

Quaternaire

Objekttyp: **Chapter**

Zeitschrift: **Eclogae Geologicae Helvetiae**

Band (Jahr): **11 (1910-1912)**

Heft 5: **Paléontologie et stratigraphie**

PDF erstellt am: **17.07.2024**

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

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

du Kastelberg, derniers témoins de la couverture miocène de cette hauteur, sont dorénavant protégés contre une destruction complète par l'intervention de la « Ligue suisse pour la protection de la Nature. »

M. A. GUTZWILLER (129) a constaté d'autre part la présence de plusieurs lambeaux de Nagelfluh jurassienne dans le bassin de Laufon. Dans ces conglomérats la disposition des galets correspond à des courants dirigés du N au S; les dépôts sont alignés suivant une direction NS et la nature des galets ne permet de les dériver que de la Forêt Noire.

Quaternaire.

Alluvions pléistocènes. — M. J. FRÜH (158) a établi une distinction nette entre deux niveaux d'alluvions, qui s'étagent sur les hauteurs séparant la vallée de la Thur de la partie inférieure du lac de Constance, et qui appartiennent au **Deckenschotter**. Il s'agit d'abord d'alluvions qui se trouvent à l'altitude d'environ 700 m., près de Reutenen et Salen et qui correspondent à « l'älterer Deckenschotter »; ce dépôt montre une structure en delta très accusée correspondant à des courants dirigés au N et à l'W; il possède une grande extension et est couvert par de la moraine.

Le second niveau d'alluvions se trouve au N et à l'W de Herdern, sur la hauteur du Hörnliwald; il appartient au « jüngerer Deckenschotter » et a sa base à 600 m. d'altitude; sa structure indique qu'il s'est formé à petite distance d'un glacier.

M. W. KILIAN (162) a décrit sommairement les dépôts quaternaires des environs de Bellegarde et du Fort de l'Ecluse (Ain). Il a signalé, outre les alluvions wurmiennes, des alluvions plus jeunes datant probablement de l'oscillation de Laufen et qui présentent cette particularité que leur stratification est inclinée en sens inverse de la pente de la vallée.

M. B. AEBERHARDT (141), dont les idées sur l'origine et l'âge des alluvions de la haute et de la basse Terrasse ont été exposées à plusieurs reprises dans la *Revue géologique*, s'est attaché à démontrer une fois de plus l'indépendance de la **Basse Terrasse** relativement aux moraines de Würm. Cette terrasse se suit depuis Wangen jusqu'à Berthoud, où elle est recouverte soit par de la moraine wurmienne, soit par un dépôt de delta, accumulé dans un lac de barrage glaciaire.

Aux environs de Wolhusen la superposition des moraines wurmiennes sur la Basse Terrasse est également évidente. On doit donc considérer comme confirmée l'idée que la Basse Terrasse s'étend loin vers l'amont et que son dépôt a précédé la dernière glaciation.

M. F. ANTENNEN (144) a complété ses observations antérieures sur le **Quaternaire de l'Emmenthal** en les continuant dans l'Entlebuch.

Il a constaté d'abord la présence sur les flancs de la vallée, depuis les environs de Wiggen jusque près de Schüpfheim, de lambeaux d'une terrasse d'érosion, qui s'abaisse lentement de 950 m. à 850 m., et qui correspond vraisemblablement au seuil d'une vallée interglaciaire Günz-Mindel.

Dans le fond de cette ancienne vallée l'érosion fluviale et glaciaire a recreusé une nouvelle section profonde de 120 m., dont les formes moutonnées trahissent l'action du glacier. L'auteur de ce travail est le glacier de l'Emme, renforcé par une langue du glacier de l'Aar, qui a déposé ses moraines frontales au S de Wohlhusen, puis plus tard, en se retirant, à Weissemmen entre Schüpfheim et Escholzmatt et à Knubel. D'autres formations morainiques, contemporaines de ce retrait de la période de Riss, mais accumulées par de petits glaciers locaux, se trouvent au SW d'Entlebuch et près de Schüpfheim.

La terrasse sur laquelle reposent les moraines de Riss et qui correspond au fond de la vallée de la période interglaciaire Mindel-Riss, est couverte en aval de Schüpfheim par des alluvions fluvio-glaciaires; celles-ci datent du retrait de la glaciation de Riss et sont donc contemporaines de la Haute Terrasse; elles ont contribué à rendre l'ancien thalweg presque horizontal sur une grande longueur.

La Basse Terrasse n'est conservée qu'à l'état de lambeaux dans les parties élargies de la vallée; ses restes dominent le thalweg actuel d'environ 7 m.

