach et Bieligertal), dont les moraines marquent des fronts entre 1500 et 1700 m.

En rive gauche, les restes sont aussi assez constants. Dans la vallée de Geren et celle de son affluent, le Gonerli, les vallums latéraux, ou ce qu'il en reste, sont perchés assez haut sur les flancs. Au débouché dans la vallée du Rhône, une crête se suit dans la forêt au S d'Oberwald. Proche de 1600 m, elle indique non seulement la cote du glacier principal, mais aussi sa confluence avec le glacier sortant de la vallée latérale.

Stade des moraines basses

Le fond de la vallée de Conches, en aval d'Obergesteln, n'autorise pas l'espoir de trouver l'arc morainique qui indiquerait la position du front du glacier au stade des moraines basses. Les cônes récents se succèdent de si près qu'il faut se résigner: les dépôts morainiques ont été remaniés. Les vallées latérales n'offrent pas de meilleures conditions apparemment: aucun arc frontal «à se mettre sous le crayon». Mais si les dépôts correspondant à ce stade manquent de clarté, ils sont quand même assez abondants. C'est presque exclusivement sur les flancs de la vallée principale qu'ils sont accrochés.

Les flancs raides de Conches montrent généralement, sous faible couverture, la roche en place, affectée, en rive gauche, de nombreux tassements. A 1500 m. environ, en rive droite et, dans une moindre mesure, en rive gauche, les affleurements sont masqués par un placage morainique d'épaisseur variable. Principalement localisés au débouché des vallées latérales, ces dépôts présentent une morphologie complexe.

La région de Blitzingen donne une bonne image de ces dépôts liés au stade des moraines basses (fig.3). De 1500 à 1400 m, c'est la morphologie de grosses crêtes dues à l'érosion d'un cône. Ce cône est constitué par le matériel de la moraine latéro-frontale d'un glacier

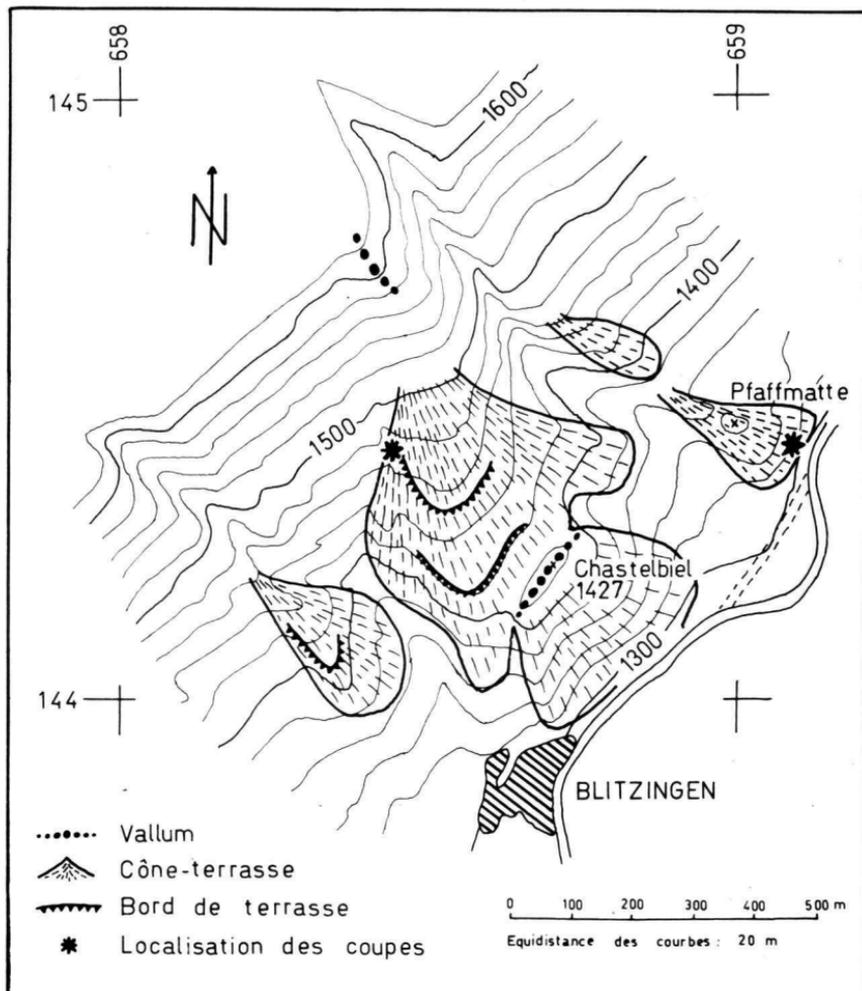


Fig. 3. Les dépôts de la région de Blitzingen.

qui débouche de la vallée latérale. Ce sont des gneiss, des gneiss œillés, des granites et un bloc d'amphibolite. Le tri et la stratification observés sont le fait des eaux de fonte (fig.4).

Un reste du vallum latéral du glacier local détermine la morphologie entre 1620 et 1560 m d'altitude; une coupe montre une grosse accumulation de moraine sablo-limoneuse grise, avec graviers, cailloux et blocs assez nombreux. L'ensemble est très mélangé et de même nature pétrographique que le cône. Celui-ci était appuyé

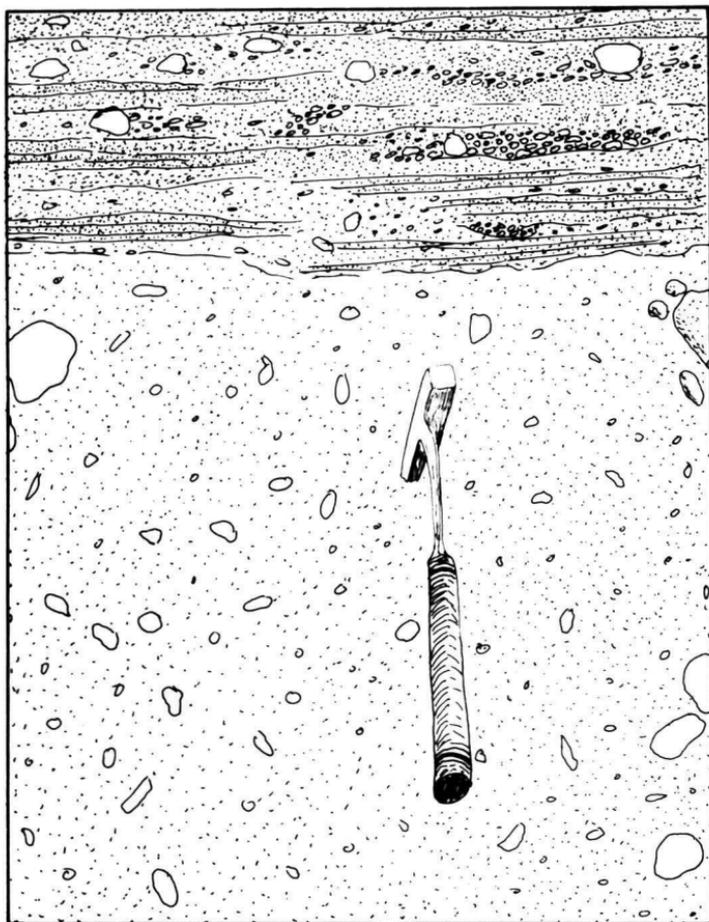


Fig. 4. Coupe dans le cône-terrasse au N de Blitzingen (voir la localisation sur la fig. 5).

contre le glacier qui occupait la vallée principale, comme l'indiquent les niveaux de terrasse dont il est affecté, à 1450 et 1420 m. Une crête parallèle à la vallée de Conches, Chastelbiel (1427 m) doit représenter une moraine latérale du glacier principal. Plus bas, la moraine qui se dépose lors de la fonte de ce glacier continue à être triée par les eaux de fonte, comme à Pfaffimatte.

Ces cônes et ces terrasses, qui se suivent tout au long de la haute vallée du Rhône, sont les lambeaux d'une terrasse glaciaire et fluvio-glaciaire. Leur étagement atteste d'une fonte relativement lente de la

masse de glace qui occupe le fond de la vallée. La présence de moraine latérale à Pfaffimatte par exemple, semble indiquer une diminution progressive du volume du glacier et non la fonte d'une masse de glace morte. Pour les dépôts du maximum de ce stade et du début de son retrait, c'est surtout au débouché des vallées latérales qu'ils sont bien développés; c'est à ces endroits que l'apport de matériel était important.

Les grosses accumulations sous forme de cône diminuent de taille et d'altitude en aval de Blitzingen. A Niederwald, les dépôts débutent à 1450 m; au N de Steinhaus en rive gauche, à 1360 m seulement.

A Mühlebach enfin, l'église est construite sur un vallum morainique d'un glacier débouchant du Rappental, à en juger par l'échantillonnage pétrographique. Les gneiss très plissotés et le bloc de serpentinite ne sont pas d'origine concharde.

Où s'est arrêté le glacier du Rhône alors? Peut-être entre Niederwald et Steinhaus; les deux petites collines, isolées dans une large prairie, au bord de la gorge du Rhône, en rive gauche, pourraient être les traces d'un arc frontal. Aucune éraillure ne permet de s'en assurer, mais l'absence totale d'affleurement rocheux tend à faire croire à cette hypothèse. Quoi qu'il en soit, ces restes sont bien maigres, à l'image de tous ceux de ce stade dans la vallée.

Région d'Aletsch

Stade des moraines élevées

Le fort taux d'englacement actuel de cette région a pour corollaire immédiat que les vallums morainiques de ce stade haut dans les vallées sont très nombreux (Voir fig.5).

Glacier de Fiesch

Sur les bords du glacier de Fiesch, quelque 50 à 60 m au-dessus du niveau de la glace, des lambeaux de moraine latérale sont accrochés sur les flancs rocheux.

Les versants sont occupés par des glaciers qui ont abandonné, eux aussi, de grosses accumulations de matériel meuble, sous forme de crêtes, quelquefois multiples.

Actuellement la langue terminale du glacier de Fiesch, complètement recouverte de moraine, butte contre un imposant verrou qui le domine d'environ 50 m. Cette barre de gneiss, superbement polie, est parcourue d'un réseau de stries extrêmement complexe. Généralement fines, ces stries, indiquent, 5 m au-dessus du glacier un contournement de l'obstacle par la masse de glace; de là vers le sommet du verrou, leur direction devient progressivement perpendiculaire, caractéristique du débordement de la glace.

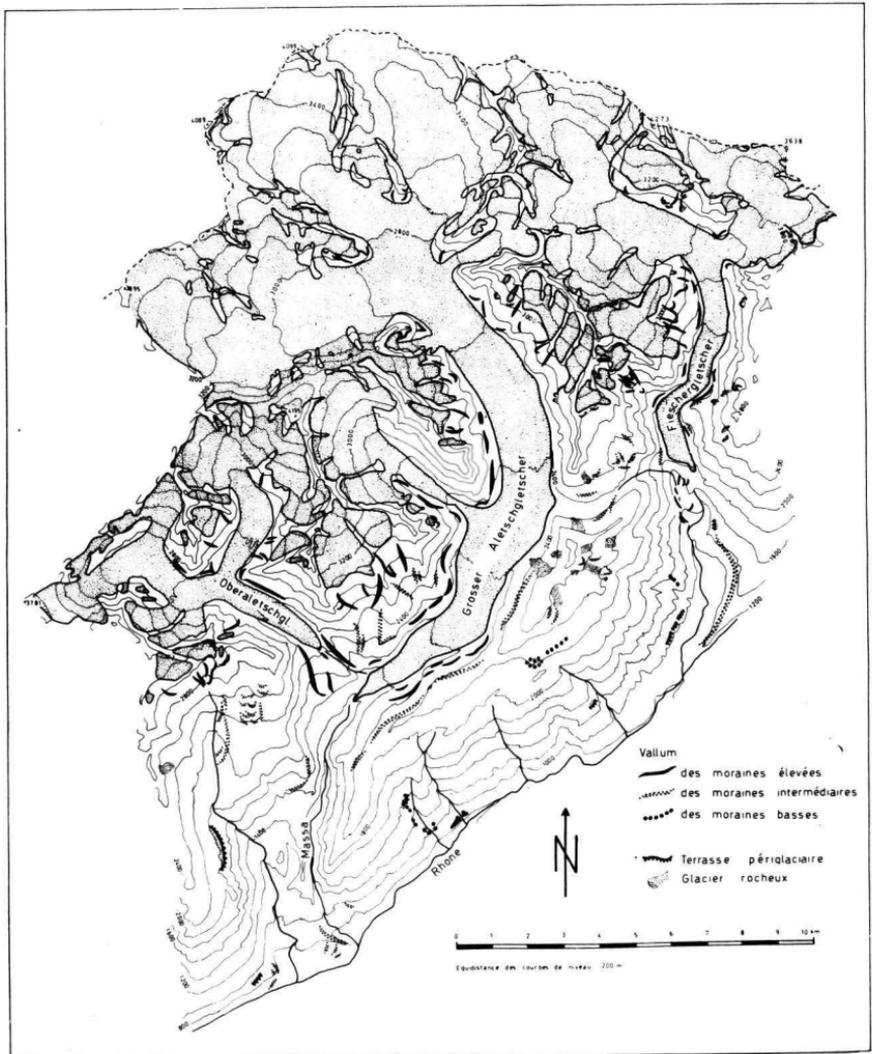


Fig. 5. Dépôt et formes liés aux glaciers de la région d'Aletsch.

Passée cette barre rocheuse, un sentier descend plein S, vers le fond de la vallée de Fiesch. La végétation reprend ses droits, mais elle n'empêche pas de repérer dans les affleurements rocheux, d'anciennes surfaces polies, dont les stries sont absentes. Seules les grosses cannelures sont encore visibles, mais la surface est altérée.

C'est un tout autre aspect que prend un affleurement de granito-gneiss dans le vallon W qui prolonge le glacier. La surface paraît «sortir du polissage», et pourtant elle émerge elle aussi de la végétation. L'explication tient certainement à la présence, dans le proche voisinage, d'un vallum de 300 m de long, en rive droite du vallon. En aval, deux autres crêtes morainiques aboutissent à 1300 m d'altitude. Ce sont là, perdues en pleine forêt, les traces du front du glacier de Fiesch au stade des moraines élevées.

Glacier d'Aletsch

Ce stade s'observe très bien en bordure du glacier d'Aletsch, surtout dans la moitié aval de sa langue. De part et d'autre, une crête morainique frappe par son absence presque totale de végétation, 100 à 200 m au-dessus du niveau actuel de la glace. Dans certains endroits privilégiés, la multiplicité de ce stade est soulignée par une série impressionnante de rides parallèles à l'écoulement de la glace. C'est le cas en rive gauche, au NE de Riederfurka par exemple.

La recherche d'un arc frontal du plus long glacier des Alpes se révèle vaine. Cela tient à deux faits : – la topographie: la Massa, émissaire du glacier d'Aletsch coule dans une gorge étroite dès son apparition au front du glacier; – la présence de l'homme qui a noyé la portion de la gorge susceptible de fournir des restes.

La quantité et le volume des glaciers latéraux dans le bassin d'Aletsch sont en relation avec le nombre de très belles crêtes morainiques latérales qui frappent l'œil. Toujours bien visibles dans la proximité des appareils, rarement couvertes de végétation, elles n'offrent pas de problème pour la cartographie.

Stade des moraines intermédiaires

L'ambiguïté de la terminologie utilisée pour cette description des dépôts et formes liés aux glaciers, ressort nettement de la fig. 5. Les moraines intermédiaires se situent fortement en aval des fronts actuels, contrairement aux moraines élevées, déposées dans leur proximité. Mais les vallums latéraux sont topographiquement plus hauts que les précédents en bordure des glaciers de Fiesch et d'Aletsch.

Glacier de Fiesch

Le long du glacier de Fiesch, les restes des vallums latéraux de ce stade sont ténus.

C'est en aval de la zone englacée actuelle que le glacier de Fiesch a abandonné les plus beaux témoins de son extension. La vallée de la Weisswasser est séparée de celle du Haut-Rhône par une imposante crête, à la terminaison de laquelle est construit le village de Fiesch. Son aspect est si caractéristique que VENETZ (1858) avait déjà reconnu en elle une moraine latérale. Si cette observation est vraie, elle ne l'est que partiellement. Il suffit de monter sur la crête, par n'importe quel côté, pour constater que le vallum, bien que de dimensions importantes, ne fait que coiffer un noyau rocheux de schistes plaqués. Malgré tout, le matériel morainique, allant des blocs de l'ordre du mètre cube jusqu'aux sables, sans aucun tri observable, se suit de manière admirable de Fiesch à Eggen, en passant par Bodmen. Ces deux hameaux occupent une zone plate dont l'origine est probablement due au remplissage, par l'éluvion, de la dépression située entre le vallum et la pente. Plusieurs essais de sondage le font supposer. A Eggen, il s'agit peut-être de matériel morainique, déposé sous forme de terrasse glaciaire, à en juger par la faible tranche pénétrable par la sonde Hiller.

C'est en tout cas sous cette forme qu'apparaît l'équivalent en rive droite de Gibelegg. Les trois lambeaux de terrasse entre 1290 et 1260 m, derniers témoins de ce stade, ont été déboisés et transformés en pâturage.

La localisation du front du glacier s'avère vaine. Quelques éléments épars autorisent une hypothèse :

- de Fiesch à Lax, les torrents entaillent des dépôts morainiques.
- à Lax, l'épaisse accumulation de matériel meuble semble correspondre à un vallum frontal remanié par les eaux de fonte. C'est en tout cas ce qu'indique la courbe granulométrique.
- dans tous les dépôts, l'analyse pétrographique suggère une origine dans le Massif de l'Aar.

Il semble donc que le glacier s'est arrêté à Lax.

Glacier d'Aletsch

Le glacier d'Aletsch attire chaque année des centaines de milliers de touristes certainement. Nombre d'entre eux, parmi les moins fainéants, ont « foulé la moraine ». En effet, le long du versant gauche du vallon occupé par le glacier, entre l'Eggishorn et le Riederhorn, court

une crête morainique latérale, presque ininterrompue. Sa cote témoigne d'une différence d'épaisseur de glace de plus de 300 m avec le glacier actuel.

Au N de l'Eggishorn, le petit vallon de Märjelen est lui aussi bordé par des lambeaux de vallums, correspondant à ce stade. Celui du S amorce une fermeture à son extrémité W prouvant ainsi que la transfluence du glacier d'Aletsch dans la vallée de la Weisswasser était, sinon inexistante, du moins extrêmement faible.

Le vallum latéral de la rive droite du glacier d'Aletsch est beaucoup moins spectaculaire. Par petites touches, il apporte la confirmation de la cote de la glace et souligne la confluence avec le Triestgletscher. Au bas des cirques de ce glacier et de son voisin oriental, de beaux vallums justifient la nomenclature utilisée, par leur position, environ 500 m en aval des restes du stade des moraines élevées.

Le sentier depuis l'Hôtel Belalp, en direction de Blatten, emprunte, sur plus d'un kilomètre, la suite de cette moraine latérale droite. D'abord très raide, elle devient sub-horizontale à Eggen, créant un barrage qui a été comblé. C'est dans le marais qui s'y est développé que WELTEN a effectué le sondage auquel il est fait allusion dans la partie traitant des reconstitutions paléogéographiques. La direction du vallum à Eggen implique que les restes du front du glacier sont à chercher nettement en aval.

Le village de Naters est bordé à l'E comme à l'W par les reliques du stade des moraines intermédiaires du glacier d'Aletsch. Si les restes occidentaux sont ténus (trois petits vallums parallèles, à 900 m d'altitude, dont un se prolonge jusqu'au niveau du Rhône), c'est le vallum oriental, Massegga, qui attire l'attention. Mais comme pour Gibelegg, cette grosse crête est aussi en partie en place, à en juger par le gypse qui affleure à son extrémité aval. Un autre affleurement près de l'extrémité de la gorge de la Massa, montre même la trace d'une ancienne gorge, peut-être due au Rhône.