Quant au tronçon compris entre Wiggen et Schüpfheim, il a été depuis la fin de la période de Riss jusqu'à nos jours le siège d'alluvionnements torrentiels continus, qui sont favorisés par la présence des moraines de Riss dans la région d'Escholzmatt.

Dans la seconde partie de sa publication M. Antennen décrit les formations quaternaires qu'il a étudiées dans le petit massif du Hundschüpfen, situé au SW de l'Emmenthal, entre la coupure de Zäziwyl-Signau et celle de Walkringen-

Bigenthal. Sur les deux versants du Hundschüpfen l'auteur a constaté la présence des restes d'une terrasse, tapissée d'alluvions anciennes, à la fois profondément altérées et fortement cimentées, dont la surface se trouve à 900-910 m. Cette terrasse se raccorde vers l'aval à la terrasse ancienne de l'Emmenthal et doit dater, comme celle-ci et comme la terrasse supérieure de l'Entlebuch, de la période interglaciaire Günz-Mindel; elle représente en effet un niveau plus bas que celui atteint dans cette région par la pénéplaine préglaciaire.

Outre ces alluvions qui correspondent ainsi au Deckenschotter récent, on trouve, dans le haut de l'Arnithal, un système d'alluvions un peu plus élevé, dont la surface s'élève jusqu'à 950 m., et qui doit représenter le vieux Deckenschotter.

Enfin l'on trouve dans le massif du Hundschüpfen des restes importants de moraines de Riss, qui s'élèvent jusqu'au niveau de 950 m., et qui contiennent, à côté d'éléments provenant des chaînes calcaires et du massif de l'Aar, des éléments abondants d'origine rhodanienne. Au-dessus de 950 m., on ne rencontre plus que des blocs isolés.

Dans la région voisine du **Napf**, M. NUSSBAUM (167) a cherché à établir un tableau d'ensemble des alluvions et des terrasses. Il a reconnu au niveau des vallées actuelles des alluvions qui se répartissent entre les deux systèmes de la Haute et de la Basse Terrasse; puis, à 40-60 m. au-dessus des thalwegs, se développe une terrasse souvent couverte d'alluvions, qui date probablement de la première période interglaciaire; enfin à 80 m. plus haut une dernière terrasse doit être préglaciaire.

L'auteur a étudié en outre des dépôts d'alluvions répartis sur les pentes à diverses altitudes et qu'il attribue à des barrages glaciaires de la période de Riss.

M. J. FRÜH (70) a étudié à son tour les alluvions qui comblent le fond du **Gasterenthal** et qui ont été atteintes par la galerie du Löttschberg côté N. Il admet que ce remplissage s'est accumulé dans une vallée glaciaire, en amont d'un barrage morainique, qui obstruait la gorge étroite par laquelle cette vallée débouchait dans celle de Kandersteg.

Formations morainiques. — M. A. DELEBECQUE (152) a consacré une courte notice aux **formations quaternaires de la vallée inférieure de l'Arve**. Il a rappelé d'abord que l'amas de blocs de la Plaine aux Rocailles est une moraine latérale du

glacier du Borne, dont les matériaux provenaient d'un gigantesque éboulement tombé sur le glacier. Cette moraine a du reste pris une extension considérable.

En second lieu M. Delebecque a décrit un système de six terrasses qui s'étagent entre 10 et 75 m. au-dessus du niveau actuel de l'Arve, et dont plusieurs se continuent jusqu'au Rhône. Ceci est le cas particulièrement pour la terrasse d'Annemasse, qui correspond à celle des Tranchées de Genève et s'est par conséquent déposée à un moment où le niveau du lac était de 30 m., plus haut qu'actuellement. Une autre terrasse, qui aboutit au Rhône, est à 10 m. au-dessus de la rivière actuelle.

Cette notice comprend en outre des observations intéressantes la région de Culoz, Ambérieu.

M. TH. BIELER-CHATELAN (146) a signalé un caillou curieusement raboté, qu'il a trouvé dans la moraine de Renens.

M. AUG. DUBOIS (153) a traité dans une conférence des **formations morainiques récentes du Val de Travers**. Après un exposé sommaire des idées modernes sur le développement des quatre glaciations, l'auteur explique la pénétration du glacier du Rhône à l'époque de Würm dans le Val de Travers. Le glacier diminuait alors rapidement d'épaisseur entre Boudry et Noiraigue, sa surface s'abaissant de 1100 à 950 m., puis, en amont de Noiraigue, il s'étalait presque horizontalement jusqu'au delà de Buttes et de Saint-Sulpice, son ablation étant faible dans ce tronçon de vallée et sa masse étant renforcée par des apports latéraux.