La complexité de la morphologie de la région de Naters (fig. 6) fait penser que Massegga est en réalité le vallum latéral droit d'un lobe du glacier qui occupait la région de la gorge actuelle de la Massa. Son existence est confirmée par la présence sur la rive gauche de la Massa, d'un affleurement à 1010 m montrant une pétrographie du type bassin d'Aletsch.

Le lobe oriental devrait construire les petites crêtes de Weingarten (lieu-dit que VENETZ (1833) invoque pour appuyer sa thèse à propos des périodes chaudes passées).

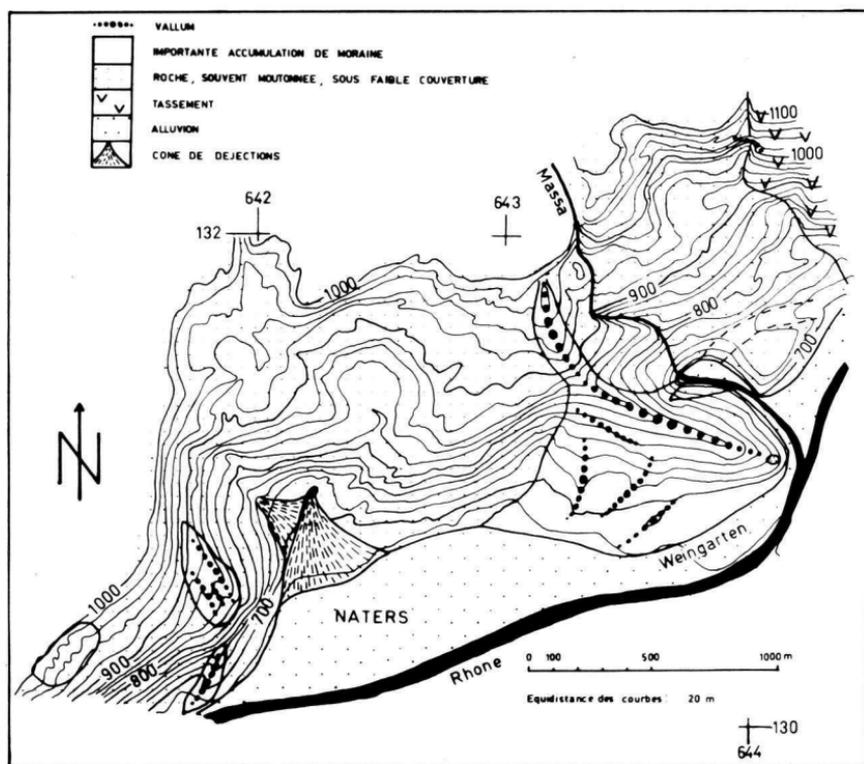


Fig. 6. Région de Naters. Restes du glacier d'Aletsch au stade des moraines intermédiaires.

La succession de plusieurs crêtes montre que le stade des moraines intermédiaires n'est pas constitué par une seule avancée, suivie d'une fonte rapide de la glace, mais qu'il est caractérisé par des oscillations dans les limites du maximum.

Stade des moraines basses

Le découpage de la surface du terrain a une incidence importante. Les restes de ce stade pour les glaciers de Fiesch et d'Aletsch seront traités avec la région Vallée de Binn-Simplon, pour la simple raison que c'est sur la rive gauche du Rhône qu'ils sont bien développés.

Malgré tout, la rive droite fournit quelques rares points de repère :

- Sal, au S de Rieder Furka (alt, 1500 m). De grosses accumulations de moraine très mélangée, compactée, fournissent une pétrogra-

phie semblable à celle de Masegga. Ce sont les traces d'un lobe du glacier d'Aletsch qui devait passer la crête par le col de Rieder Furka et dont le front est suggéré par les crêtes morainiques au N de Mörel à 1000 m d'altitude.

– *Le replat de Bettmeralp* a certainement aussi été occupé par le glacier débordant de la crête au SW du Bettmerhorn; c'est ce qu'indiquent le moutonnement de la roche et les crêtes morainiques parallèles à la vallée du Rhône.

Ces restes très ténus seront complétés par les observations relevées en rive gauche du Rhône, que le lecteur trouvera dans la dernière partie du chapitre suivant.

Vallée de Binn – Simplon

Stade des moraines élevées

L'altitude moyenne relativement basse des bassins des Binna, Saltina et Gamsa, et son incidence sur leur taux d'englacement (tableau I de l'introduction), impliquent un développement restreint des restes de ce stade. Comme partout, la marge des glaciers est soulignée par des crêtes morainiques latérales. Les fronts font souvent défaut et les séries de crêtes parallèles sont rares. De plus les délaissés sont à la mesure des appareils, de taille modeste.

Stade des moraines intermédiaires

Bassin de la Binna

Les eaux du tronçon supérieur de la Binna proviennent de trois cirques glaciaires au N et au S de l'Ofenhorn. Les deux torrents septentrionaux sont séparés par une grosse croupe rocheuse: le Mittlenberg. C'est sur ses flancs que les glaciers du stade des moraines intermédiaires ont laissé les plus belles traces. Sur le versant S, un vallum latéral indique une cote de 2000 m pour le Tälligletscher. C'est le seul témoin de grande dimension. En rive gauche, une crête basse, proche de 2000 m semble indiquer que les deux cirques glaciaires, de part et d'autre de l'Ofenhorn, alimentaient une seule langue. Cette dernière devait occuper la moitié du vallon de la haute Binna (en

amont de la confluence avec le Feldbach) à en croire les lambeaux extrêmement ténus qui bordent les deux rives du vallon. Le glacier issu du cirque le plus septentrional n'alimentait pas cette langue. La petite crête morainique à l'extrémité du tronçon NE-SW du vallon, semble bien être le reste d'un arc frontal.

Le Messerbach, dernier affluent en rive gauche de la Binna avant sa confluence avec le Feldbach, draine, dans sa partie supérieure, un superbe cirque d'origine glaciaire, avec des parois de gneiss moutonnés. Ce cirque était en partie occupé par la glace à ce stade; deux val-lums latéraux à 2020 m d'altitude, en sont la preuve.

Ce sont là les seules traces dignes d'intérêt dans le Binnatal.

La Binna reçoit en aval de Binn un affluent majeur, la Längtal-wasser, qui est elle-même alimentée par les cours d'eau de quatre courtes vallées rayonnantes. Les rares restes du stade des moraines intermédiaires montrent que les glaciers qui occupaient le fond de ces quatre vallons n'ont pas conflué.

Bassins de la Saltina et de la Gamsa

Ces vallées ne sont pas plus riches en restes morainiques de ce stade que celles du bassin de la Binna. C'est le Kaltwassergletscher (versant N du Monte Leone) qui a formé les plus beaux vallums. Au-dessous du col du Simplon, un hameau nommé (comme par hasard) Egge est construit sur la moraine latérale droite que l'on peut suivre de la route du col jusqu'à la rivière. Son pendant en rive gauche porte les chalets de Breitlaub.

A l'E du col, quelques accumulations morainiques en forme de crêtes montrent que le glacier du versant N du Hübschhorn n'est pas descendu jusqu'au col.

D'autres crêtes morainiques, soulignant les limites de glaciers de cirque, sont visibles, en particulier sur les flancs du bassin du Nesselbach (au N du Simplonpass), dans le haut du Nanztal et sur le versant N du Mäderhorn. Le replat de Bodmen, sous ce dernier sommet, est jalonné de bourrelets morainiques, mimant trois ou quatre stationnements différents de la masse de glace.

Rive gauche du Rhône

Les petits vallons qui sillonnent le flanc N de la vallée du Rhône entre les confluences avec la Binna et la Saltina, sont soumis à des processus d'érosion très actifs. C'est la raison pour laquelle les dépôts du stade des moraines intermédiaires sont pratiquement inexistantes.

Bassin de la Binna

C'est encore au Mittlenberg qu'il faut aller chercher les traces les plus en amont, du stade des moraines basses. Surmontant le vallum du stade précédent d'une cinquantaine de mètres, une crête morainique latérale se suit bien, sur le flanc S de la croupe rocheuse. Rien dans sa forme, ni dans sa végétation, ne permet de la différencier de celle attribuée au stade vu précédemment. C'est par sa terminaison W que cette différenciation paraît logique. Du vallon de la Turbwasser, au N de Mittlenberg, sortait un glacier qui alimentait le Tälligletscher de l'époque. Cette confluence, à 2200 m d'altitude, est prouvée par la courte crête morainique de direction N-S, perpendiculaire au long vallum latéral du Tälligletscher. Sur la rive droite de la Turbwasser, un cordon morainique long de plus d'un kilomètre, relayé par place par une terrasse, ne peut que renforcer l'image de cette confluence.

Le glacier du Binnatal recevait un affluent de taille: la masse de glace provenant du cirque du Messerbach. Les vallums latéraux des deux appareils le confirment.

Bien que sa position frontale ne soit par marquée par un bel arc typique, le glacier devait s'arrêter dans les environs de Binn. C'est en tout cas ce que suggère la grosse accumulation de moraine, sur laquelle est construit Willeren et qui ressemble à ce que SERET (1965) a appelé cône proglaciaire.

C'est certainement sur les bords de la masse de glace en train de fondre, que se sont formées les terrasses graveleuses qui jalonnent surtout la rive droite de la Binna, en amont de Binn. La coupe de la fig. 7, révélée par l'érosion d'un torrent perpendiculaire à la vallée principale, montre la structure complexe de ces dépôts. La tectonique est sans doute due à des effondrements du dépôt, après la fonte de la glace. Ceci permet de les assimiler à une terrasse de kame. Le matériel est certainement remanié de la moraine latérale: les gneiss œillés, qui accompagnent les calcschistes prépondérants, n'affleurent pas dans la pente en rive droite.

La très grosse terrasse de matériel meuble qui borde le Längtal jusqu'à Heiligkreuz, sur laquelle sont posés les hameaux de Eignen ou de Schapler par exemple, est certainement du même type. (Une coupe révèle des sables stratifiés localement.) L'éventail pétrographique est différent de celui du Binnatal. Ce sont surtout des gneiss à

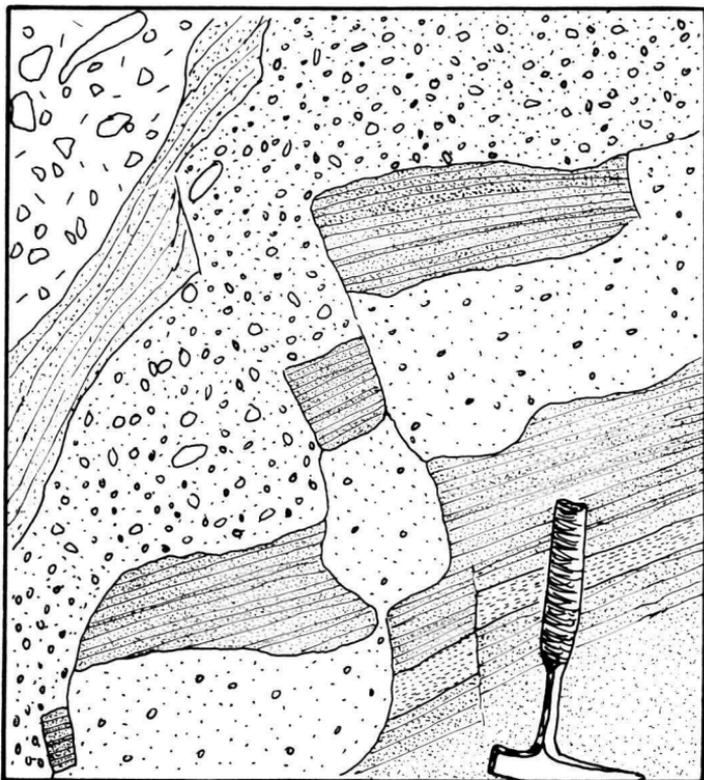


Fig. 7. Figures de fonte dans la terrasse de kame en rive droite de la vallée de Binn.

deux micas et des serpentinites, roches typiques du bassin de la Längtalwasser.

La présence, autour de la confluence de cette dernière avec la Binnna, d'épaisses accumulations de moraine fait supposer que le glacier du Längtal débouchait de sa vallée, «brûlant ainsi la politesse» à celui du Binnatal.

Bassins de la Saltina et de la Gamsa

Le bassin de la Saltina est en réalité drainé par trois rivières qui confluent en amont d'une gorge très étroite (Saltinaschlucht), où elles deviennent la Saltina. Dans aucune de ces trois vallées rayonnantes, les restes du stade des moraines basses ne sont bien représentés.

Le Nanztal, où coule la Gamsa, ne fournit aucun témoin de l'extension de ses glaciers au stade des moraines basses.

Rive gauche du Rhône

— Région de Grengiols

Peu en aval de sa confluence avec la Binna, le Rhône coule dans une gorge dominée par un épaulement. Ce replat, à 1080 m d'altitude en moyenne, où sont construits les villages de Grengiols et Bister, ainsi que de nombreux petits hameaux, frappe par sa morphologie particulière. Les gros vallums morainiques du bassin du Mühlebach et du Bettligraben sont brusquement interrompus à leur débouché sur l'épaulement. En outre leur surface supérieure est rigoureusement horizontale (ce qui est particulièrement frappant dans le vallum gauche du Bettligraben). Soixante mètres plus bas, l'interfluve semble constitué par une terrasse ou un cône très surbaissé.

Cette morphologie fait penser que les glaciers locaux devaient butter contre un obstacle, et que la cote de ce dernier variait. Il s'agit certainement du glacier de Fiesch qui, lors du stade des moraines basses, s'étalait sur le replat de Grengiols-Bister, créant ainsi un barrage.

Cette hypothèse trouve une confirmation dans les observations réunies au bas du Bettligraben. La grosse crête morainique déjà citée est constituée par du matériel très mélangé, du point de vue granulométrique, tout à fait typique d'un vallum. Une estimation de la composition pétrographique donne 85 % de calcschistes et 15 % de gneiss clairs. Ces derniers ne peuvent absolument pas provenir du bassin d'alimentation du glacier du Bettligraben et leur origine la plus probable se situe dans le bassin du glacier de Fiesch, au plus près.

Le torrent du Bettligraben érode le cône surbaissé de 1080 m et révèle la coupe de la fig.8.

Les courbes granulométriques réalisées dans cette coupe, montrent que les limons stratifiés sont typiques d'un dépôt lacustre tranquille. Les argiles à blocs qui les recouvrent ne sont pas tout-à-fait caractéristiques d'une moraine de fond; ceci à cause de la très grande proportion de matériel fin. Ce sédiment se rapprocherait plutôt de la «Schlammoräne» de SCHLÜCHTER (mud till des Anglo-Saxons). L'excès de particules fines provient certainement d'un remaniement des dépôts lacustres sous-jacents. Le sommet de la coupe correspond à une accumulation de type avalancheux.

Il semble évident qu'un glacier occupait la vallée principale, barant le passage aux glaciers latéraux. En outre, il faut que ce stade ait été marqué par des oscillations de la masse de glace pour permettre aux argiles lacustres de se sédimenter.

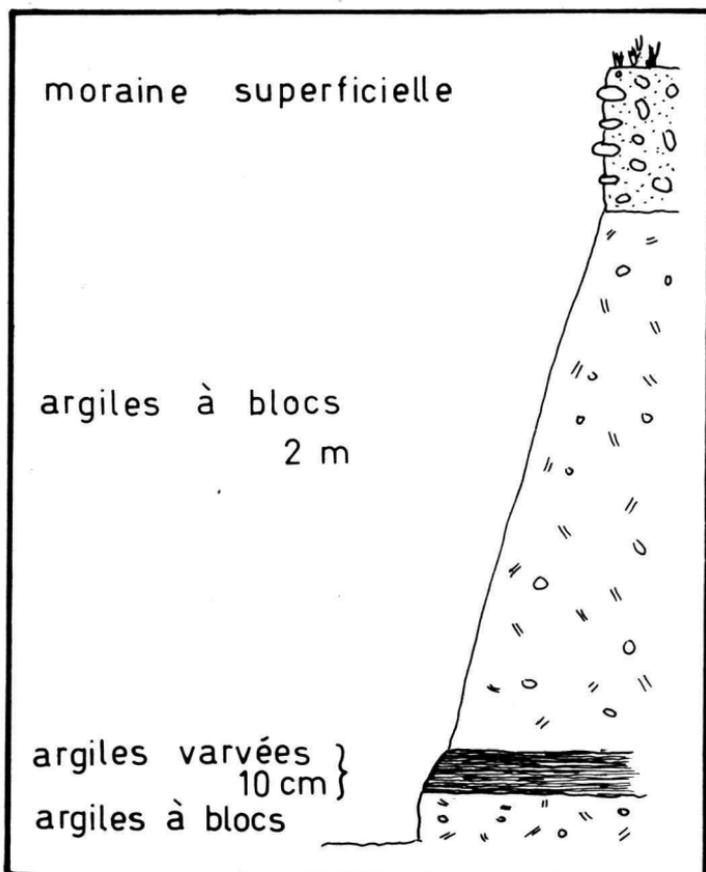


Fig. 8. Coupe schématique livrée par le torrent du Bettligraben.

— Région de Brigue

La vallée du Rhône, très resserrée jusque près de la confluence de la Massa, s'élargit fortement en face de cette rivière. Cette large excavation hémicirculaire (fig.9) est séparée du Rhône par une paroi rocheuse de 150 m de haut dans sa partie nord-orientale; elle se raccorde à la plaine alluviale dans les environs de Brig. L'agent de son érosion et l'origine des épaisses accumulations de matériel meuble qui la tapissent sont des questions qui justifient une étude détaillée.

La route du Simplon, de Brig à son point le plus septentrional, repose sur des roches moutonnées; il s'agit surtout de schistes calcaires. 750 m après le virage en épingle à cheveux, sa construction a

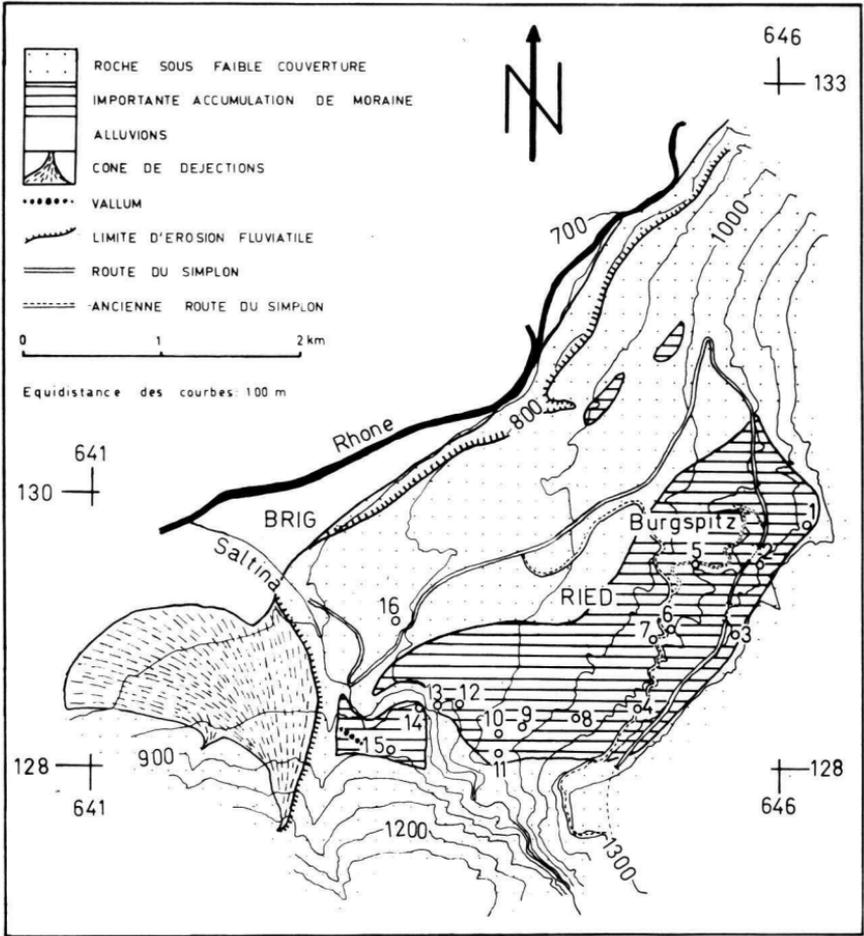


Fig. 9. Rive gauche du Rhône, région de Brigue.

nécessité de nombreux murs de soutènement. Son tracé recoupe en effet une série de crêtes, perpendiculaires à la pente rocheuse et constituées de matériel morainique. La morphologie de ces épais dépôts, mimant des vallums morainiques (fig. 10) n'est en réalité que le résultat de l'érosion par les eaux de ruissellement et les torrents venus de SE.

Cette affirmation s'appuie sur les coupes fournies par les travaux de construction de la route et en particulier par celle relevée dans la crête de Burgspitz (voir la fig. 11).

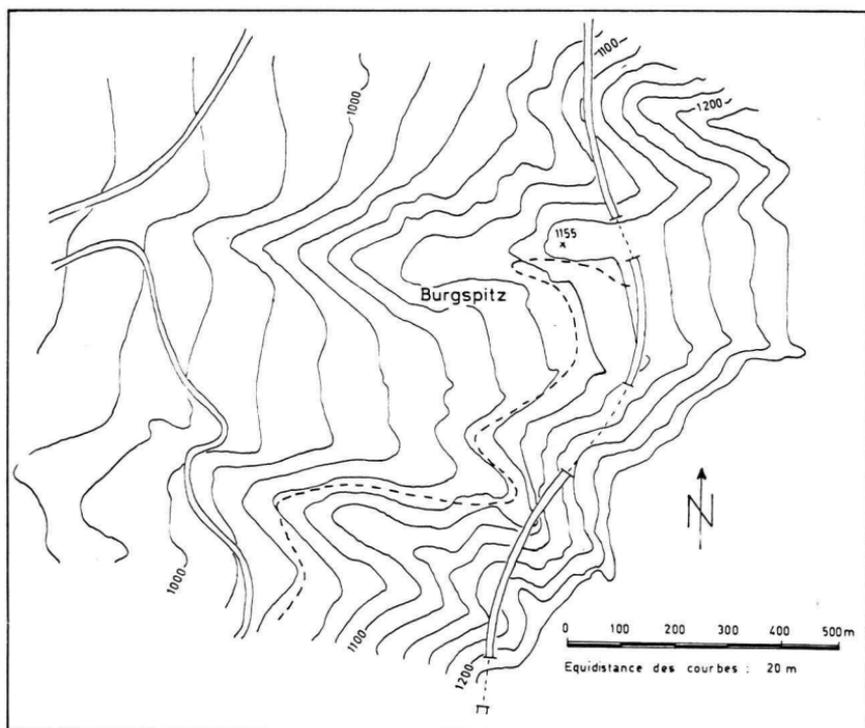


Fig. 10. Détail de la morphologie des crêtes bordant les torrents des Rüfigraben et Bächgraben.

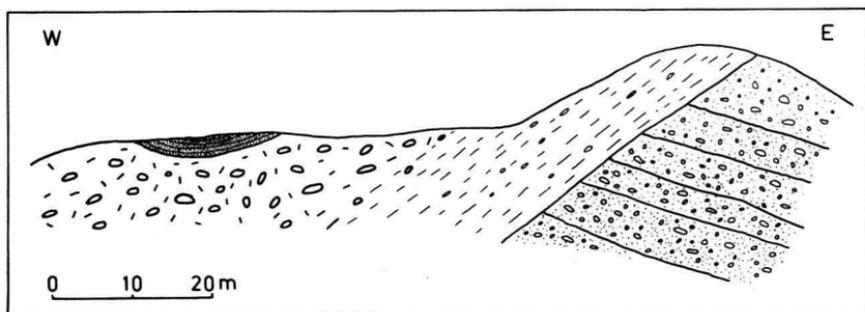


Fig. 11. Coupe schématique de Burgspitz.

Cette crête de Burgspitz est donc composée de trois dépôts d'aspect totalement différent. D'E en W (de droite à gauche sur la fig.11):

– Un ensemble grossier, à matrice sablo-graveleuse, contenant des cailloux et des blocs; la stratification fruste qui le caractérise est

dirigée vers la montagne; sa couleur et sa position justifient l'appellation de «niveau brun inférieur» utilisée par la suite.

– Transgressif, un ensemble limoneux gris, feuilleté parallèlement à sa base; pris dans cette matrice fine, quelques cailloux, plutôt petits; «niveau gris intermédiaire».

– Sans transition brusque, un ensemble à nouveau grossier, plus limoneux que le premier, sans stratification observable; «niveau brun supérieur».

– Ce dernier ensemble est surmonté localement par des dépôts fins, stratifiés.

Les positions relatives des trois ensembles ne trouvent pas de meilleure illustration que dans l'entaille due à la Saltina. Dès son débouché de la Saltinaschlucht, la rivière dessine des méandres encaissés dans la roche en place. Mais le sommet de la coupe qu'elle a fourni, est constitué par une dizaine de mètres de matériel meuble. Les schistes calcaires redressés, sont tapissés de part et d'autre de la gorge, par 5 m de limons gris à rares cailloux, tout-à-fait équivalents au «niveau gris intermédiaire». Par-dessus affleure le «niveau brun

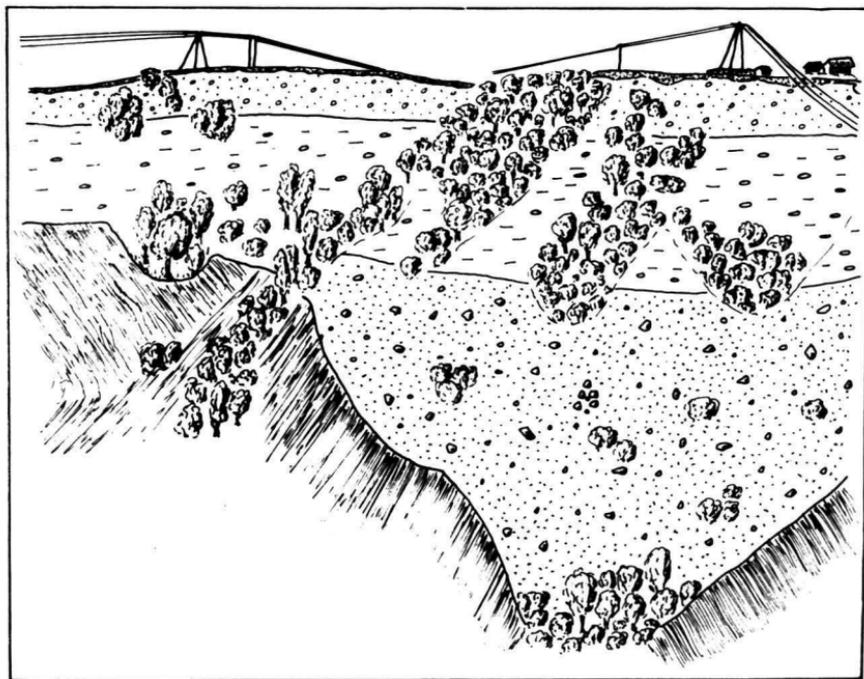


Fig. 12. Coupe de l'ancienne gorge, en rive droite de la Saltina.

supérieur», plus sableux, avec de nombreux éléments grossiers. En un point privilégié, la totalité de la coupe a été préservée. Il s'agit d'une ancienne gorge qui entaille les schistes de la rive droite. Comme le montre la fig.12 sous le «niveau gris intermédiaire», continu, le remplissage de la gorge est grossier.

Pour tenter d'attribuer une origine à ces dépôts, des études granulométriques et pétrographiques ont été effectuées. Les conclusions qu'on peut en tirer sont les suivantes:

- Le «niveau brun inférieur» est constitué d'un matériel grossier, bien lavé, mais qui n'a pas subi un long transport par l'eau.
- Le «niveau gris intermédiaire» est une moraine de fond.
- Le «niveau brun supérieur» montre simplement un enrichissement progressif en matériel grossier de cette moraine de fond.

Si le passage entre les deux niveaux supérieurs semble être progressif, la base du «niveau gris intermédiaire» recoupe de manière franche le «niveau brun inférieur». Très complexe dans le détail, ce contact indique que le glacier a remanié, dans sa moraine de fond, des portions importantes des sédiments sur lesquels il avançait.

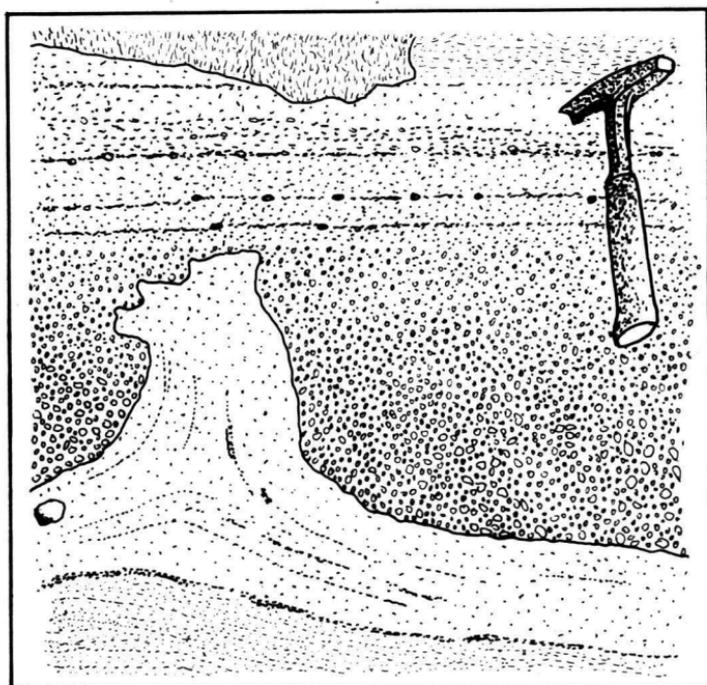


Fig. 13. Couches de Chräjubiél-«plage», cryoturbées.

Vers le SW, le «niveau brun supérieur» montre de plus en plus des traces de tri par les eaux courantes; au point 9 de la fig.9, par exemple, les sables et graviers sont bien stratifiés et présentent des figures de cryoturbation spectaculaires (fig.13). Dans la proximité de la gorge de la Saltina, la glacitectonique a affecté les dépôts.

D'où venait le glacier responsable de ces dépôts? La morphologie de la région, l'étendue des dépôts, leur type de sédimentation, font penser au glacier d'Aletsch. Le replat de Brigue, taillé dans les schistes calcaires de l'Ultrahelvétique, est bordé au N par le massif de l'Aar et au S par les Schistes Lustrés. L'étude pétrographique de ces dépôts devrait apporter des renseignements susceptibles de trancher.

Sur la fig. 14 sont consignés les résultats des analyses effectuées sur le plateau de Brigue. La première constatation qui s'impose, c'est la très grande variabilité locale. Malgré tout, le niveau inférieur contient partout des éléments provenant du massif de l'Aar. Le niveau supérieur (qui regroupe les niveaux «gris intermédiaire» et

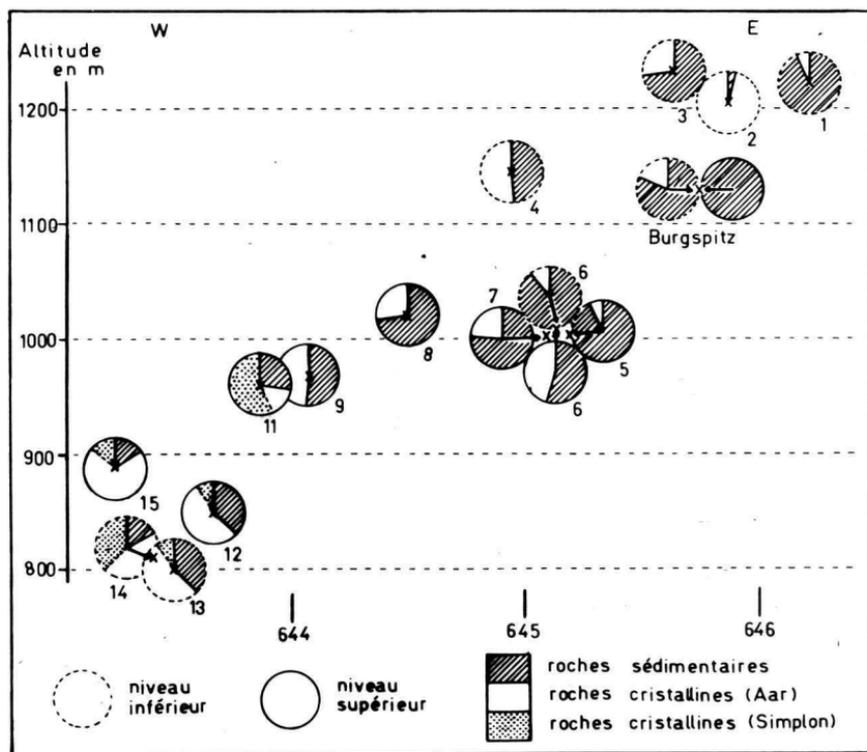


Fig. 14. Distribution des espèces pétrographiques, dans les affleurements du plateau de Brigue.

«brun supérieur») en renferme aussi une proportion variable, sauf à Burgspitz. Il est possible que le glacier d'Aletsch, puisqu'il semble bien s'agir de lui, remaniait à cet endroit du matériel fourni par les torrents des Rüfigraben et Bächgraben, qui tous deux aboutissent dans la région. La forte proportion de calcschistes enregistrée au point 5 ne peut que confirmer cette hypothèse.

De manière générale, plus on s'éloigne de la pente des Schistes Lustrés, plus l'influence du glacier d'Aletsch se fait sentir. De même, dès qu'on atteint les abords de la Saltina, l'influence pennique se manifeste, au travers des micaschistes à grenat et des gneiss gabbroïques.

En résumé, le replat de Brigue est certainement dû, en partie, à l'érosion, par le glacier d'Aletsch, des roches relativement tendres dont il est constitué. Cette érosion ne date pas du stade des moraines basses uniquement. En effet, sur cette surface devait exister un placage morainique ancien, qu'on retrouve piégé dans une ancienne gorge, près de la Saltina et qui affleure jusque vers 1300 m. d'altitude, au S du plateau. Il s'agit peut-être de la cote maximale du glacier de cette époque, puisque tous les dépôts présentent une stratification fruste, souvent dirigée contre la pente rocheuse. Sur ces dépôts triés, ou sur la roche, un placage continu de moraine de fond argileuse est la trace du glacier d'Aletsch du stade des moraines basses. Lors de sa fonte, les dépôts qui se forment déterminent les terrasses étagées de la région de Ried-Brig. Un petit vallum donne une idée de la position maximale du glacier (rive gauche de la Saltina, près du point 15 de la fig. 9). La présence du niveau supérieur, de part et d'autre de la gorge de la Saltina, ainsi que celle de matériel d'origine Simplon, font supposer que l'érosion de la gorge est postérieure au stade des moraines basses.

Région Löttschental

Stade des moraines élevées

Les nombreux glaciers de la moitié orientale de cette région ont tous, dans leur proximité, des restes du stade des moraines élevées. Souvent multiples, ce sont surtout les vallums latéraux qui se repè-

rent. Les pentes raides auxquelles sont accrochés les glaciers, n'ont pas permis la conservation, ni peut-être même la formation, de vallums frontaux.

Le plus beau cirque glaciaire est celui du fond du Baltschiederthal. De très gros vallums latéraux visualisent le fort recul des deux glaciers à l'E du Bietschhorn, depuis l'époque de leur confluence, au stade des moraines élevées.

Dans le Lötschental même, le Distlig Gletscher est bordé de chaque côté, par deux vallums parallèles, distants au maximum de 50 m. l'un de l'autre; le plus massif se trouve à l'extérieur.

C'est au front du Langgletscher que les dépôts sont les plus complets et complexes (fig. 15). Bordé sur sa gauche par une imposante crête morainique, le glacier paraît avoir perdu une épaisseur de 100 m. par rapport au stade des moraines élevées. Sur 200 m. de long, cette crête morainique laisse apparaître, à l'extérieur, le sommet d'un

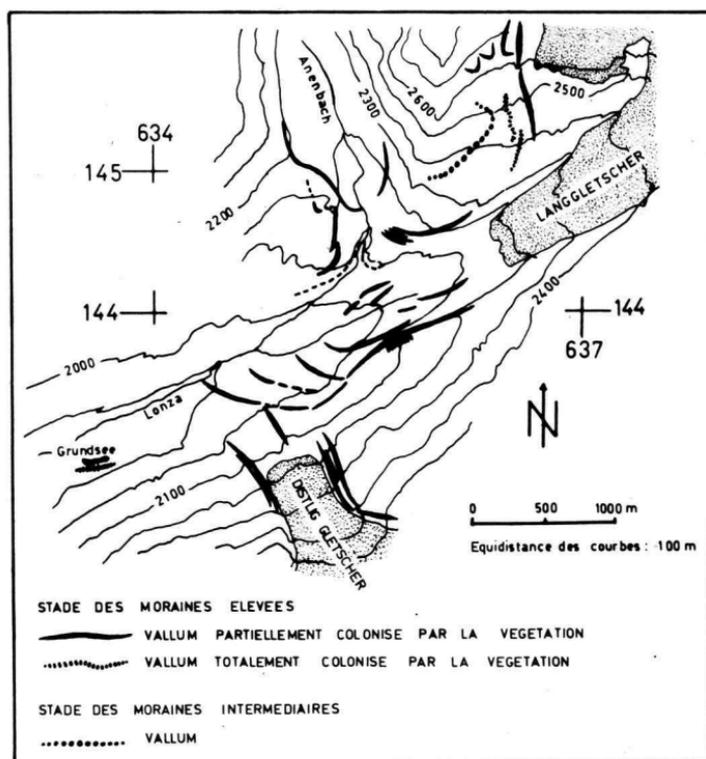


Fig. 15. Délaiés du stade des moraines élevées au front du Langgletscher.

ancien vallum, complètement envahi par la végétation. La très grosse crête latérale gauche s'individualise, sur la marge proglaciaire, en plusieurs arcs morainiques frontaux. La colonisation par la végétation semble récente. Le vallum de la rive droite montre aussi quatre positions différentes du glacier.

Le fond, à peu près plat, de la vallée au front du Langgletscher a donc bien enregistré les variations de longueur du glacier lors du stade des moraines élevées. C'est probablement aussi à ce stade qu'appartient le fantôme de vallum qui borde le S du Grundsee; la dépression allongée dans laquelle les eaux de ce dernier sont piégées, pourrait bien être la conséquence d'un ancien coin de glace morte.

La moitié occidentale de la région est nettement plus pauvre en formes glaciaires de ce stade. Les glaciers actuels sont rares et les cirques susceptibles d'en contenir pratiquement absents d'une bonne partie de la ligne de crête. (Les parois calcaires qui dominent la rive droite de la vallée de la Dala en sont l'exemple type.)

Stade des moraines intermédiaires

Lötschental

Les restes du Langgletscher au stade des moraines intermédiaires sont limités à quelques traces en rive droite de la vallée. Le Schwarzsee, à 1860 m. d'altitude, doit son existence à la dépression créée entre la pente rocheuse et le vallum latéral abandonné par le glacier de la vallée principale. Entre Blatten et Wiler, une terrasse d'origine glaciaire se marque dans la pente. D'abord sous forme de vallum (difficile à différencier des arrières de tassements, nombreux dans la région) de la croix 1780 jusqu'à l'E de Weissenried, les dépôts prennent l'aspect de terrasse de Weissenried à Laub. Ce point est le dernier témoin vers l'aval, de la position du glacier.