La caractéristique des dépôts laissés par cette langue glaciaire réside dans l'absence de moraines frontales correspondant au maximum et dans l'abondance de la moraine de fond. De curieux amas de gros blocs de granite ont dû être déposés pendant la phase de retrait.

M. Dubois insiste sur le caractère autonome qu'a pris le glacier du Val de Travers, après que les glaces rhodaniennes eurent abandonné le bassin du lac de Neuchâtel. C'est alors que ce glacier jurassien a poussé son front jusque sur le plateau de Bôle et a déposé les belles moraines frontales de Cotendart et de la Prise Roulet.

Dans le Creux du Van M. Dubois suppose la longue persistance d'un glacier grâce à une exposition très favorable.

Quant aux dépôts fluvio-glaciaires de Chanélaz, au S de Boudry, M. Dubois les considère comme déposés par les

émissaires du glacier du Val de Travers dans un lac barré par le glacier du Rhône alors en phase de retrait.

Parlant de l'éboulement de Sierre, M. M. LUGEON (164) a signalé la présence, sur la surface de celui-ci, de plusieurs lambeaux morainiques ; il a pu démontrer ainsi que, contrairement à l'opinion de M. Brückner, cet éboulement a été encore recouvert soit par le glacier du Rhône, soit par un lobe du glacier d'Anniviers.

M. C. FALKNER (155) a signalé près de Saint-Georgen, aux environs de Saint-Gall un beau poli glaciaire sur la surface de la Molasse. Les stries marquées sur cette surface indiquent un mouvement de la glace EW, qui ne peut correspondre qu'au glacier du Rhin ou plutôt à un glacier descendant du Säntis par la vallée de la Sitter et rejeté vers l'W par le glacier du Rhin.

Tandis que les formations morainiques du glacier du Rhin ont été déjà étudiées en détail dans le territoire qui s'étend au N et au NW du lac de Constance, ce travail n'avait été qu'ébauché dans la région située au SW de ce lac entre Rorschach et Wil. C'est à compléter les données recueillies sur ce territoire que s'est appliqué M. C. FALKNER (156).

L'auteur a reconnu en première ligne l'existence de trois langues distinctes du glacier du Rhin dans cette partie de son front : l'une passant directement de Rorschach par Saint-Gall sur Gossau, la seconde se développant au N du Tannenbergl et s'étendant jusqu'au delà de Wil, la troisième comprise entre les hauteurs de Hosenruck-Braunau et celles du Sonnenbergl.

A propos de la langue glaciaire de Rorschach-Gossau, M. Falkner rappelle d'abord les talus morainiques échelonnés entre Gossau et Saint-Gall, qui marquent différents stades de retrait de cette partie du glacier ; puis il étudie les formes prises par la surface de la molasse dans l'ancien lit glaciaire ; il montre cette surface relevée en une série d'échines approximativement parallèles et dirigées du NE au SW, les deux plus importantes d'entre elles formant le Rosenberg au N de Saint-Gall et le Höchsterwald au NE de cette ville, les autres échines, beaucoup plus modestes dans leurs dimensions, étant en grande partie ennoyées dans un revêtement morainique ou fluvio-glaciaire et donnant naissance à une sorte de moutonnement général. Ensuite l'auteur décrit les formations morainiques déposées par cette même langue du glacier entre Saint-Gall et Rorschach. Sur plusieurs points, ainsi dans le

faubourg occidental de Saint-Gall (Saint-Leonhard) et dans le faubourg de Neudorf, on voit les restes de talus morainiques frontaux et, à l'E de ces barrages, on trouve chaque fois des dépôts de delta jetés par des affluents torrentiels dans des lacs formés entre le front du glacier et ses anciennes moraines. La moraine de fond est très développée entre Saint-Gall et Rorschach; elle paraît être souvent séparée de la molasse par une couche de graviers alluvionnés; dans les environs de Mörschwil sa surface est ondulée en un beau paysage drumlinique, qui se continue sur le plateau de Wittenbach entre la Sitter et la Steinach.

Enfin, toujours à propos de la langue de Gossau, M. Falkner croit pouvoir démontrer l'existence pendant la période de Würm d'un glacier de la Sitter affluent du glacier du Rhin et d'un bras de ce dernier ayant pénétré dans la haute vallée de la Goldach et ayant rejoint la masse principale vers Martinsbrück à l'E de Saint-Gall.

La seconde langue du glacier du Rhin passait du territoire de Roggwil et Muolen jusqu'à Wil, en empruntant la dépression comprise entre le Taunenberg et le Nollenberg (au N de Zuzwil). Les limites de cette digitation sont très nettement marquées du côté du S par un système de moraines latérales, qui se suit de Gossau par Flawil et Eichwil jusqu'à Jonschwil. Là les moraines latérales se relient à des moraines frontales, qui dessinent un grand arc de cercle autour de Schwarzenbach vers le débouché de la vallée de la Thur dans la plaine de Wil.