Les vallées latérales aboutissant dans le Lötschental sont assez riches en restes de ce stade. Ce sont les glaciers de la rive gauche qui fournissent les témoins les plus complets, comme par exemple, les Birch- et Äusser Stambach Gletscher, sur le versant N du Bietschhorn, dont les fronts se situaient à 2000 m. environ. Les petites vallées transversales au S du Lötschenpass, fournissent, elles aussi, de beaux restes, comme l'arc frontal de Faldumalp par exemple (2005 m. d'altitude).

Bassin de la Dala

Les glaciers du fond de la vallée de la Dala ont abandonné quelques traces, pas toujours très caractéristiques. Si le vallum latéral gauche de Flüéalp ne laisse aucun doute, les traces de celui de droite sont par contre beaucoup plus difficiles à interpréter.

Un vallum, au N de Loèche-les-Bains, souligne une probable transfluence du Wildstrubel Gletscher par le col de la Gemmi.

Rive droite du Rhône

Les vallées latérales débouchant dans la vallée du Rhône ont des flancs si raides, que les témoins des glaciers qui les ont occupées lors du stade des moraines intermédiaires sont rarissimes. Il n'y a guère que dans le Ijolital, qu'un beau vallum indique les limites du glacier local.

Stade des moraines basses

Lötschental

C'est probablement dans le Lötschental, que sont conservés les plus beaux vallums correspondant au stade des moraines basses. Tous localisés en rive droite de la Lonza, ils sont arpentés par les nombreux touristes qui empruntent le chemin des alpages. D'E et W, ce sont les traces de glaciers qui occupaient les actuels alpages de Tellialp, Weritzalp, Lauchneralp et Hockenalp. Ce sont de gros reliefs, dominant le fond du cirque glaciaire de quelques dizaines de mètres. Le plus imposant est certainement celui de Weritzalp.

Sa terminaison aval offre un intérêt indéniable, par la présence d'une accumulation très épaisse de sédiments glaciaires qui déterminent la terrasse de Netzbord. Cette dernière correspond certainement à un épendage de matériel morainique fourni par le Langgletscher, ce qui situerait sa cote à 1940 m.

Bassin de la Dala

Le glacier occupant la vallée de la Dala au stade des moraines basses n'a pas laissé de témoins dignes de ce nom. Tout au plus, l'épaisse accumulation morainique de Folljeret peut-elle être considérée comme un fantôme de terrasse glaciaire, en rive gauche. C'est aussi l'interprétation donnée à la morphologie de cône surbaissé, sur lequel est construit le village de Bodmen, en rive droite.

Rive droite du Rhône

Totalement absents des vallées latérales, les dépôts morainiques occupent leur débouché dans la vallée principale. Le plus intéressant est situé dans la seule vallée dénivellée du tronçon entre Massa et Lonza, le Gredetschtal, qui s'orne en rive gauche, d'un gros vallum latéral, à l'W de Ober Birgisch. Une ancienne exploitation de graviers fournit la coupe partielle de la fig. 16.

Au-delà de la Lonza, les délaissés sont situés quelques centaines de mètres au-dessus du thalweg du Rhône. Ce sont par exemple les vallums de Bratsch, de Feschel ou la terrasse horizontale de Rotafen, à 1000 m. d'altitude.

Les interfluves de ces vallées latérales, sont revêtus de placages morainiques, dont l'épaississement local pose certains problèmes. Il est bien probable que ces observations devraient figurer sous une rubrique différente, du genre du «stade des moraines extérieures aux vallées» de WINISTORFER (1978). L'étendue relativement faible, et la forme pas toujours caractéristique de ces dépôts, ne justifiaient pas un chapitre.

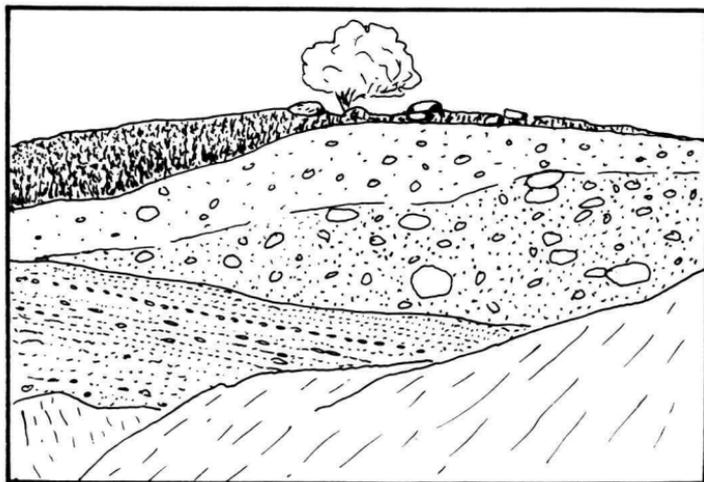


Fig. 16. Coupe d'Ober-Birgisch.

A la base, en partie cachée par le talus d'éboulis, une couche de 2 à 3 m de sédiments jaunâtres, triés, sablo-graveleux, avec quelques cailloux. Ce dépôt suggère un courant fort qui a trié le matériel.

Au-dessus de cette première unité sub-horizontale, une moraine superficielle, jaunâtre, à très gros blocs.

Sur cet ensemble très grossier, une moraine de type superficiel aussi, brunâtre, dont les éléments sont moins volumineux.

Il est probable que tous les dépôts ne sont pas contemporains.

Les stades de retrait à travers la littérature

Des études récentes dans le domaine du Quaternaire des Alpes valaisannes ont mis en évidence une lacune importante: quel âge donner aux stades observés? Tant BURRI (1974) que WINISTORFER (1978) ont été arrêtés par le manque d'éléments de datation. Le présent travail ne fait pas exception. Aussi, c'est dans les résultats d'autres auteurs qu'il faut aller chercher des éléments de corrélation. Nous allons voir que si quelques faits se sont éclaircis, il reste de nombreux points d'interrogation.

Le très important ouvrage de PENCK et BRÜCKNER (1909) recouvre la totalité de l'«âge glaciaire». La région qui nous intéresse étant située à l'intérieur des vallées alpines, ce ne sont que les événements postérieurs au maximum würmien qui nous retiendront.

Les deux auteurs autrichiens ont défini trois réavancées des glaciers, dans le bassin de l'Inn (fig. 17).

– Le stade de *Bühl* correspond à une réavancée du glacier de l'Inn, qui dépose une moraine terminale à Kirchbichl-Kufstein.

– Le stade de *Gschnitz* est une forte réavancée des glaciers locaux, après la fonte du glacier principal de l'Inn. La localité-type est Trins, dans le Gschnitztal.

– Le stade de *Daun*, défini à Ranalt dans le Stubaital, est aussi une réavancée des glaciers locaux, de moindre importance qu'au stade précédent.

A chacun de ces stades, PENCK et BRÜCKNER ont attribué une valeur de la limite des neiges pérennes. Pour Bühl, elle était située 800 à 900 m., au-dessous de la limite actuelle, pour Gschnitz, 600 m. et pour Daun 300 à 400 m.

Ce schéma a été, par la suite, fort discuté et compliqué. Le stade de Bühl, après avoir été abandonné pendant de nombreuses années, a été remis au goût du jour par MAYR et HEUBERGER en 1968. Ils y ont vu trois avancées ou stationnements différents, soulignés par un sol intercalé dans les dépôts morainiques.

Entre les stades de Bühl et de Gschnitz, von KLEBELSBERG (1950) a placé celui de *Steinach*, qui est marqué par une réavancée des glaciers locaux sur une masse de glace morte qui occupait encore le fond de la vallée de la Sill, alors qu'au Gschnitz, le fond de la vallée prin-

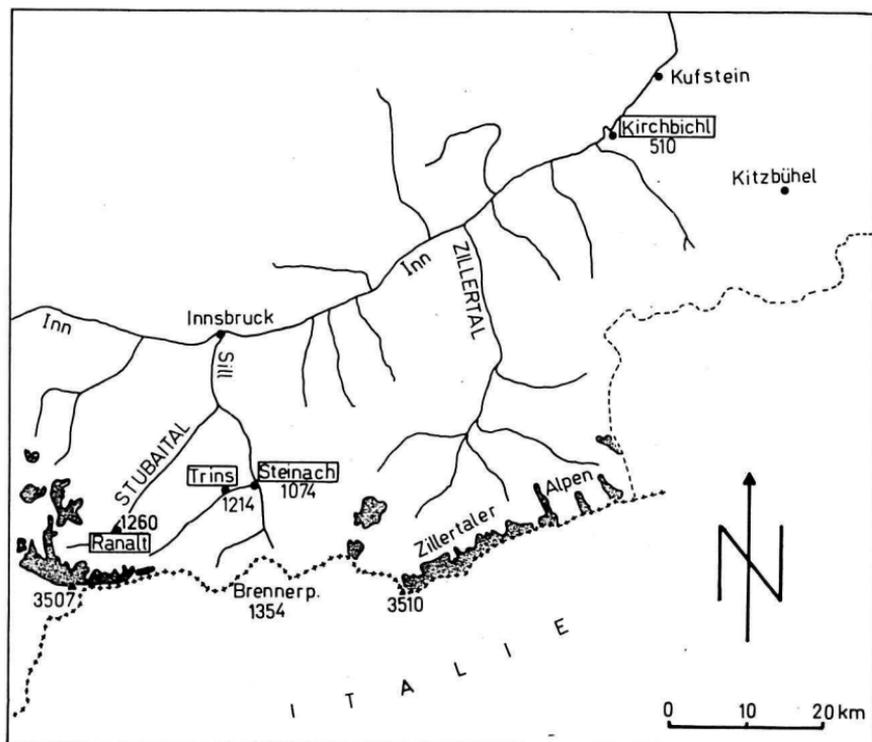


Fig. 17. Localités-types des stades de retrait post-würmiens.

cipale était libre de glace. Les glaciers, lors de ce dernier stade, auraient été plus loin que lors du précédent, puisque leur moraine recouvre par endroits celle du stade de Steinach.

Von KLEBELSBERG, en 1927, avait encore défini le stade de *Schlern*, situé avant le Gschnitz; ce stade est actuellement abandonné, parallélisé soit avec Steinach, soit avec Bühl, suivant les au-

PENCK et BRUECKNER (1909)		v. KLEBELSBERG (1927 et 1950)	KINZL (1929)	HEUBERGER (1968)	PATZELT (1979)
Stades	Abaissement de la limite des neiges pérennes				
			Egesen		Egesen
Daun	300-400 m			Daun (Egesen)	Daun
Gschnitz	600 m			Gschnitz	Gschnitz
		Steinach		Steinach (Schlern)	Steinach
		Schlern			
Bühl	800-900 m			Bühl	Bühl (Schlern)

Tabl. II. Stades de retrait classiques.

teurs. L'existence du Daun n'est pas remise en question, mais KINZL (1929) introduit un nouveau stade, celui d'*Egesen*, d'après des moraines à l'Egesengrat, dans le Stubaital en amont de Ranalt. D'après HEUBERGER (1968) et PATZELT (1972), ce stade est difficile à différencier du Daun, leurs limites étant très proches. Malgré cela, ce dernier auteur (dans un article de 1979, non encore publié), sur la base de découvertes de sédiments organiques, distingue nettement l'avancée d'*Egesen* de celle de Daun.

Datations des stades

Parallèlement à ces recherches, à caractères géologique et morphologique, s'est développé, en Scandinavie, la palynologie. Les premiers diagrammes de BLYTT, SERNANDER et leurs successeurs firent apparaître, après le recul des glaciers du Würm, une alternance de phases froides (les Dryas) et de phases chaudes (Bölling et Alleröd), regroupées sous le nom de Tardiglaciaire. Elles ont précédé une période de réchauffement général, le Postglaciaire. La limite Tardi-Postglaciaire fait encore souvent l'objet de publications contradictoires, car elle est liée à une question plus générale: comment corréliser ces deux systèmes, celui des palynologues et celui des géologues? Traditionnellement, cette limite se situe après le stade de Daun, après la fonte des glaciers et leur retour dans les limites actuelles.

Stratigraphie des géologues	Stratigraphie des palynologues	Dates BP
	Préboréal	
Egesen	Dryas récent (Dryas III)	10300
Daun	Alleröd	10800
Gschnitz	Dryas ancien supérieur (Dryas II)	11800
Steinach	Bölling	12300
Bühl	Dryas ancien inférieur (Dryas I)	13400
		16000?

Tabl. III. Deux méthodes, deux stratigraphies.

De nombreux essais ont été tentés pour rattacher les stades classiques à cette chronologie des palynologues, mais aucun n'a abouti. Aussi, c'est dans d'autres régions qu'il faut chercher ce genre de travaux (voir pour la suite les tableaux IV et V et la fig. 18).

WELTEN (1958) donne une première esquisse de résultats sur des sondages qui vont de Berne à Sion. Une des conclusions importantes, est que partout le Dryas récent ne s'individualise pas bien de l'Alle-

röd; en plus le Préboréal correspond à une période riche en pollens non arborescents.

ZOLLER, SCHINDLER et RÖTHLISBERGER (1966) ont fourni une étude détaillée et précise du Haut-Göschental (à l'E du Dammasstock) et du Val Frisal. Ils arrivent à la conclusion, grâce à des diagrammes polliniques et à des datations au C^{14} , que le Daun date du Préboréal. Pour eux, le Préboréal apparaît comme une «phase de retard» dans la zone alpine et subalpine. Cette période froide avait reçu, en 1960, le nom de «Piottino Schwankung», dans un sondage à la Bedrina effectué par ZOLLER.

Ce ne sont pas les conclusions auxquelles arrive MARKGRAF (1969), au Böhnig See, au S de Viège. Son sondage atteint l'Alleröd et seul le Dryas récent correspond à un contrecoup sévère pour la végétation, les conditions climatiques étant favorables au Préboréal.

SCHINDLER en 1972, complique sérieusement la stratigraphie obtenue dans la vallée de la Reuss. Il reprend de HANTKE des stades intermédiaires comme «Altschnitz», «Junggschnitz», «Altdaun» et «Jungdaun». Ce dernier stade daterait du Préboréal, par analogie avec le Val Frisal.

MÜLLER (1972) abonde dans le sens de ZOLLER, d'après les résultats obtenus à Brighels, marais en aval du Val Frisal. Le profil atteint l'Alleröd, et la dégradation du climat qui suit n'est pas limitée au Dryas III, mais comprend aussi une partie du Préboréal jusqu'à 9350 BP. Par la même occasion, il corrèle le Gschnitz au Dryas III.

Dans la région de la Maloja, à 1800 m, KLEIBER a obtenu un âge de 10700 BP pour des sédiments organiques, à la base du profil d'un marais. Ce dernier est situé à l'intérieur d'un arc morainique correspondant au Daun du Fornogletscher.

Des conclusions analogues sont fournies par KÜTTEL (1974-1976-1977-1978) qui a refait le sondage à la Bedrina. Par la palynologie et les datations au C^{14} , il prétend que la Piottino Schwankung de ZOLLER se situe dans le Dryas récent, si elle existe. D'après lui, il n'y a plus de phase froide après le Dryas III; c'est en tout cas ce qu'il constate en outre dans le Berner Oberland (Kühdungel, Obergurbs) et en Valais (Simplon, sondage aussi étudié par WELTEN, Tortin, avec BIELER). Il place donc le Daun équivalent au Dryas récent. Quant au stade de Gschnitz, il lui attribue un âge correspondant au Dryas ancien supérieur au moins. Le sondage d'Obergurbs, situé à l'intérieur des moraines attribuées au Gschnitz, atteint l'Alleröd (attesté par la présence de la couche de cendres volcaniques du Laachersee).

Des recherches dans la région de la Bernina ont donné un âge minimum de 9500 BP pour le retrait de la glace après le stade Daun. Il faut compter probablement quelques centaines d'années de plus pour permettre à la végétation, objet de la datation, de se développer (BEELER, 1977).

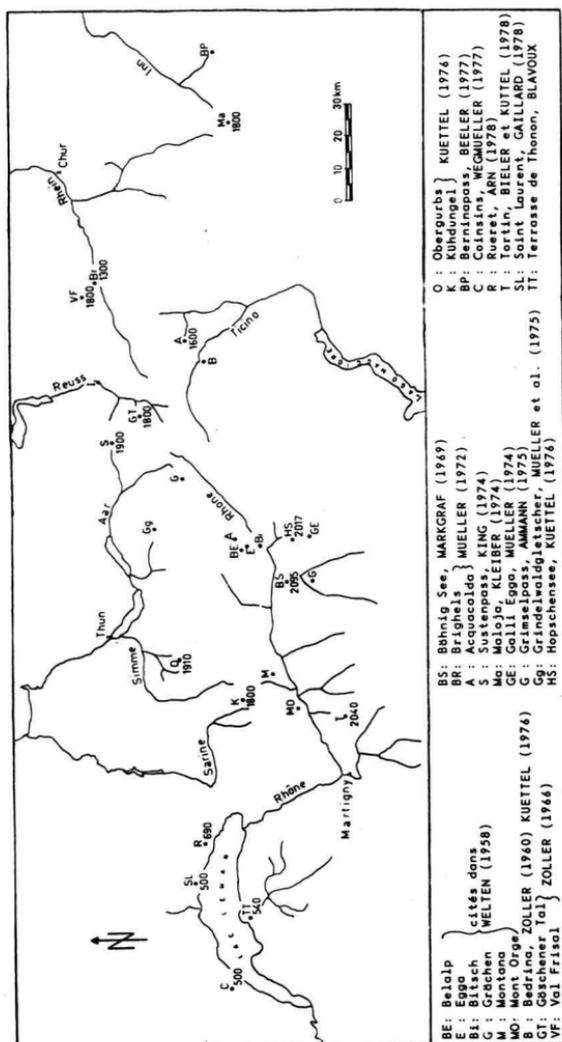
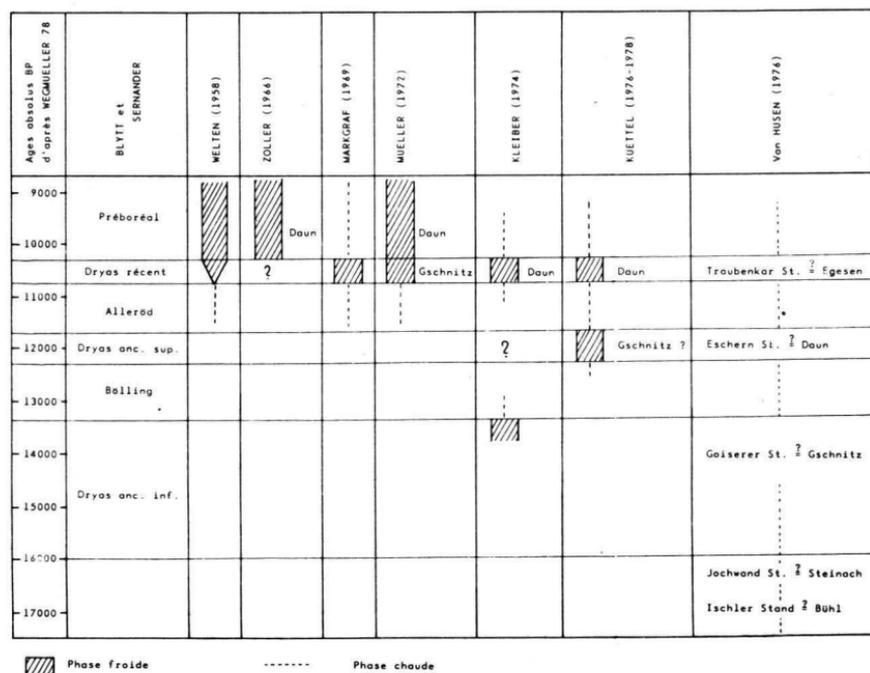


Fig. 18. Localisation des sondages.