A l'intérieur de ces moraines externes on peut retrouver la trace de plusieurs anciens talus morainiques appartenant à des stades de retrait. Mais ce qui imprime au territoire occupé par cette langue du glacier son cachet particulier c'est le développement remarquablement beau qu'y prennent les drumlins depuis les environs de Häggenschwil à l'E de la Sitter jusque près de Flawil d'une part et près de Zuzwil d'autre part. Ces drumlins font du reste partie d'un revêtement morainique qui reste en général peu épais, en sorte qu'on voit fréquemment émerger de sa surface des dos d'âne molassiques. La molasse affleure en outre sur de grandes étendues soit dans l'angle compris entre la Glatt et la Thur au N de Flawil, soit sur les collines de la Glattburg au N de la Thur, et elle offre dans ces deux districts de beaux exemples de surfaces mamelonnées. Enfin M. Falkner signale l'existence dans le domaine de cette digitation glaciaire de toute une série de dépôts de delta accumulés à différentes époques de

la dernière glaciation dans des lacs de barrage glaciaire. Des dépôts de cet ordre recouverts par une mince couche morainique sont très développés au N de Gossau sur le plateau d'Arnegg et plus au NW aux environs de Kohlbrunnen. On en retrouve en grande quantité et appartenant à une époque postérieure au NE de la Sitter dans les environs de Roggwil, de Kügeliswinden et dans la région s'étendant soit à l'W, soit au N de Muolen ; ces différentes formations lacustres se trouvent à des niveaux compris entre 500 et 520 m., et ont dû se déposer à un moment où la langue principale du glacier du Rhin remplissait encore le bassin du lac de Constance jusqu'à cette altitude.

La troisième digitation du glacier du Rhin qu'a étudiée M. Falkner se détachait de la grande langue glaciaire qui occupait la vallée inférieure de la Thur dans la région de Weinfelden-Bussnang ; elle se dirigeait de là vers le SW par la dépression d'Affeltrangen-Lommis, puis se divisait en deux branches divergentes, l'une dirigée à l'W vers Aawangen-Aadorf, l'autre poussant au S jusqu'à Eschlikon et Wil. La ceinture morainique de cette digitation est bien conservée aux environs d'Aawangen et Aadorf ; on en retrouve des restes entre Aadorf et Tuttwil ; au S d'Eschlikon deux moraines frontales concentriques lui appartiennent ; enfin on peut constater les restes d'une belle moraine frontale entre Sirnach et Wil et d'un autre talus morainique plus interne à Wilen.

Dans presque tout le territoire occupé par cette digitation on peut observer de nombreux drumlins, dont l'ensemble est remarquable par l'orientation de chaque élément toujours parallèle à la direction de marche du glacier à l'endroit correspondant. Aussi voit-on entre Lommis et Beltwiesen, là où les deux langues divergentes se séparaient, les drumlins disposés en éventail avec des grands axes qui passent progressivement de la direction EW à la direction NS.

Sur toute l'étendue comprise entre Affeltrangen et la Murg ce beau paysage drumlinique ne comporte qu'une couche peu épaisse de moraine ; la Molasse y apparaît fréquemment et forme au milieu des drumlins des mamelons allongés parallèlement à ceux-ci ; sa surface est donc nettement mentionnée comme dans le territoire des digitations étudiées plus haut.

Dans un dernier chapitre M. Falkner décrit quelques dépôts d'alluvions formés dans le voisinage des talus morainiques précités. Il envisage d'abord un complexe de dépôts

de delta, qui se sont accumulés en dedans du cirque morainique lobé d'Eschlikon-Wil et qui paraissent correspondre à un lac un peu plus ancien que le dépôt des moraines d'Eschlikon-Wil. L'auteur explique ensuite les alluvions de Wil-Wilen-Rickenbach et celles de Jonschwil-Schwarzenbach comme s'étant formées entre les fronts convergents de la langue glaciaire de Roggwil-Schwarzenbach et de celle d'Affeltrangen-Wil dans un lac de barrage glaciaire ayant un niveau de 570-580 m. A la même époque se sont accumulées devant les moraines de la langue de Rohrschach-Gossau des alluvions, qui s'étendent de Krätzern sur la Sitter jusqu'au delà de Flawil.

Pendant cette extension de la partie occidentale du glacier du Rhin les cours d'eau sortant soit des digitations de Gossau et de Schwarzenbach, soit des vallées supérieures de la Sitter, de la Glatt, de la Thur, ont été refoulés vers l'W et se sont écoulés par des vallées actuellement mortes, entre autres celle d'Oberrindel et celle de Littenheid.