En ce qui concerne la corrélation Gschnitz-Dryas ancien supérieur, signalons les doutes que suggèrent les recherches de WELTEN (1972), COOPE (1974), WEGMÜLLER (1977), ARN (1978) et GAILLARD

(1978). Tous ont de la peine à différencier le Dryas II dans leur différents profils. Il se marque juste comme un passage un peu plus froid entre le Bölling et l'Alleröd. OLIVE (1969) signale même qu'en Russie, les glaciers du Dryas III se sont avancés plus loin que pendant le Dryas II. WELTEN (dans SCHLÜCHTER, 1978) signale un Gschnitz avec point d'interrogation, précédant Bölling et Alleröd, puis un Daun-Egesen post-Alleröd. Il ne corrèle donc aucun stade glaciaire avec le Dryas II.

Le Bölling par contre a tendance à être raffiné; WEGMÜLLER (comm. orale) y voit un complexe de deux phases chaudes différentes.

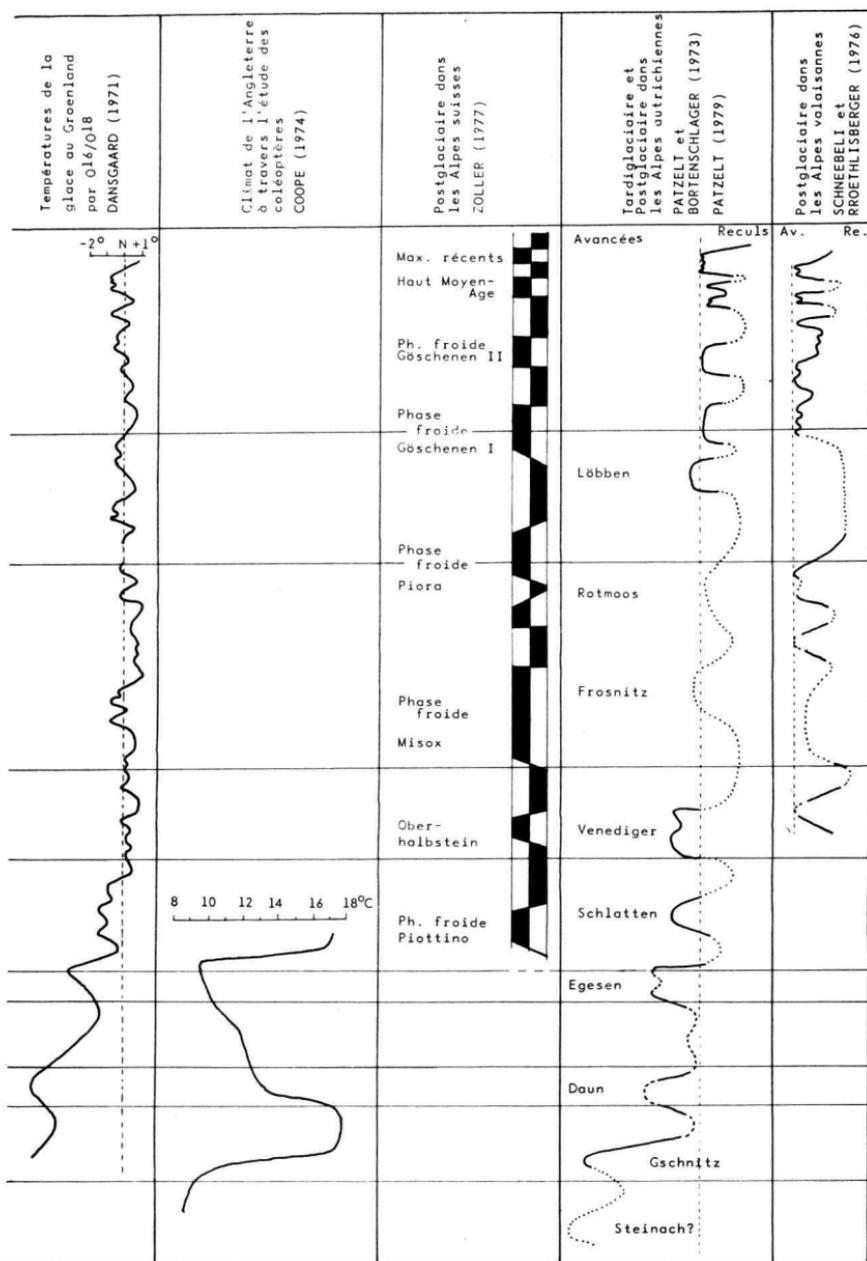


Tabl. IV. Tardiglaciaire et limite Tardi- - Postglaciaire à travers différents auteurs.

Citons encore le travail de Van HUSEN (1976), bien qu'il soit situé assez loin (Trauntal, Dachsteinplateau, à environ 100 km à l'E de Salzburg). Pour ce qui touche le recul post-würmien, il trouve cinq stades correspondant à des réavancées des glaciers. Certains stades sont datés par palynologie et C¹⁴ (Tabl IV et fig 18).

Âges absolus BP d'après WEGMUELLER, GAILLARD	BLYTT et SERNANDER	Bassin lémanique OLIVE (1972) et SAUVAGE (1969)	Le Rueret (bassin lémanique) ARN (1978)	Tourbière de Chirens δ O.18 EICHER, SIEGENTHALER, WEGMUELLER en prépar.
P 1000 2000	Sub-Atlantique	Plus sec. Forêt diversifiée, recrudescence du pin. Humide et plus froid. Forêt diversifiée.		
3000 4000	Sub-Boréal	Chaud et sec. Sapin et chêne.		
5000 6000 7000	Atlantique	humide et chaud (optimum) Chênaie mixte	}	} Constructions palafittes.
8000	Boréal	Sec et moins froid. Pin et coudrier.		
9000 10000	Préboréal	Sec et froid. Pin dominant.		
11000	Dryas récent	Refroidissement. Mont. bouleau.	Récurvance gl. locaux.	
12000	Alleröd	Réchauffement. Pin dominant.		
13000	Dryas anc. sup.	Refroidissement. Argousier domine.		
14000	Bølling	Réchauffement. Pin dominant.	Terrasses de Thonon de 16000 à 10000 BP	
14000	Dryas anc. inf.	Phase froide. Armoise dominante.	Gl. du Rhône quitte Petit- Lac. Terrasse 540 m dent Mamm.	Froid Chaud F C

Tabl. V. Tardi- et Postglaciaire à travers différents auteurs.



Il existe certainement encore d'autres nombreux profils palynologiques et autant de datations au C¹⁴. Il n'en reste pas moins que le problème reste ouvert. Il n'est pas de mon ressort de trancher, je n'en ai pas les moyens. Aussi je pense qu'il est plus sage de se raccrocher à

la nomenclature de PENCK et BRÜCKNER et leurs successeurs, tant qu'aucun élément ne permet de tenter l'approche de celle des palynologues. Il est important surtout de ne pas mélanger les deux classifications.

Il est évident que la corrélation avec les stades classiques présente aussi certains dangers, mais elle a au moins l'avantage de la lisibilité, ce qui n'est pas toujours le cas avec les noms des stades locaux qui émaillent certaines publications.

L'histoire du Postglaciaire, elle, commence à être mieux connue, grâce à quelques études détaillées dont la marge proglaciaire a fait l'objet. Les moraines, fraîches d'aspect, au voisinage des glaciers actuels sont souvent multiples. Traditionnellement on leur donne le nom de «stades historiques».

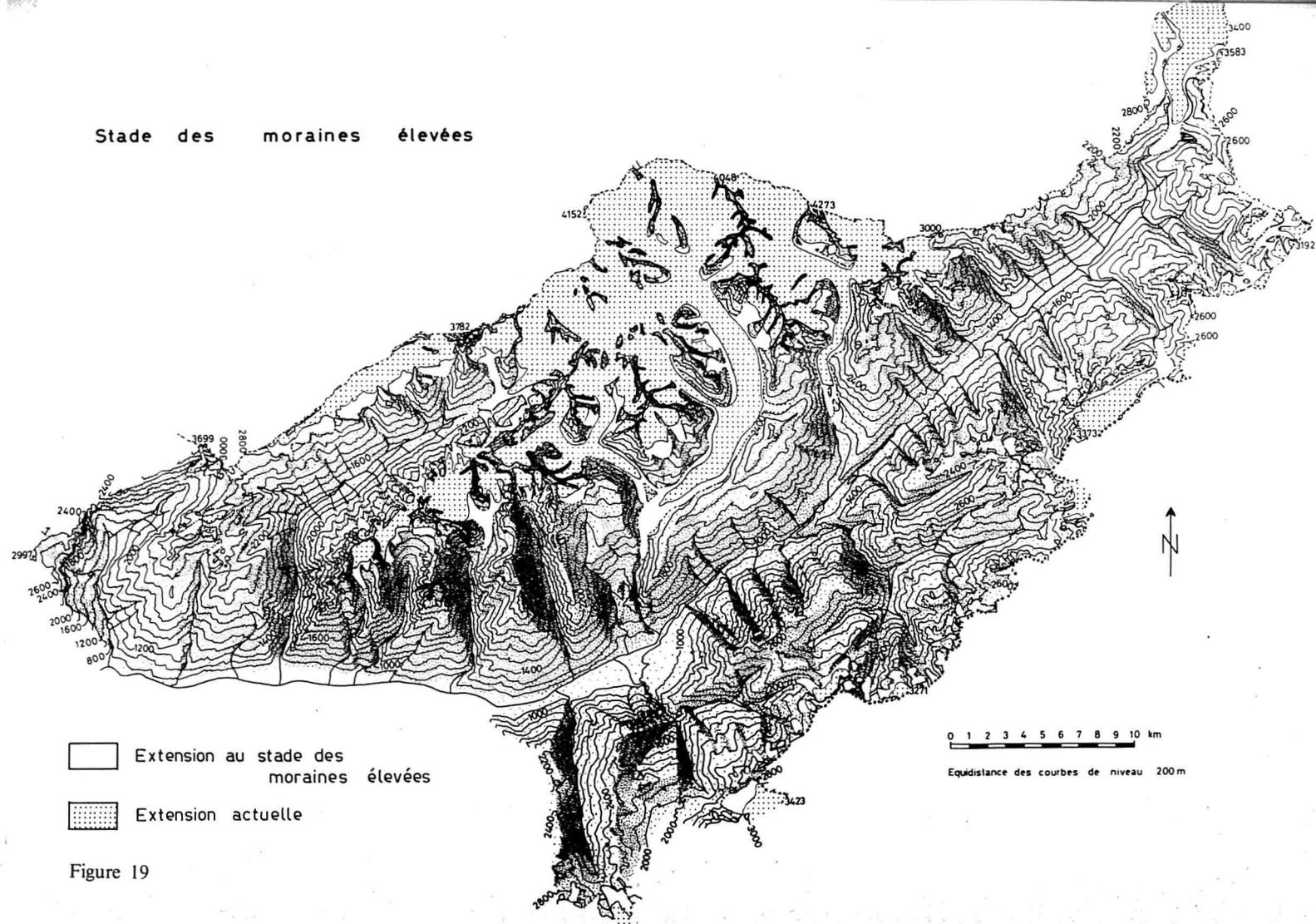
Les travaux les plus connus sont ceux de ZOLLER et al. (1966), PATZELT et BORTENSCHLAGER (1973), KING (1974), et SCHNEEBELI et RÖTHLISBERGER (1976). Le résumé de leurs résultats se trouve à droite du tableau V. PATZELT et BORTENSCHLAGER ont montré que les glaciers n'ont pas, ou très peu, dépassé les limites des «stades historiques» depuis la fin du Dryas III. Ils ont défini un certain nombre de réavancées et de reculs, retrouvés par leurs successeurs. Pour les auteurs autrichiens, deux stades seulement ont laissé des traces en aval (300 m) des maxima récents (1600 et 1850); ce sont Schlatten (au Préboréal) et Venediger. KING, au Susten, retrouve lui aussi des stades 500 m plus bas que les stades récents; le plus vieux date du Boréal (équivalent de Venediger), le plus récent serait contemporain du Misox de ZOLLER, à la base de l'Atlantique, ou du Larstig de MAYR (milieu de l'Atlantique). Mais comme les Autrichiens, KING repousse le dernier stade important dans le Dryas III.

Reconstitutions paléographiques

Les observations relatives aux chapitres précédents constituent les différentes pièces d'un puzzle, qu'il convenait d'assembler. Ainsi sont visualisés, au moyen de trois cartes, les différents taux d'englacement de la région, au cours des époques des moraines «élevées», «intermédiaires» et «basses».

Sur ces cartes sont indiquées, en trait plein, les limites observées des appareils; le tireté souligne la partie interprétative de ces reconstitutions.

Stade des moraines élevées



□ Extension au stade des moraines élevées

▤ Extension actuelle

Figure 19

Sous ce titre sont donc regroupés les restes situés dans la proximité immédiate des glaciers. La carte de la fig. 19 est la représentation de ce que devait être la région, lors de l'avancée maximale, le vallum le plus extérieur de la marge proglaciaire ayant servi de référence.

Les avances les plus spectaculaires sont bien évidemment celles des appareils qui étaient alimentés par des affluents qu'ils n'ont plus actuellement. C'est le cas en partie, pour les glaciers du Rhône, de Fiesch et d'Aletsch; mais c'est surtout manifeste pour le Langgletscher, alimenté par le Distlig Gletscher et le Jägigletscher. La confluence des deux glaciers à l'E du Bietschhorn, donnait naissance à une langue imposante qui occupait le fond du Baltschiederthal.

Deux glaciers de cette époque se séparaient en deux langues, à leur passage sur un verrou rocheux. Ce sont le glacier de Fiesch et l'Oberaletschgletscher. Ce dernier, contrairement à ce que peut faire penser la fig. 19, ne devait pas fournir un apport substantiel au glacier d'Aletsch; l'épaisseur de son lobe droit, en tout cas, devait être faible, au niveau de la confluence.

Le stade des moraines élevées est caractérisé par de nombreuses fluctuations. Nombre d'entre elles sont connues, grâce aux écrits et dessins des Anciens. Le glacier du Rhône, beaucoup visité au cours des derniers siècles, a inspiré de nombreux peintres. Les cordons morainiques de Gletsch sont ainsi datés de manière assez précise. De plus, ses variations de longueur sont suivies régulièrement depuis 1870. Avec l'aide du travail très complet de MERCANTON (1916), et grâce à la publication annuelle des «Variations des glaciers des Alpes suisses», il a été possible de représenter sur la fig. 20, les mouvements du glacier du Rhône.

Il ressort de cette figure que le vallum le plus éloigné du front du glacier date de 1602, les deux plus internes datant de 1818 et 1856. La réavancée de 1922 n'a pas laissé de traces dans la morphologie.

Les fig. 21 à 24 sont des copies de documents photographiques datés avec précision. Leur succession illustre peut-être mieux que la carte, l'importance du recul en un siècle.

Ce recul a été le fait de tous les glaciers de la région, plus ou moins simultanément, ainsi que le montre la fig. 25. Si toutes les courbes montrent un recul des appareils, leurs pentes sont loin de se confondre. La forte différence entre les glaciers de Fiesch et d'Aletsch, tient à la configuration du terrain au front de la masse de

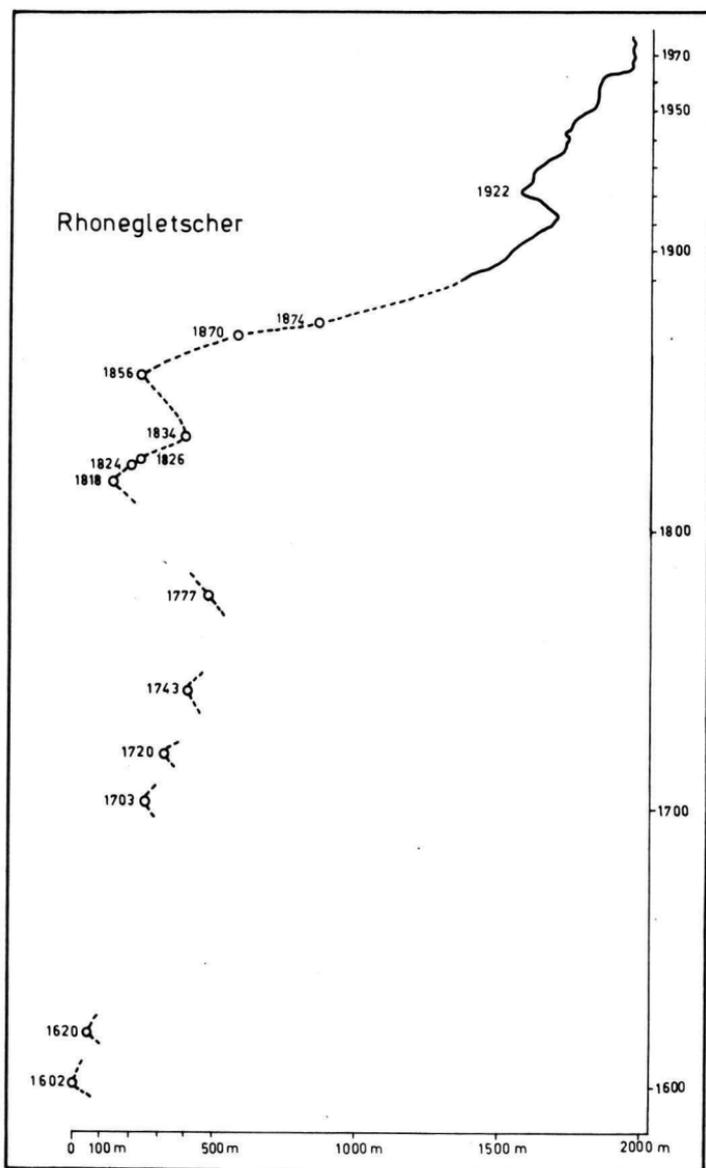


Fig. 20. Variations de longueur du glacier du Rhône de 1600 à 1976.

glace. Le glacier d'Aletsch occupait une vallée, au fond rocheux régulier, à la pente constante, qui est certainement la cause de la régularité de sa fonte. Alors que le glacier de Fiesch, jusqu'en 1960, débordait de son verrou; depuis que l'épaisseur de la glace ne permet plus

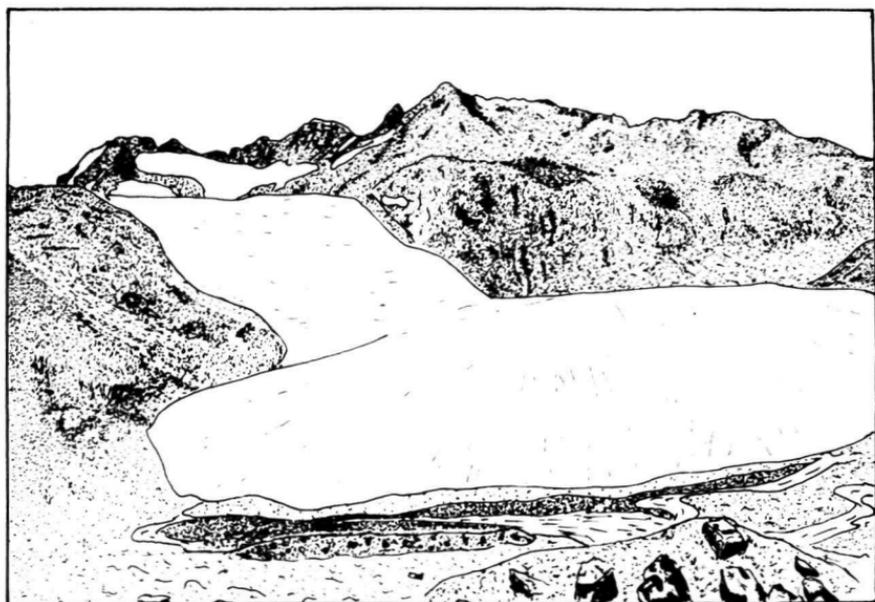


Fig. 21. Le glacier du Rhône en août 1849.