Résumant finalement ses observations, l'auteur expose pourquoi il attribue le système glaciaire qu'il a spécialement étudié à un retour offensif du glacier du Rhin, qui s'est produit pendant les premières phases du retrait de la glaciation de Würm.

M. E. KREIS-FEHR (163) a signalé la découverte entre Amriswil et Sommeri (Thurgovie) de deux blocs erratiques : l'un atteint un volume de 30 m³., et est formé de « Seelaffe », l'autre, dont le volume ne dépasse pas 2 m³., est un bloc de calcaire nummulitique et provient probablement des environs de Ragatz.

Formations postglaciaires. — Dans une notice consacrée aux formations postglaciaires de la partie N W du bassin du lac de Constance, M. W. SCHMIDLE (170) a décrit plus spécialement un curieux sédiment lacustre, auquel il a donné le nom de « Schneckelisand ». Il s'agit d'un sable calcaire avec un ciment souvent marneux, qui est formé en majeure partie d'incrustations enveloppant de petites coquilles de mollusques, dont le diamètre varie de 0,3 à 3 cm., et dont la forme est tantôt régulièrement ronde, tantôt irrégulière et brisée. Ce dépôt est particulièrement développé sur la plus basse des terrasses qui bordent le lac au niveau de 405 m. ; il a dû se former sur les bords d'un lac s'élevant jusqu'à ce niveau et les incrustations qui le composent sont vraisemblablement dues à l'intervention de certaines algues.

Ces Schneckelisande s'appuient généralement sur un complexe d'argiles rubannées, qui prennent du reste une beaucoup plus grande extension et s'élèvent jusqu'à la deuxième terrasse, au niveau de 410 m. Ces argiles se sont déposées à un moment où les glaciers étaient encore peu éloignés, et où le lac de Constance a atteint son niveau le plus élevé. A ce propos M. Schmidle insiste sur le fait qu'aucun argument valable ne peut être allégué en faveur de l'idée d'un niveau du lac plus élevé que 410 m.

J'ai signalé dans la Revue pour 1909 une courte notice de M. H. SCHARDT consacrée à un grand éboulement qui a rempli, après le retrait de la dernière glaciation, le fond de la vallée du Tessin entre Lavorgo et Giornico et a donné à ce tronçon les caractères d'une topographie juvénile. Récemment M. Schardt a consacré à ce même sujet un article un peu plus détaillé (169) accompagné d'une carte au 1 : 50000.

En aval de Lavorgo le versant droit de la vallée est entièrement couvert par un amoncellement de blocs, qui obstrue complètement le débouché de la vallée du Ticinnetto et a obligé ce torrent à se creuser un nouveau lit; de l'embouchure actuelle du Ticinnetto à la colline de Castello au S de Giornico la masse éboulée diminue d'importance, mais elle se continue pourtant sous la forme d'une crête longitudinale séparant du Tessin le torrent de Barolgia, qui a été détourné de son ancien cours sur près de deux kilomètres.

Cet éboulement s'est détaché du versant gauche de la vallée à une altitude comprise entre 900 et 1500 m.; il a barré le Tessin et le Ticinnetto, qui ont dû recommencer leur travail d'érosion dans sa masse et sont loin d'avoir repris un état d'équilibre, ce qui fait qu'actuellement encore des glissements de terrain et de petits éboulements sont fréquents dans tout ce tronçon de vallée. Le volume des matériaux éboulés peut être évalué approximativement à 600 000 000 de m³; l'époque de la chute est sans doute directement postglaciaire; l'importance du phénomène a été mise en lumière d'une façon particulièrement nette par le forage récent d'une galerie creusée entre Lavorgo et Chironico, qui a dû être détournée à plusieurs reprises de son tracé primitif pour rester dans la roche en place du versant droit et éviter l'énorme placage éboulé qui recouvre celle-ci.

Eboulements pléistocènes. — M. W. STAUB (171) a entrepris une étude détaillée des **éboulements pléistocènes de la vallée du Rhin en amont de Coire**. Il commence par définir le sens exact

du terme « Tomalandschaft » employé pour la première fois par M. Alb. Heim pour cette même région et qui s'applique à un paysage dans lequel les restes d'un éboulement, d'abord morcelé par l'érosion puis ennoyé par des dépôts d'alluvions, émergent de la surface de ces dernières sous forme d'îlots, ou tomas.