Fig. 22. Le glacier du Rhône en 1870.

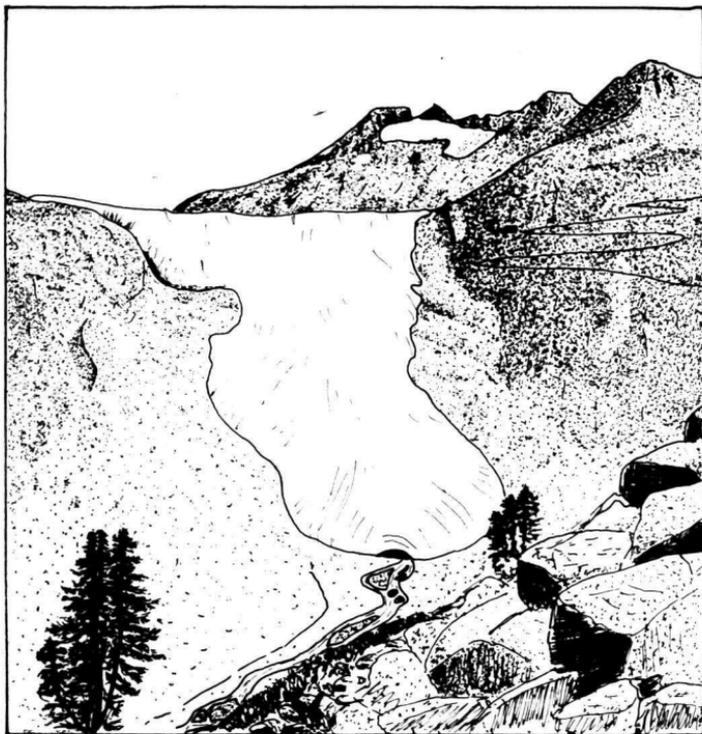


Fig. 23. Le glacier du Rhône, le 25 août 1900.

ce fait, la diminution de longueur observée ressemble à celle du glacier d'Aletsch. A ces particularités morphologiques, s'ajoute l'inertie de l'énorme masse de glace alimentant le plus long glacier des Alpes.

Les quatre glaciers de la fig. 25, ont reculé plus rapidement après 1930, à la suite de la légère réavancée du premier quart de ce siècle. L'avance, très importante, du Langgletscher à cette date, correspond, soit à un surge, soit... à un changement de point de mesure (dans les tableaux, le glacier change même de dénomination au cours du temps!).

Le recul du glacier d'Aletsch a eu une conséquence peut-être un peu triste pour le paysage et pour... l'Etat du Valais: c'est la disparition du Märjelensee. Le petit vallon latéral de Märjelen, sur la rive gauche du glacier, était occupé par un lac de barrage, appuyé contre le mur de glace. Ce lac, aux dimensions maximales fort respectables (1600 m de plus grande longueur, 500 m de largeur maximale et 78,5 m de profondeur) avait la fâcheuse habitude de se vidanger, soit par-



Fig. 24. Le glacier du Rhône, le 29 août 1952.

Dessins d'après photographies extraites de MERCANTON, 1916 (fig. 21, 22 et 23) et «Variations des glaciers des Alpes suisses, 1950 (fig. 24).

tiellement (38 fois entre 1813 et 1915), soit même complètement (8 fois dans le même laps de temps). La pression des eaux était telle que ces dernières se précipitaient vers l'aval à la faveur de la moindre crevasse, apparue lors du mouvement du glacier. Leur action érosive agrandissant le passage, le lac pouvait se vider complètement en moins de deux jours (près de 10 millions de mètres cubes se sont vidangés en 30 heures, en juillet 1878, relevant le niveau du Rhône de 1,5 m, à 3 km de la confluence de la Massa).

Ces vidanges brusques étaient à tel point redoutées par les habitants de la région, qu'une «paire de souliers neufs était offerte au premier berger qui venait annoncer l'imminence du phénomène aux riverains» (BONAPARTE, 1889). Pourtant, sur les conseils de VENETZ, un canal long de 80 m et profond de 3,6 m, avait été creusé en 1828, pour tenter de détourner les eaux à l'E, sur le Fieschertal. Plus tard, l'Etat du Valais fit même percer une galerie de 550 m de long et de

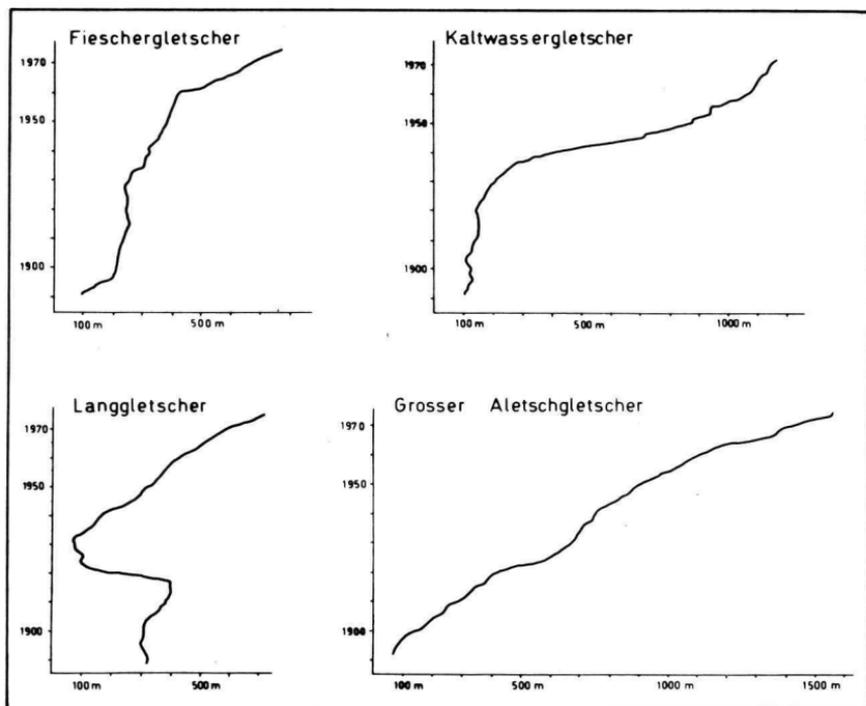


Fig. 25. Variations de longueur des Fiescher-, Kaltwasser-, Lang-, et Grosser Aletschgletscher, de 1890 à 1976.

2,2 m de section, qui devait abaisser le niveau du lac de 12,5 m, en détournant ses eaux vers la vallée de Fiesch. Cette galerie fut terminée en 1894, après deux étés de travaux. L'eau du lac l'atteignit vers la fin juillet 1896. Elle s'écoula pendant six semaines, à la fin desquelles une nouvelle débâcle se produisit. Depuis, jamais plus les eaux n'ont atteint l'entrée de la galerie (LÜTSCHG, 1916).

Actuellement, même au plus fort de l'été, le flanc du glacier n'est plus baigné par les eaux; seuls deux lagots occupent des dépressions taillées dans la roche et leurs eaux s'écoulent régulièrement dans le glacier ou sur son bord.

Grâce à l'abaissement du niveau du glacier d'Aletsch, ÖSCHGER et RÖTHLISBERGER (1960) ont trouvé des troncs encore enracinés, dans la moraine droite, légèrement en amont de la gorge d'Oberaletschgletscher. Les datations au C^{14} ont donné des âges de 720 ± 100 BP et 800 ± 100 BP. Cette découverte prouve qu'à cette époque, le glacier d'Aletsch était aussi bas que de nos jours, si ce n'est plus, ce qui permit à la forêt de s'installer.

Ceci nous rappelle les travaux de KING (1974), SCHNEEBELI et RÖTHLISBERGER (1976) qui, sur le modèle de PATZELT et BORTENS-CHLAGER (1973), ont montré que la marge proglaciaire a été, à maintes reprises, envahie par des glaciers dont l'extension ne dépassa guère le stade de 1600. Le qualificatif d'«historiques» qui est habituellement donné à ces «moraines élevées» doit donc être étendu, certainement à tout le Postglaciaire (voir tableau de l'introduction historique).

Différents auteurs ont mis en évidence un stade glaciaire, quelques centaines de mètres à l'aval du maximum de 1600. Dans la région étudiée, un seul appareil en a peut-être fourni quelques traces. Les vallums totalement recouverts par la végétation, au front du Langgletscher (voir fig. 17), appartiennent probablement à une des avancées nommées Larstig, Venediger ou autre Schlatten, suivant l'auteur considéré.

L'annuaire d'hydrologie du bassin du Rhône (1898) donne les taux d'englacement pour la région considérée. Ces chiffres sont calculés sur la base des cartes établies au début de la deuxième moitié du XIXème siècle. Aussi est-il intéressant de comparer les valeurs actuelles à celles, correspondant presque au maximum historique (tableau VI).

En moyenne, la surface englacée était supérieure de 4% aux valeurs actuelles.

Bassin de réception	Surf. engl. st. mo. él. en km ²	%	% actuel	Différence en %
Vallée de Conches	56,3	18,8	13,5	4,9
Fieschertal	41,7	49,7	46,2	3,5
Binnatal	11,6	9,9	5,7	4,2
Massatal	146,0	71,2	62,6	8,6
Saltina	8,4	10,8	5,0	5,8
Nanztal	3,2	8,2	2,9	5,3
Val. lat. rive dr.	14,6	10,0	8,5	1,5
Lötschental	38,1	23,4	19,8	3,6
Dala	1,5	2,6	2,0	0,6
Total	321,4	23,5	19,5	4,0

Tabl. VI. Taux d'englacement des bassins de réception au stade des moraines élevées, comparés aux taux actuels.

Le Haut-Valais, déjà fort beau actuellement, devait avoir une certaine allure lors de cette extension, dite intermédiaire. Les positions particulières des différents appareils ont été déjà abondamment discutées dans les chapitres de description. Et la fig. 26 donne une image de l'englacement à ce stade, suffisante pour qu'il ne soit pas nécessaire de revenir longuement sur les détails.

Seuls quatre grands glaciers atteignent le fond de la vallée du Rhône: Les Rhonè-, Griess-, Fiescher- et Grosser Aletschgletscher.

La langue du premier nommé est alimentée par quelques affluents de taille, tels les glaciers de Geren- et du Gonerlital, ainsi qu'un glacier local, occupant la dépression du Grimselpass, à l'E du Sidelhorn. D'après les cordons morainiques latéraux des glaciers de l'Aar, que HANTKE (dans le guide de l'Inqua, 1978) a dessinés, il semble que le Grimsel n'a pas, ou très peu, fonctionné comme col de transfluence à cette époque.

La surface du bassin d'alimentation du Griessgletscher était à peu près doublée à cette époque, par l'apport du glacier du Längtal.

Le glacier d'Aletsch, alimenté par tous les glaciers latéraux situés en amont de la gorge actuelle de la Massa, débouchait dans la vallée du Rhône, en deux lobes séparés. Il semble peu probable qu'il ait pu envahir le plateau de Brigue.

Le tronçon longitudinal du Lötschental était presque totalement occupé par le Langgletscher, qui recevait les apports d'une demi-douzaine de glaciers latéraux.

Les autres appareils, de dimensions plus modestes, devaient malgré tout donner un certain cachet au fond des vallées qu'ils remplissaient.

Ce stade, qui implique une limite des neiges pérennes quelque 500 m au-dessous de l'actuelle, doit être l'équivalent du stade Daun de PENCK et BRÜCKNER. Signalons, dans de rares cas, (vallons des Kehr-, Kühtal- et Lindenbach, en rive gauche de Goms; vallée du Mühlebach d'Obergesteln, en rive droite; et enfin Äusseres Fafletteral, rive droite de la Lonza) la présence d'arcs morainiques à l'intérieur des limites du stade des moraines intermédiaires, mais fortement à l'aval des moraines élevées. Il s'agit peut-être là des traces d'un arrêt dans le recul des glaciers du Daun, ou peut-être de ce fameux stade d'Egesen, tant mis en doute.

Plusieurs essais de datations ont été tentés, pour raccrocher les restes de ce stade à la chronologie des palynologistes. Citons tout d'abord, les dates obtenues par C^{14} , dans les années 60: -7330 ± 180 BP, à Bitsch-Naters, dans un marais recouvert par le glacier d'Aletsch, lors de ce stade.

-7080 ± 120 BP, à Eggen, derrière la moraine latérale du glacier d'Aletsch.

Ces dates n'inspirent pas la plus grande confiance à WELTEN, qui avait fourni le matériel des datations; ce sont les débuts de la méthode au C^{14} ! (comm. orale).

– Les essais de sondages, tentés lors de la présente étude, sur le bord extérieur de la moraine latérale gauche du glacier de Fiesch, n'ont pas abouti. A Eggen, sous quelques centimètres de sol, la sonde butait sur des graviers; à la chapelle St-Anna (S de Bodmen) elle n'a ramené que des limons de pente sur plus de 2 m (voir région Aletsch, stade des moraines intermédiaires).

– La prise d'échantillons réalisée au Schwarzsee, à l'extérieur du vallum latéral droit du Langgletscher, a permis à ARN de faire l'analyse pollinique. D'après lui, le début de la sédimentation fine de ce petit lac est à placer au plus tôt au début du Subatlantique. Cet âge est évidemment très jeune. La faible longueur et la qualité des sédiments ramenés par la sonde, montrent que les dépôts sont surtout influencés par la pente, et que la dépression du Schwarzsee n'a pas donné naissance à un véritable marais.

La question de l'âge du stade des moraines intermédiaires reste donc ouverte.

Stade des moraines basses

Si les reconstitutions des deux stades traités précédemment ont une bonne probabilité de se révéler exactes, celle du stade des moraines basses est très aléatoire. La carte de la fig. 27 représente l'extension la plus probable à cette époque; mais la proportion du tireté l'emporte sur le trait plein.

Quelques limites sont malgré tout fort plausibles. Ainsi, toute la vallée de Conches était occupée par le glacier du Rhône, glacier principal qui recevait les apports, parfois minimes, des glaciers de toutes les vallées latérales.

A ce stade, il y avait certainement transfluence au Grimselpass. Il est difficile de savoir dans quel sens cette dernière se faisait, au profit

Stade des moraines basses

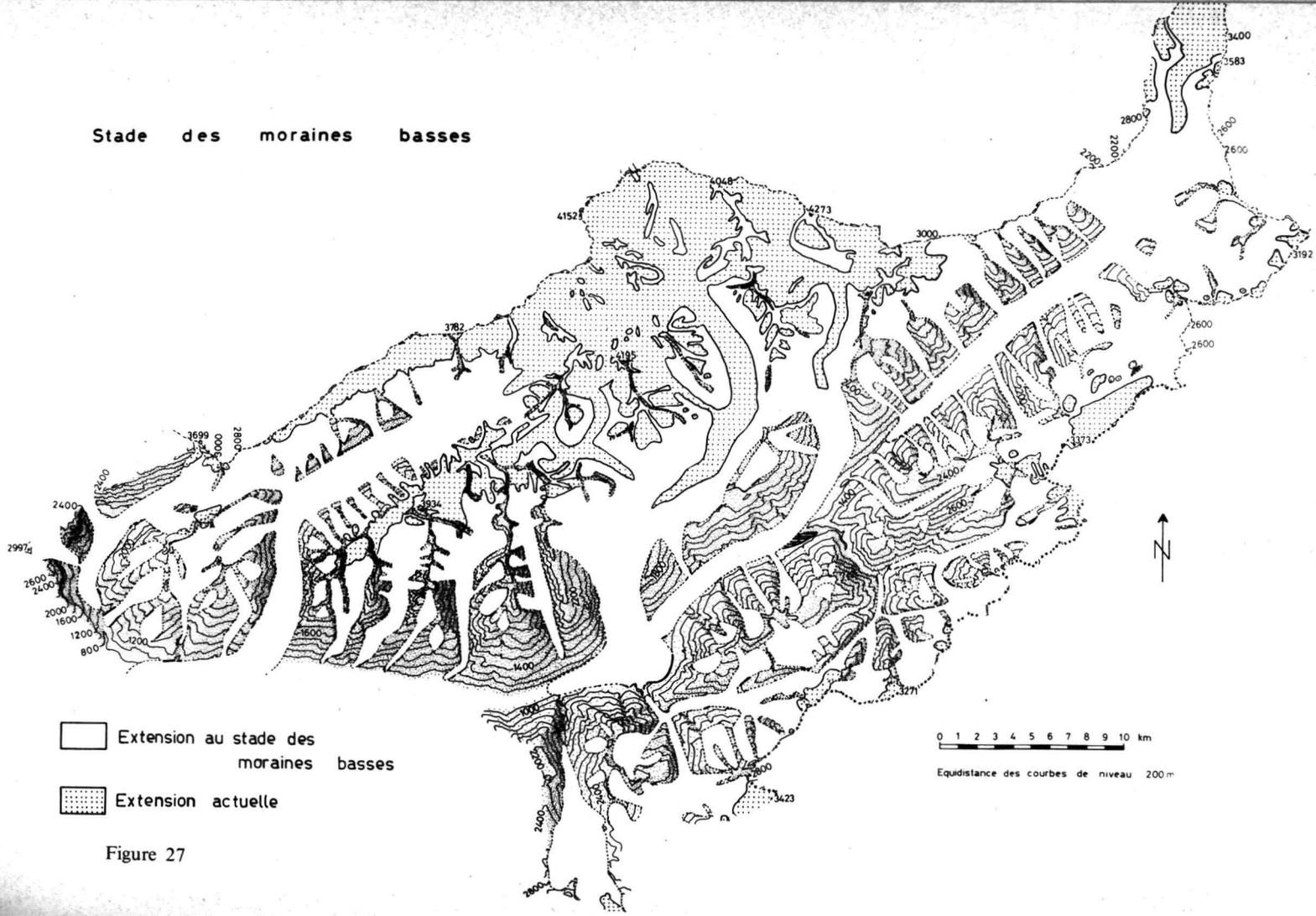


Figure 27

ou au dépens du bassin du Rhône. La configuration du terrain (fond rocheux de l'Oberaargletscher à 2400 m d'altitude, au N du Sidelhorn, tandis que Gletsch est à 1800 m) font supposer que les glaces de l'Aar atteignirent le niveau du col, avant celles du Rhône. Il n'en reste pas moins que l'«appel» vers le Haslital devait empêcher un très gros débordement en direction du S.

Si le glacier du Rhône au stade des moraines basses n'a pas laissé de traces frontales, la présence, dans le thalweg, des vallums laissés par les glaciers du cirque du Lauibach et du Rappental, impose ses limites en amont.

Le glacier de Fiesch ne fournit que des traces latérales dans la région de Grenchols. S'il est représenté sur la fig. 27 jusqu'à Brig, c'est à cause des vallums latéraux tronqués du lobe du glacier d'Aletsch, débordant de la crête par la Rieder Furka. En outre, le village de Termen, sur le plateau de Brig, est construit sur une grosse crête arquée, qui pourrait être la trace du vallum frontal.

Il semble assez certain que le glacier d'Aletsch, qui occupait le plateau de Brig, ne dépassait pas la cote 900, à l'aval de cette ville; il ne devait donc pas s'engager très loin dans la vallée du Rhône (entre Brigerbad et Gamsen?).

Si le Langgletscher emplit tout le Lötschental et débouche très loin dans la vallée du Rhône, c'est qu'il était alimenté par tous les glaciers latéraux. Sa position dans la vallée du Rhône est indiquée par les glaciers locaux, en aval de la Lonza, qui s'arrêtent brusquement à mi-hauteur (vallum de Bratsch), ou en amont de dépôts de type terrasse (Ober Rotafen). Par contre les vallées latérales à l'amont de la Lonza, envoyaient leurs glaciers jusqu'au thalweg du Rhône.

Mais, car il y a un mais, il est très possible que les corrélations présentées relient entre eux des restes d'époques différentes.

Un point important le suggère: le vallum latéral gauche du Gredetschtal recouvre des sédiments stratifiés; ce même type de dépôts se retrouve à Mund. Or, avec la reconstitution présentée, il n'y a pas de barrage possible. Alors, de deux choses (en tout cas!) l'une: soit le vallum n'est pas la trace du stade des moraines basses, mais d'un stade plus ancien, soit le glacier n'a pas érodé totalement les dépôts sous-jacents lors de sa réavancée. Cette dernière hypothèse semble renforcée par la présence de deux moraines superficielles, de granulométries et de couleurs différentes, coiffant les dépôts stratifiés. Cette coupe, de même que celles du plateau de Brig, prouvent le caractère de réavancée de ce stade des moraines basses. Il semble en effet que le

«niveau brun inférieur» des hauts de Brig, ait subi une pédogénèse assez longue avant d'être recouvert par le «niveau gris intermédiaire». C'est le degré d'altération des roches cristallines de sa partie supérieure qui le suggère.

Les terrasses de Kastler et Aebi, ainsi que celle de Neuwerk (interfluves, en rive droite, entre Massa et Lonza) pourraient correspondre au «stade des moraines extérieures aux vallées» de WINISTORFER (1978); leur cote ne jure pas. Mais elles se trouvent beaucoup plus haut que les dépôts de Mund-Birgisch.

Ces derniers se seraient-ils déposés lors de la fonte de ce grand glacier? Les conditions de leur formation seraient ainsi comparables à celles des cônes-terrasses de la vallée de Conches.

Bien que la datation du stade des moraines basses, tel qu'il est représenté sur la fig. 27, reste aléatoire (compte tenu des points d'interrogation concernant les corrélations), l'extension paraît parallélisable avec celle du Gschnitz classique.

La littérature fournit une date pour l'époque des moraines basses. L'étude palynologique d'un sondage prélevé dans l'Hopschensee, au Simplonpass, a permis à KÜTTEL (1976) de retrouver la séquence ininterrompue de la végétation depuis l'Alleröd. La réavancée des glaciers locaux qui ont recouvert le col (ce qui est le cas pour le stade des moraines basses seulement) est donc pré-Alleröd. Les détails manquent pour prendre position, mais cette conclusion n'est pas du tout en contradiction avec les idées à la mode!

CONCLUSIONS

Grâce aux nombreux kilomètres parcourus sur le terrain, et à l'aide des photos aériennes du Service topographique fédéral, les restes laissés par les glaciers du Haut-Valais ont été recensés, et consignés sur quatre cartes régionales. S'ils sont souvent bien conservés dans la proximité des glaciers, les délaissés ne présentent que rarement des caractères bien reconnaissables plus en aval. Les vallums sont remplacés par des accumulations de bordure de glacier, remaniées par les eaux de fonte et la glacitectonique. Ces dépôts ne se manifestent pas toujours de manière spectaculaire dans la morphologie, ce qui rend les rares coupes naturelles si intéressantes. Dans le Haut-Valais, l'exploitation des alluvions récentes, du Rhône ou de la

Weisswasser, produit l'essentiel du gravier utilisé pour la construction ou le génie civil. Aussi les gravières en activité fournissant de belles coupes fraîches sont-elles inexistantes. C'est donc à partir d'affleurements de qualité médiocre qu'il a fallu extraire des renseignements parfois primordiaux.

Si les cartes paléogéographiques reconstituées à partir de ces observations ponctuelles sont donc certainement entachées d'imprécisions, elles sont cependant une image tout-à-fait plausible, compte tenu de l'échelle à laquelle le travail a été effectué. Le but choisi il y a cinq ans est atteint: les cartes régionales permettront de situer les études de détail futures. Celles-ci apporteront peut-être des réponses aux interrogations posées par ce travail.

En particulier, quelque palynologiste pourra-t-il peut-être trouver «le» marais qui datera les stades résumés dans le tableau VII.

Glacier	Front des stades (avec altitude)		
	Moraines élevées	Moraines intermédiaires	Moraines basses
RHONE	Gletsch (1780)	Obergesteln (1355)	Niederwald - Steinhaus ? (1230)
FIESCHERGLETSCHER	Unterberg (1320)	Lax ? (1040)	Termen ? (850)
GROSSER ALETSCHGLETSCHER	Gebidem (1335)	Bitsch - Naters (680)	Gamsen - Brigerbad ? (650)
LANGGLETSCHER	Gletscherstafel (1800)	Wiler - Kippel ? (1350)	Leuk ? (600)
Proposition de corrélation	"Historiques"	"Daun"	"Gschnitz"
Chronologie probable (d'après la littérature)	Postglaciaire	Dryas III	Dryas II ou I ?

Tabl. VII. Les différents stades des glaciers de la région étudiée.

REMERCIEMENTS

Un travail de longue haleine, tel celui qui fait l'objet du présent rapport, serait impossible sans l'aide et le réconfort de nombreux amis. Que tous sachent combien leurs encouragements m'ont touché.

C'est à Marcel BURRI que je dois ma découverte de la géologie en général et de l'étude du Quaternaire en particulier. Pour la confiance qu'il m'a témoignée et les encouragements qu'il m'a prodigués tout au long de ces années de travail en commun, il a droit à toute ma gratitude.

La stimulation est importante aussi. Je l'ai trouvée à la fréquentation combien sympathique des «Amis du Quaternaire lémanique». Le dynamisme des membres de ce groupe ne pouvait que déteindre sur le débutant en butte à des problèmes qu'il croyait inextricables.

Merci à Françoise BURRI, Marie-José GAILLARD, Christian SCHLÜCHTER et Robert ARN, de m'avoir consacré tant d'heures précieuses chaque fois que je venais frapper à leur porte.

La liste serait longue, s'il fallait citer tout le monde, collègues, préparateurs, aussi c'est en bloc que je leur dis merci de m'avoir permis de mener à bien cette aventure.

Si cette étude est le type de recherche peu coûteuse, elle a quand même nécessité un investissement important lors de l'achat des photographies aériennes. Sans les subsides accordés par les Fonds Agassiz et Forel de la Société vaudoise des Sciences naturelles, le Fonds Rabet de l'Institut de géologie de l'Université de Lausanne, la Faculté des Sciences de l'Université de Lausanne, et la fondation Mariétan de la Société valaisanne des Sciences naturelles, je n'aurais pas pu profiter de cet instrument de travail indispensable.

Résumé

Cet article est le résumé d'une thèse de doctorat, dont le thème était l'histoire et la préhistoire glaciaires du Haut-Valais, entre le glacier du Rhône et Loèche (vallées des Vièges non comprises).

Par une étude essentiellement morphologique et par l'examen approfondi des trop rares coupes naturelles ou artificielles, les formes et les dépôts liés aux glaciers ont été recensés. Des cartes régionales comportant les délaissés glaciaires ont été établies (une seule figure dans le présent article). Les descriptions des formes les plus importantes font l'objet de la partie centrale de l'article.

La synthèse de ces résultats a autorisé l'établissement de reconstitutions paléogéographiques du bassin du Haut-Rhône. Des cartes ont été dessinées qui représentent la région lors de trois stades d'englacement différents:

- le stade des moraines élevées: les glaciers ont envahi à plusieurs reprises la marge proglaciaire actuelle.
- le stade des moraines intermédiaires: l'extension des glaciers à ce stade est plus considérable. Quatre grands glaciers atteignaient le fond de la vallée principale: les glaciers du Rhône, de Griess, de Fiesch et d'Aletsch.
- le stade des moraines basses: les restes liés à ce stade sont plus rares, aussi la part de l'interprétation est-elle plus grande. Malgré tout, les limites de certains glaciers sont fort plausibles. Le glacier du Rhône occupait toute la Haute-vallée de Conches, le glacier de Fiesch le relayait à l'aval jusqu'à Brigue, où il butait sur le glacier d'Aletsch.

L'absence d'éléments permettant la datation des stades n'a permis que de suggérer une corrélation avec les terminologies classiques du Tardi- et du Postglaciaire, ceci grâce à une importante étude de la littérature.

Zusammenfassung

Dieser Artikel ist die Zusammenfassung einer Doktorarbeit, deren Thema die Geschichte und Vorgeschichte der Gletscher des Oberwallis zwischen dem Rhonegletscher und Leuk ist (die Täler von Visp sind nicht inbegriffen).

Durch eine hauptsächlich morphologische Studie und durch eine gründliche Untersuchung der zu seltenen natürlichen oder künstlichen Profile sind die Formen und Ablagerungen, die mit den Gletschern in Verbindung stehen, dargestellt worden. Regionalkarten, die die Gletscherspuren enthalten, sind gemacht worden (eine einzige Darstellung in diesem Artikel). Die Beschreibung der wichtigsten Formen sind Gegenstand des Mittelteils dieses Artikels.

Die Synthese der Resultate hat das Aufstellen paleogeographischer Wiederherstellungen des Oberrhonebeckens zugelassen. Karten, die die Gegend während drei verschiedenen Vergletscherungsstadien darstellen, sind gemacht worden:

- Das Stadium der «hohen Moränen»: die Gletscher haben mehrmals das gegenwärtige Randgebiet des Gletschers überdeckt.
- Das Stadium der «Zwischenmoränen»: die Ausbreitung der Gletscher ist in diesem Stadium weit bedeutender. Vier grosse Gletscher erreichten den Talweg des Haupttales: die Rhone-, Griess-, Fiescher-, und Grosser Aletschgletscher.
- Das Stadium der «niedereren Moränen»: die Überreste jener Stadium sind seltener, und demzufolge ist der Spielraum für die Interpretation grösser. Trotz allem sind die Grenzen einiger Gletscher als sehr wahrscheinlich anzunehmen. Der Rhonegletscher überdeckte das ganze obere Gomsertal; der Fieschergletscher löste ihn talabwärts bis Brig ab, wo er auf den Grossen Aletschgletscher stiess.

Das Fehlen von Elementen, die die Datierung den Stadien zuliesse, hat nur erlaubt einen Zusammenhang mit den klassischen Begriffen des Spät- und Postglazial anzuzeigen, dies dank einer bedeutenden Studie der Literatur.

BIBLIOGRAPHIE

- AGASSIZ, L. (1840): Etude sur les glaciers. - Petitpierre, Neuchâtel.
- ALPQUA (1977): Livret guide de l'excursion de la "Schweizerische Geomorphologie Gesellschaft".
- AMMANN, K. (1975): Gletschernahe Vegetation in der Oberaar (Grimsel) einst und jetzt. *Mitt. natf. Ges. Bern (N.F.)* 32.
- ÄRN, R. (1978): Analyse pollinique et malacologique des sédiments lacustres postglaciaires du Rueret (Puidoux, VD). *Bull. Lab. Géol. etc. Mus. géol. Univ. Lausanne* 231.
- BECK, P. (1926): Eine Karte der letzten Vergletscherung der Schweizeralpen. *Mitt. natw. Ges. Thun.*
- BEELER, F. (1977): Geomorphologische Untersuchungen am Spät- und Postglazial im schweizerischen Nationalpark und im Berninapassgebiet. *Ergeb. wiss. Unters. schweiz. Nationalpark XV.*
- BERNET, B. (1976): Petit historique de la Furka. *Les Alpes* 52/1.
- BERTHOIS, L. (1975): Etude sédimentologique des roches meubles. Doin, Paris.
- * BEZINGE, A. (1976): Troncs fossiles morainiques et climats de la période holocène en Europe. *Bull. Murithienne, Soc. valais. Sci. nat.* 93.
- BEZINGE, A. & BONVIN, G. (1973): Images du climat sur les Alpes. *Soc. hydrotech. de France.*
- * BIELER, P.L. (1974): Etude paléoclimatique de la fin du Quaternaire dans le bassin lémanique. Non publ.
- (1978): Le Paléoclimat de la région de Nendaz; nouvelles interprétations au sujet du réchauffement post-würmien. *Bull. Murithienne, Soc. valais. Sci. nat.* 95.
- BIERMANN, C. (1907): La vallée de Conches en Valais. Essai sur la vie dans une haute vallée fermée des Alpes suisses sous l'influence de l'altitude, du climat et du relief. *Bull. Lab. Géol. etc. Univ. Lausanne* 8.
- BÜGLI, A. (1941): Morphologische Untersuchungen im Goms. *Mém. Soc. fribourg. Sci. nat.*
- BONAPARTE, R. PRINCE (1889): Le grand glacier de l'Aletsch et le lac de Märjelen. - Paris.
- BOURDIER, F. (1961): Le bassin du Rhône au Quaternaire. Ed. CNRS, Paris.
- BRAUN, A. F. (1974): Eine sedimentologische Ableitung des Eisrandschwemmkegel aus der Obermoräne. *Eclogae geol. Helv.* 67/1.
- BROECKER, W. S., EWING, M. & HEEZEN, B. (1960): Evidence of an abrupt change in climate close to 11.000 age. *Amer. J. Sci.* 258.
- * BURRI, M. (1955): La géologie du Quaternaire aux environs de Sierre. *Bull. Murithienne, Soc. valais. Sci. nat.* 72.
- (1962): Les dépôts quaternaires de la vallée du Rhône entre St Maurice et le Léman. *Bull. Lab. Geol. etc. Mus. géol. Univ. Lausanne* 132.
- (1963): Le Quaternaire des Drances. *Bull. Lab. Géol. etc. Mus. géol. Univ. Lausanne* 142.
- (1974): Histoire et préhistoire glaciaires des vallées des Drances (VS). *Eclogae geol. Helv.* 67/1.
- BUXTORF, A. (1922): Ueber Flussverlegungen de Rhône bei Gletsch und bei Brig. *Eclogae geol. Helv.* XVII/3.
- CHAIX, A. (1923): Les coulées de blocs du Parc national suisse d'Engadine. - *Globe, Genève* 42.
- CHAIX, L. (1976): La faune néolithique du Valais. *Doc. dépt. anthropologie, Genève* 3.
- CHARPENTIER, J. DE (1841): Essai sur les glaciers et sur le terrain erratique du bassin du Rhône. *Ducloux, Lausanne.*
- COOPE, G. R. (1974): Climatic fluctuations in northwest Europe since the Last Interglacial, indicated by fossil assemblage of Coleoptera. In: WRIGHT, A. E. & MOSELY, F. (Ed): *Ice Ages. Proc. 21 st Inter-Univ. Geol. Congr. Birmingham.*
- CRISINEL, A. (1978): Géologie de la réserve naturelle de la forêt d'Aletsch. *Bull. Murithienne, Soc. valais. Sci. nat.* 95.
- DERRUEAU, M. (1974): Précis de géomorphologie. - *Masson, Paris*

- DESBUISSONS, L. (1909): La vallée de Binn. - Bridel, Lausanne.
- DOLIVO, E. (1976): Etude géologique et pétrographique du col du Simplon au Nanztal. Trav. dipl. Lausanne.
- DOMARADZKI, J. (1951): Blockströme in Kanton Graubünden. *Ergeb. wiss. Unters. schweiz. Nationalparks (N.F.)* III/24.
- EGGERS, H. (1961): Moränenterrassen im Wallis. *Freiburger geogr. Arb.* 1, Schulz, Fr. in Br.
- ESCHER, H. (1965): Die Bestimmung der klimatischen Schneegrenze in der Schweizer Alpen. *Geogr. helv.* 25/1
- FELLENBERG, E. VON & MOESCH, C. (1893): Geologische Beschreibung des westlichen Teils des Aarmassivs. *Beitr. geol. Karte Schweiz* 23.
- FLINT, R. F. (1971): *Glacial and Quaternary Geology.* - John Wiley and Sons, New York.
- FOREL, F. A. (1881-1921): Variations périodiques des glaciers des Alpes suisses. *Extr. Jb. SAC.*
- (1883): Les travaux du club alpin suisse au glacier du Rhône. *Extr. Echo des Alpes* XIX.
- (1905): Le glacier du Rhône. *Extr. Dict. géogr. Suisse.*
- FRÜH, (1899): Ueber postglazialen, intramoränischen Löss im schweizerischen Rhonetal. *Eclogae geol. Helv.* VI.
- FURRER, G., LEUTZINGER, H. & AMMANN, K. (1975): Klimaschwankungen während des alpinen Postglazials im Spiegel fossiler Böden. *Vjschr. natf. Ges. Zürich* 120/1.
- FURRER, H. (1948): Das Sackungsgebiet von Greich-Goppisberg, nördlich Mörel, und Riederhornstollen (Oberwallis). *Eclogae geol. Helv.* 41/2.
- GAILLARD, M. J. & WEBER, B. (1977): Contribution à l'étude du Tardiglaciaire de la région lémanique. Le profil de St Laurent à Lausanne. *Bull. Soc. bot. Suisse* 8/3-4.
- GENGE, E. (1948): Zur Geomorphologie des Niedersimmentales. *Geogr. Helv.* 3/2.
- (1949): Eiszeitliche Ablagerungen im Diemtigtal. *Mitt. natf. Ges. Bern N.F.* 6
- GERBER, E. K. (1944): Morphologische Untersuchungen im Rhonetal zwischen Oberwald und Martigny. *ETHZ, Arb. geogr. Inst.* 1.
- (1951): Zum Problem der alpinen Talterrassen. *Vjschr. natf. Ges. Zürich* 96/2.
- GERLACH, H. (1883): Die Penninischen Alpen. *Beitr. geol. Karte Schweiz* 27.
- GERMANN, R. (1962): zur Deutung pleistozäner Sedimente und Formen. Vergleichliche mit rezenten Gletschergebieten (Grosser Aletschgletscher). *Jh. Ges. Natkd. Württemb.* 117.
- HALDER, U. & KASSER, P. (1975): Aletsch. Verlag Schweiz. Bund Naturschutz.
- HAMMERSCHLAG, J. G. (1978): Simplon. *Trav. dipl. Lausanne.*
- HANTKE, R. (1958): Die Gletscherstände des Reuss- und Linthsystems zur ausgehenden Würmeiszeit. *Eclogae geol. Helv.* 51.
- (1970a): Die Jungere Steinzeit. *Ur- und Frühgesch. Archäol. Schweiz.*
- (1970b): Zur Diffluenz des würmeiszeitlichen Rheingletschers bei Sargans und die Spätglazialen Gletscherstände in der Walensee Talung und im Rheintal. *Vjschr. natf. Ges. Zürich* 115.
- (1970c): Zur Datierung spätwürmeiszeitlicher Gletscherstände am Rande des Säntisgebirges. *Eclogae geol. Helv.* 63
- (1970d): Les stades tardiwürmiens sur le versant nord des Alpes suisses. *Rev. géogr. alp., Grenoble*, LVIII.
- (1972): Spätwürmeiszeitliche Gletscherstände in den Romanischen Voralpen (Westschweiz). *Eclogae geol. Helv.* 65/2.
- (1978): *Eiszeitalter*, Band 1. - Otto Verlag, Thun.
- HARPE, P. DE LA (1877): Note sur la géologie des environs de Louèche-les-Bains. *Bull. Soc. vaud. Sci. nat.* XV/78.
- HEIM, A. (1917): *Geologie der Schweiz - Das Diluvium.* - Tauchnitz, Leipzig.
- HESS, H. (1907): Alte Talböden im Rhonegebiet. *Z. Gletscherkd.* II.
- (1913): Die präglaziale Alpenoberfläche. *Mitt. Justus Perthes' geogr. Anstalt.*