L'auteur décrit ensuite les douze tomas qui surgissent de la plaine au S et à l'W d'Ems. Ces collines sont formées de calcaires suprajurassiques brisés, pulvérisés même par places; elles ont généralement une forme conique, mais sont parfois tronquées par une terrasse; la plupart d'entre elles portent encore des lambeaux peu épais de moraine de fond, ou des blocs erratiques, ou encore des blocs de Malm striés et arrondis aux angles.

Tous ces tomas représentent les restes d'un grand éboulement parti des pentes du Taminserälple et qui a dû couvrir toute la largeur de la vallée, mais qui a été ensuite érodé puis recouvert partiellement par les alluvions de la plaine d'Ems. Les terrasses qui tronquent certains d'entre eux se trouvent à 608-610 m., soit à environ 30 m. au-dessus de la plaine.

Deux autres tomas s'élèvent au S de Felsberg; l'un est formé essentiellement de Malm brisé, l'autre comprend des bancs de Verrucano et de Rötidolomit plongeant vers le SW, et pourrait représenter un îlot de roches en place; tous deux portent des lambeaux de moraine. Enfin plus à l'E, aux environs même de Coire, huit tomas formés de débris de Schistes lustrés surgissent du cône de déjection de la Plessur. Ces tomas de Felsberg et de Coire représentent les restes de deux éboulements partis l'un du Calanda, l'autre du versant SE de la vallée et qui, d'après leur état de morcellement très avancé, doivent dater d'une époque plus reculée que les éboulements situés plus en amont.

M. Staub décrit ensuite la grande moraine qui forme tout le plateau de Bonaduz et de Rhäzüns; il montre comment cette formation est non seulement sous-jacente à tous les grands éboulements qui se sont abattus sur la vallée, mais a même subi des érosions importantes avant d'être ainsi partiellement recouverte. Il fait remarquer aussi qu'entre Reichenau et Coire cette moraine fait défaut, sans qu'on puisse donner l'explication certaine de cette absence.

Quant aux éboulements de la vallée du Rhin il faut distinguer :

1^o Le grand éboulement bien connu de Flims, dont le volume restant atteint environ 10 km³. Soit sur la surface de

cet éboulement, soit dans le territoire dont il est parti, on trouve des restes fréquents de moraine, mais ceux-ci ne dépassent pas l'altitude de 1000 m., tandis que dans les régions avoisinantes on trouve des moraines jusqu'à 2000 mètres ;

2° L'éboulement du Kunkelpass, qui recouvre l'extrémité orientale du précédent et dont les restes forment d'une part les collines de Tamins, d'autre part celles d'Ills-Aults ;

3° Un petit éboulement de Schistes lustrés parti du versant droit de la vallée et qui recouvre près de Valendas l'éboulement de Flims ;

4° Un autre éboulement de Schistes lustrés, qui s'est étalé à l'W de Bonaduz et doit recouvrir aussi l'éboulement de Flims.

Tous ces éboulements portent des traces de moraine et recouvrent d'autre part la moraine de Bonaduz. Celui de Flims a déterminé la formation d'un grand lac dans la région d'Ilanz, puis le Rhin, en remaniant ce barrage, s'y est creusé un chemin tout en donnant naissance à un système de trois terrasses. La plus élevée de ces dernières correspond par son niveau à celle qui tronque certains des tomas d'Ems ; la suivante semble se prolonger dans la plaine d'alluvions d'Ems ; la troisième, se rapprochant progressivement de la seconde, se prolonge dans cette même plaine. Toutes trois comprennent des éléments erratiques.

En résumé l'évolution géologique de la vallée du Rhin en amont de Coire peut s'expliquer comme suit :

Pendant le stade de Bühl ou peut-être déjà pendant la phase interstadiaire Würm-Bühl s'est déposée la grande moraine de fond de Bonaduz, qui a été ensuite largement et profondément érodée. Après le retrait des glaciers se sont produits tous les éboulements précités et, en outre, ceux dont les tomas d'Ems, de Felsberg et de Coire sont des restes ; le lac d'Ilanz s'est formé. Puis l'érosion fluviale a commencé son œuvre dans les masses éboulées, y creusant des tranchées et isolant les tomas, tandis que vers l'aval se déposaient les alluvions d'Ems. Enfin une dernière poussée en avant a ramené le glacier du Rhin jusque dans la région de Coire, correspondant d'après Penck au stade de Gschnitz ; les moraines ont recouvert éboulements, tomas et alluvions ; mais cette glaciation a peu duré et bientôt, sur le fond de vallée de nouveau découvert, les cours d'eau ont repris leur travail d'affouillement, qui a déterminé les conditions actuelles.

Erosions pléistocènes. — Il convient de citer en tête de ce chapitre une étude d'ensemble des **vallées alpines**, de leurs formes et de leur genèse, qu'a publiée M. FR. NUSSBAUM (166).

L'auteur commence par décrire les différentes phases par lesquelles l'érosion fluviale normale fait passer un territoire de haut relief jusqu'au nivellement de la pénéplaine. Puis il aborde l'étude du district du Napf : il montre que les cours d'eau de ce territoire possèdent des profils longitudinaux normaux, à inclinaison de moins en moins forte de l'amont vers l'aval, et qu'ils débouchent de niveau dans les vallées principales, sauf les plus faibles d'entre eux ; puis, se basant sur la répartition des terrasses d'alluvions et des moraines, il remarque que le creusement des vallées en question s'est terminé avant la glaciation de Riss ; enfin il démontre l'existence de terrasses anciennes, qui dominant de 100 à 120 m. les fonds actuels des vallées de l'Emme, de l'Ilfis, de la Luthern, etc., et qui correspondent comme niveau à la pénéplaine pré-glaciaire. De ces divers faits il conclut que dans le district du Napf une première phase d'érosion a creusé les vallées de 110 m. environ après la glaciation de Günz, et qu'une seconde phase d'érosion, abaissant leur niveau de 40 à 50 m., a clos le creusement vertical avant la glaciation de Riss. Le district du Napf peut être envisagé comme le type d'un paysage modelé par l'érosion fluviale et arrivé à un stade de maturité.

M. Nussbaum passe ensuite à la description des vallées alpines proprement dites, caractérisées par leur section en U, par leurs versants abrupts dominés par une ou plusieurs terrasses, par les bassins échelonnés et étagés qui coupent leur profil longitudinal, par le niveau élevé de leurs vallées affluentes qui sont en majeure partie des vallées suspendues, par le développement de multiples Karrs dans les régions élevées, par leur direction rectiligne contrastant avec les lignes sinueuses des vallées fluviales et, dans certains cas, par leurs diffluences. Il cite pour chacun de ces faits particuliers d'innombrables exemples pris dans tous les systèmes hydrographiques alpins et montrant qu'il s'agit bien ici de caractères généralisés dans l'ensemble de toute une région.

Cherchant ensuite à définir la genèse des vallées alpines, M. Nussbaum commence par démontrer que celles-ci ne peuvent pas être le fait d'une simple érosion fluviale, puis il fait ressortir l'influence considérable qu'a exercée l'érosion glaciaire dans la création de leurs multiples anomalies, dans l'élargissement et l'approfondissement de leurs profils et dans le creusement de leurs bassins rocheux échelonnés.

Quant aux différentes phases par lesquelles a passé la région des vallées alpines, l'auteur distingue :

1° La phase de l'érosion préglaciaire, pendant laquelle a été formée la pénélaine subalpine, et ont été établies toutes les grandes lignes de l'hydrographie. Les grandes vallées ont été creusées alors jusqu'au niveau marqué encore actuellement par les hautes terrasses d'érosion qui dominent les grands trops, et, on peut conclure de leurs profils longitudinaux très inclinés dans leur partie supérieure, d'abord que ces vallées ne sont pas arrivées alors jusqu'à un stade de maturité absolue, ensuite que les profils ont été modifiés dans la suite par un soulèvement important des Alpes.

2° La phase d'érosion glaciaire, pendant laquelle ont été creusés d'abord les Karrs des régions élevées, puis les trops de plus en plus prolongés et élargis des grandes vallées. Grâce au pouvoir érosif limité des glaciers secondaires, leurs vallées sont restées suspendues au-dessus des vallées principales d'autant plus que le glacier qu'elles hébergaient était relativement plus faible. Les confluences de glaciers ont provoqué la formation de paliers rocheux, les zones de roches tendres ont été plus intensivement creusées en des bassins élargis et approfondis, les diffluences de glaciers, en causant une diminution du pouvoir érosif, ont déterminé des contrepentes du thalweg, etc.

Après avoir constaté que les vallées débouchant de massifs montagneux secondaires et n'ayant été occupées que temporairement par les glaciers n'ont reçu que partiellement l'empreinte de l'érosion glaciaire, tandis que toutes les vallées alpines proprement dites ont pris ce caractère jusqu'à un degré de maturité, M. Nussbaum cherche à définir le cycle de l'érosion glaciaire. Il montre comment les Karrs, d'abord inclinés et séparés par des arêtes continues, s'approfondissent et prennent un fond plat ou même concave, tandis que les arêtes qui les limitent s'abaissent, se réduisent en chaînes de pyramides et peuvent même être presque complètement nivelées par la désagrégation atmosphérique et l'attaque latérale opérée par les glaciers. La fusion des Karrs latéraux des vallées glaciaires par le nivellement des arêtes qui les séparaient détermine ainsi la formation, au-dessus des bords du trog, de terrasses à la surface ondulée.