- HEUBERGER, H. (1954): Gletschervorstösse zwischen Daun- und Fernau-Stadium in den nördlichen Stubaier Alpen (Tirol). Z. Glkde 3.
- (1968): Die Alpen im Spät- und Postglazial. Eiszeitalter u. Gegenwart 19.
- HOGARD, H. (1858): Recherches sur les glaciers et sur les formations erratiques des Alpes de la Suisse. - Gley, Epinal.
- HORWITZ, L. (1911): Contribution à l'étude des cônes de déjections dans la vallée du Rhône. - Impr. réunies, Lausanne.
- HUSEN, D. VAN (1976): Zur Fazies und Stratigraphie des jungpleistozänen Ablagerungen im Trauntal. Jb. geol. Bundesanst. (Wien) 1.
- (1979): Granulometrische Untersuchungen zur Genese von Moränen im Salzkammergut. - Prepr. Proc. Symp. INQUA 1978.
- INQUA. (1978): Guidebook for the excursion. - ETH, Zürich.
- INSTITUT FÉDÉRAL DES TRAVAUX PUBLICS, SECTION HYDROMÉTRIQUE, (1878): Bassin du Rhône depuis ses sources jusqu'au lac Léman. - Gebhardt, Rösch et Schutzmann, Bern.
- INSTITUT FÜR GRUNDBAU UND BODENMECHANIK. (1976): Rapport "3600/2, Fondation Lawinenverbau". - ETH, Zürich.
- JÄCKLI, H. (1957): Gegenwartsgeologie des bündnerischen Rheingebieten. Beitr. Geol. Schweiz, geotech. Ser. 36.
- (1962): Die Vergletscherung der Schweiz im Würmmaximum. Eclogae Geol. Helv. 55/2.
- KASSER, P. (1961): Glaziologischer Kommentar zur neuen im Herbst 1957 aufgenommenen Karte 1:10'000 des Grossen Aletschgletscher. Assoc. Intern. Hydrol. sci., Bruxelles 54.
- KELLER, P. (1935): Pollenanalytische Untersuchungen an Mooren des Wallis. Vjschr. natf. Ges. Zürich 80.
- KELLER, S. (1977): Simplon. - Trav. Dipl., Lausanne.
- KERSCHNER, H. (1978): Untersuchungen zum Daun- und Egesenstadium in Nordtirol und Graubünden (methodische Ueberlegungen). Geogr. Jber. Oesterreich XXXVI.
- KING, L. (1974): Studien zur Postglazialen Gletscher- und Vegetationsgeschichte des Sustenpassgebietes. Basler Beitr. Geogr. 18.
- KINZL, H. (1932): Die grössten nacheiszeitlichen Gletschervorstösse in den Schweizer Alpen und in der Mont Blanc-Gruppe. Z. Gletscherk., Leipzig XX/4-5.
- KLEIBER, H. (1974): Pollenanalytische Untersuchungen zum Eisrückzug und zur Vegetationsgeschichte im Oberengadin I. Bot. Jb. Syst. 94/1.
- KÜTTEL, M. (1974): Zum alpinen spät- und frühen Postglazial: das Profil Obergurbs (1910) im Diemtigtal, Berner Oberland, Schweiz. Z. Gletscherk. Glazialgeol. X.
- (1976): Pollenanalytische Untersuchungen zur Vegetations-, Gletscher- und Klimageschichte des alpinen Spät- und Frühpostglazials im oberen Tessin, im Berner Oberland und im Wallis. Preprint de thèse.
- (1977): Pollenanalytische und geochronologische Untersuchungen am Südrand des Piottino-Schwankung. Boreas 6.
- LABHART, F.P. (1965): Petrotektonische Untersuchungen am Südrand des Aarmassivs nördlich Naters (Wallis, Schweiz). Beitr. geol. Karte Schweiz (N.F.) 124.
- (1967): Die Uranvererzungen am Südrand des Aarmassivs bei Naters (Kt. Wallis, Schweiz). Beitr. Geol. Schweiz, geotech. Ser. 43.
- LAHOUSE, M.N. (1977): Les dates carbone 14 du bassin lémanique. Doc. Dépt. Anthropologie
- LAUTENSCHLAGER, E. (1965): Le système d'irrigation d'Ausserberg en Valais. Bull. Murithienne, Soc. valais. Sci. nat. LXXXII.
- LISKAY-NAGY, M. (1965): Geologie des Sedimentbedeckung des Südwestlichen Gotthard-Massivs im Oberwallis. Eclogae geol. Helv. 58/2.
- LLIBOUTRY, L. (1965): Traité de glaciologie, tome II. - Masson, Paris.
- LUDI, W. (1932): Die Waldgeschichte der Grimsel. Beitr. bot. Cbl. XLIX, Ergänzbd.
- LUGEON, M. (1914): Les hautes Alpes calcaires entre la Lizerne et la Kander, fasc. 1. Matér. Carte géol. Suisse (n.s.) XXX.

- LUMLEY, H. DE (1976): IXème congrès de l'UISPP, Nice 1976. - Ed. CNRS, Paris.
- LÜTHY, H. J. (1965): Geologie des Gotthardmassivischen Sedimenbedeckung und des pennischen Bündnerschiefer im Blinnetal, Rappental und Binntal. - Offsetdruck, Bern.
- LÜTSCHEG, O. (1916): Le lac de Märgjelen. - Alb. Kundig, Genève.
- (1939): Zur Wasserhaushalt des Schweizer Hochgebirges. Int. geod. geophys. Ver., Versamml. Washington.
- MACHATSCHKE, F & STAUB, W. (1927): Morphologische Untersuchungen im Wallis. Eclogae geol. Helv. XX/3.
- MARIETAN, I. (1936): La réserve d'Aletsch et ses environs. Bull. Murithienne, Soc. valais. Sci. nat. LVIII.
- (1941): Vallée inférieure de la Massa (Valais). Bull. Murithienne, Soc. valais. Sci. nat. LVIII.
- (1945): Birgisch-Mund et le Gredetschtal (Valais). Bull. Murithienne, Soc. valais. Sci. nat. LXII.
- (1955): Notes sur la Vallée de Conches. Bull. Murithienne, Soc. valais. Sci. nat. LXXII.
- (1960): Caractères du Ijolital. Bull. Murithienne, Soc. valais. Sci. nat. LXXVII.
- MARKGRAF, V. (1969): Moorkundliche und Vegetationsgeschichtliche Untersuchungen an einem Moorsee an der Waldgrenze im Wallis. Bot. Jb. 89.
- MARREL, M. (1976): Etude de la région de Gebidem- Ochsenhorn. - Trav. dipl., Lausanne.
- MERCANTON, P.L. (1916): Mensurations du glacier du Rhône (1874-1915). Nouv. Mém. Soc. Helv. Sci. nat. - (1922-1951): Variations périodiques des Alpes suisses. Jb. S.A.C.
- MESSERLI, B. & ZURBUCHEN, M. (1968): Coulées de blocs, au Weissmies et au Glacier d'Aletsch et leur cartographie photogrammétrique. Les Alpes, rev. C.A.S. 44/3.
- MESSERLI, B., ZUMBÜHL, H.J., AMMAN, K., KIENHOLZ, H., OESCHGER, H., PFISTER, CH. & ZURBUCHEN, M. (1975): Die Schwankungen des unteren Grindelwaldgletschers seit dem Mittelalter. Z. Gletscherk. Glazialgeol. XI/1.
- MONACHON, C. (1978): Essai de reconstitution de la paléogéographie des stades glaciaires dans la vallée des Fares (Iséables). Bull. Murithienne, Soc. valais. Sci. nat. 95.
- MORLOT, A. (1855): Note sur la subdivision du terrain quaternaire en Suisse. - Ramboz et Schuchardt, Genève.
- MÜLLER, F., CAFLISCH, T. & MÜLLER, G. (1976): Firn und Eis der Schweizer Alpen. - ETH, Zürich.
- MÜLLER, H.J. (1972): Pollenanalytische Untersuchungen zum Eisrückzug und zur Vegetationsgeschichte im Vordererhein- und Lukmaniergebiet. - Flora, Gustav Fischer Verlag, Jéna 161.
- MÜLLER, H.N. (1974): Fossile Böden in Moränen (Gäli Egga, Rossbodengebiet, Simplon, VS). Bull. Murithienne, Soc. valais. Sci. nat. 92.
- (1978): Fossile Böden in einer Schutthalde (Rotelsee, Simplonpass, VS). Bull. Murithienne, Soc. valais. Sci. nat. 94.
- NUSSBAUM, F. (1910): Die Täler der Schweizer Alpen. - Verl. schweiz. alp. Mus., Bern.
- (1914): Ueber die Fortschritte der morphologischen Erforschung der Schweiz in neuer Zeit. 2. Ges. Erdkd. Berlin.
- OESCHGER, H. & RÜTHLISBERGER, H. (1960): Datierung eines ehemaligen Standes des Aletschgletscher durch Radioaktivitätsmessungen an Holzproben und Bemerkungen zu Holzfunden an weiteren Gletschern. Z. Gletscherk. Glazialgeol. 4/3.
- OLIVE, P. (1972): La région du lac Léman depuis 15'000 ans: données paléo- climatologiques et préhistoriques. Rev. Géogr. phys. Géol. dgn. XIV/3.
- ONDE, H. (1964): Les altitudes moyennes du bassin helvétique du Rhône. Globe 104. Soc. géogr., Genève.
- OULIANOFF, N. (1936): Raisons tectoniques de l'origine du lac de Märgjelen. (Région du glacier d'Aletsch). Bull. Soc. vaud. Sci. nat. 59/239.
- PATZELT, G. (1972): Die spätglazialen Studien und postglazialen Schwankungen von Ostalpenglazialern. Ber. dtsh. bot. Ges. 85/1-4.
- (1973): Die nezeitlichen Gletscherschwankungen in der Venedigergruppe (Hohe Tauern, Ostalpen). Z. Gletscherk. Glazialgeol. IX/1-2.

- STRECKEISEN, A. (1965): Junge Bruchsystem im nördlichen Simplon-Gebiet (Wallis, Schweiz). *Eclogae geol. Helv.* 58/1.
- SWIDERSKI, B. (1919a): La partie occidentale du massif de l'Aar entre la Lonza et la Massa. *Matér. Carte géol. Suisse (n.s.) XLVII.*
- (1916b): Les stades de retrait des glaciers du Rhône et d'Aletsch. *Bull. Soc. vaud. Sci. nat.* 52/196.
- TYNDALL, J. (1873): Les glaciers et les transformations de l'eau. - *Libr. Germer Baillière, Paris.*
- VATAN, A. (1967): Manuel de sédimentologie. - *Ed. Technip, Paris.*
- VENETZ, I. (1833): Mémoire sur les variations de la température dans les Alpes de la Suisse. *Mém. Soc. helv. Sci. nat.* I/2.
- (1843): Glaciers du Jura. *Actes Soc. helv. Sci. nat.* 28.
- (1858): Mémoire sur l'extension des anciens glaciers, renfermant quelques explications sur leurs effets remarquables. *Nouv. Mém. Soc. helv. Sci. nat.* 18.
- VILLARET, P. (1960): Evolution postglaciaire de la végétation en fonction de l'altitude dans la vallée d'Anzeindaz (Alpes vaudoises). *Colloq. Geobot. EPFZ.*
- VILLARET, P. & BURRI, M. (1965): Les découvertes palynologiques de Vidy et leur signification pour l'histoire du lac Léman. *Bull. lab. Géol. etc. Mus. géol. Univ. Lausanne* 153.
- VILLARET-VON ROCHOW, M. & P. (1958): Das Pollendiagramm eines Waldgrenzmoores in den Waadtländer Alpen. *Verh. geobot. Inst. Rübel Zürich* 33.
- VIVIAN, R. (1975): Les glaciers des Alpes occidentales. - *Imp. Allier, Grenoble.*
- VOSSER, P. (1937): Das Wallis. - *In: FRÜH, J.: Geographie der Schweiz III.*
- WAHRHAFTIG, C. & COX, A. (1959): Rockglaciers in the Alaska range. *Bull. geol. Soc. Amer.* 70.
- WEGMÜLLER, S. (1977): Pollenanalytische Untersuchungen zur spät- und postglazialen Vegetationsgeschichte der französischen Alpen (Dauphiné). *Verlag Paul Haupt, Bern.*
- WEGMÜLLER, S. & WELTEN, M. (1973): Spätglaziale Bimstufelager des Laacher Vulkanismus im Gebiet des westlichen Schweiz und der Dauphiné (F). *Eclogae geol. Helv.* 66/3.
- WERHLI, L. (1914): Der ausgelaufene Märjelsee am grossen Aletschgletscher. *Buch und Kunstdruckerei Tschopp, Zürich.*
- WELTEN, M. (1952): Ueber die spät- und postglaziale Vegetationsgeschichte des Simmentals. *Verh. geobot. Inst. Rübel, Zürich* 26.
- (1958a): Pollenanalytische Untersuchung alpine Bodenprofile: historische Entwicklung des Bodens und säkulare Sukzession der örtlichen Pflanzengesellschaften. *Verh. geobot. Inst. Rübel Zürich* 33.
- (1958b): Die spätglaziale und postglaziale Vegetationsentwicklung der Berner-Alpen und -Voralpen und des Walliser Haupttales. *Verh. geobot. Inst. Rübel Zürich* 34.
- (1972): Das spätglazial im nördlichen Voralpengebiet der Schweiz. *Ber. dtsh. bot. Ges.* 85/1-4.
- WELTEN, M. & OESCHGER, H. (1957): Erste Ergebnisse von C^{14} -Alterbestimmungen zur Vegetationsgeschichte der Schweiz. *Verh. schweiz. natf. Ges.*
- WINISTORFER, J. (1978): Paléogéographie des stades glaciaires des vallées de la rive gauche du Rhône entre Viège et Aproz. *Bull. Murithienne, Soc. valais. Sci. nat.* 94.
- WOLDSTEDT, P. (1958): Das Eiszeitalter. Grundlinien einer Geologie des Quatärs. - *Ferdinand Enke Verlag, Stuttgart.*
- ZBINDEN, P. (1950): Geologisch-Petrographische Untersuchungen im Bereich südlicher Gneise des Aar-massivs. *Dissertationsdruckerei Leemann, Zürich.*
- ZIENERT, A. (1974): Historische und Prähistorische Gletscherstände im Simmen- Engstligen- und Kander-Tal (Berner Oberland). *Heidelb. geogr. Arb.* 40.
- (1976): Die Würmeisstände des Aaregletschers um Bern und Thun. Gletscherstände um Zermatt. *Prep. Heidelb. geogr. Arb.* 49.
- ZOLLER, H. (1967): Postglaziale Klimaschwankungen und ihre Einfluss auf die Waldentwicklung Mitteleuropas einschliesslich der Alpen. *Ber. dtsh. bot. Ges.* 10.
- ZOLLER, H., SCHINDLER, C. & RÖTHLISBERGER, H. (1966): Postglaziale Gletscherstände und Klimaschwankungen im Gotthardmassiv und Vorderrheingebiet. *Verh. natf. Ges. Basel*))/2.

- PATZELT, G. & BORTENSCHLAGER, S. (1973): Die postglazialen Gletscher- und Klimaschwankungen in der Venedigergruppe (Hohe Tauern, Ostalpen). Z. Geomorph. (N.F.), Suppl. Bd. 16.
- PENCK, A. & BRÜCKNER, E. (1909): Die Alpen im Eiszeitalter. - Tauchnitz, Leipzig.
- PORTMANN, J.P. (1975-1976-1978): Notices glaciologiques. Aperçus historiques I, II et III. Les Alpes, rev. C.A.S.
- (1976): La région de la Furka. Les Alpes; rev. C.A.S. 52/1.
 - (1977): Variations glaciaires, historiques et préhistoriques dans les Alpes suisses. Les Alpes, rev. C.A.S. 53/4.
- QUERVAÏN, A. DE (1903): Die Hebung der atmosphärischen Isotermen in den Schweizer Alpen und ihre Beziehung zu den Höhengrenzen. Gerlands Beitr. Geophys. VI/4.
- RENAUD, A. (1952-1960): Variations des glaciers des Alpes suisses. Les Alpes, rev. C.A.S.
- (1964): Quel est l'âge des glaciers? Bull. Murithienne, Soc. valais. Sci. nat. LXXXI.
- ROMER, E. (1911): Mouvements épeiorogéniques dans le haut bassin du Rhône. Bull. Soc. vaud. Sci. nat. XLVII/72.
- RÖTHLISBERGER, F. (1976): Gletscher- und Klimaschwankungen in Raum Zermatt, Ferpècle und Arolla. Les Alpes, rev. C.A.S. 52.
- SALATHE, R.H. (1961): Die stadiale Gliederung des Gletscherrückganges in der Schweizer Alpen und ihre morphologische Bedeutung. - Birkhäuser, Basel.
- SAUTER, M.R. (1948): Le Néolithique du Valais. Separatobdr. Festschr. Otto Tschumi.
- (1963): Aspects du Valais, il y a cinq millénaires. Actes Soc. helv. Sci. nat. 143.
- SCHARDT, H. (1908): Coup d'oeil sur la géologie et la tectonique des Alpes du canton du Valais. Bull. Murithienne, Soc. valais. Sci. nat. XXXV.
- SCHATZMANN, P.E. (1972): Le déchiffrement des glaciers. Les Alpes, rev. C.A.S. 48/4.
- SCHENKER, M. (1946): Geologische Untersuchung des mesozoischen Sedimentkeiles am Südrand des Aarmassivs zwischen Lonza und Baltschiederthal. Beitr. geol. Karte Schweiz (N.F.) 86.
- SCHINDLER, C. (1972): Zur Geologie des Gotthard-Nordrampe der Nationalstrasse N2. Eclogae geol. Helv. 65/2.
- SCHINER, (1812): Description du département du Simplon. - Antoine Advocat, imp., Sion.
- SCHLÜCHTER, C. (1976a): Geologische Untersuchungen im Quartär des Aaretals südlich von Bern. Beitr. geol. Karte Schweiz (N.F.) 148.
- (1976b): Die lithostratigraphische Gliederung der letzteiszeitlichen Ablagerungen zwischen Bern und dem Thunersee. Sonderdr. Führer Exkursionstagung IGCP-Proj. 73/1/24.
 - (1977): Grundmoräne versus Schlammermoräne - two types of lodgement till in the Alpine Foreland of Switzerland. Boreas 6.
 - (1978): Die stratigraphische Bedeutung von Verwitterungshorizonten im Quartär des Kantons Bern. Eclogae geol. Helv. 71/1.
- SCHNEEBELI, W. (1976): Untersuchungen von Gletscherschwankungen im Val de Bagnes. Les Alpes. rev. C.A.S. 52/3-4.
- SCHNEIDER, J. (1929): Das Zungenbecken des Rhonegletschers. Actes Soc. helv. Sci. nat. 1929.
- SCHWEIZER, G. (1968): Die Formenschatz des Spät- und Postglazials in den Hohen Seealpen. Z. Geomorph.
- SERET, G. (1965): La succession des épisodes fluviaux, périglaciaires et fluvioglaciaires à l'aval des glaciers. Z. Geomorph. (N.F.) 9/3.
- (1967): Les systèmes glaciaires du bassin de la Moselle et leurs enseignements. Rev. belge géogr. 90/2-3.
- STALDER, H. A. (1964): Petrographische und mineralogische Untersuchungen im Grimselgebiet. Leemann AG.
- STECK, A. (1966): Petrographische und tektonische Untersuchungen am zentralen Aaregranit und seinen altkristallinen Hüllgesteinen im westlichen Aarmassiv. - Stämpfli & Cie, Bern.
- STECK, A. RAMSAY, J.G., MILNES, A.G. & BURRI, M. (1979): Compte rendu de l'excursion de la Société Géologique Suisse et la Société Suisse de Minéralogie et Pétrographie en Valais et en Italie du nord du 2 au 5 octobre 1978. Eclogae geol. Helv. 72/1.