M. Nussbaum expose d'autre part comment, en même temps que les parois latérales des Karrs sont ainsi attaquées et nivelées, leurs parois de fond subissent le même sort ; au

fond des Kars, le long de l'arête qui sépare les deux versants d'une chaîne, se forment d'abord des cols aux flancs abrupts et au sommet tranchant, puis le sommet s'abaisse et s'élargit, les versants s'adouçissent et se couvrent de neige et toute la crête de la chaîne prend des formes arrondies, au milieu desquelles ne saillissent plus que des pyramides isolées. Ces formes marquent la sénilité d'un paysage glaciaire.

3^o Les phases interglaciaires. Sous cette rubrique M. Nussbaum classe les phénomènes d'érosion produits pendant les périodes interglaciaires ; il montre à ce propos le contraste très marqué qui existe entre les régions élevées des vallées qui, ayant été presque constamment glaciées, ne portent que des traces peu accusées de l'érosion torrentielle, et les régions basses, où l'érosion aqueuse a pu agir pendant de longues durées et créer des formes bien caractérisées. Ce contraste est même si accusé, qu'on peut en conclure que les maxima correspondant aux époques glaciaires se sont conservés beaucoup moins longtemps que les minima des phases interglaciaires.

Arrivant sur ce point à des conclusions semblables à celles qu'ont formulées MM. Penck et Brückner, l'auteur s'écarte de la manière de voir de ses confrères allemands, en ce qui concerne les conditions climatiques des périodes interglaciaires ; il admet en effet qu'entre les glaciations de Würm, de Riss et de Mindel le retrait des glaciers a dû être plutôt moins accentué que de nos jours. Les déductions que M. Brückner a voulu tirer à ce sujet de la superposition de plusieurs terrasses d'érosion au-dessus des trogs actuels ou de l'existence de paliers inférieurs aux thalwegs préglaciaires vers le débouché de certaines vallées suspendues ne sont pas justifiées et les formes invoquées peuvent s'expliquer d'une toute autre façon.

En résumé M. Nussbaum considère que les régions alpines ont subi pendant les temps pliocènes une érosion fluviale, qui en a fait un territoire en stade de maturité, puis qu'elles ont été modelées pendant les temps quaternaires par l'érosion glaciaire, bien distincte de la première, et dont les signes se retrouvent dans toutes les régions qui ont été glaciées à la même époque.

Dans un chapitre final M. Nussbaum examine plus spécialement les conséquences topographiques, hydrographiques et même économiques qu'a eues la période glaciaire et l'érosion spéciale qui l'a marquée. Il montre l'importance qu'ont forcée-

ment prise, après le retrait des glaciers, les éboulements, les chutes d'éboulis, les entraînements détritiques effectués par le ruissellement à cause de l'inclinaison exagérée des flancs des trops. Il expose comment le surcreusement des grandes vallées, en abaissant le niveau de base de tous les cours d'eau affluents, a redonné à ceux-ci une nouvelle puissance érosive, dont on peut souvent constater les effets jusque dans la région des sources. Il décrit l'évolution postglaciaire des vallées alpines, dont les bassins lacustres surcreusés ont été progressivement comblés par les alluvionnements, tandis qu'entre eux les seuils rocheux ont été attaqués de nouveau par l'érosion et coupés par des gorges aux formes juvéniles. Il fait ressortir l'influence qu'ont sur la formation et la chute des avalanches les formes créées pendant la période glaciaire, puisque le point de départ de ces avalanches coïncide très souvent ou bien avec le bord d'un trog, ou bien avec l'entrée d'un karr et que leur chute est considérablement accélérée par la rapidité des pentes. Il rend compte aussi des relations qui existent entre les formes des trops et des karrs et celles des glaciers qui occupent encore la région, tout en subissant une réduction continue. Enfin il expose les effets qu'exerce la topographie spéciale des régions modelées par les glaciers sur la température des fonds de vallée et des terrasses élevées, sur la répartition et le développement de la végétation et même sur la colonisation, la distribution des habitations, les modes de culture, etc.

Notons en terminant que M. Nussbaum cite à propos de chaque fait de multiples exemples choisis dans l'une ou l'autre de nos vallées et applique ainsi constamment les notions générales qu'il développe à la définition géographique des détails de la géographie physique des Alpes suisses.

Répondant aux travaux récents de M. Brunhes, M. E. BRÜCKNER (150) a soutenu encore la thèse de l'érosion glaciaire pure en opposition à l'idée d'une action prédominante des eaux sous-glaciaires. Il a appuyé sa manière de voir surtout sur le fait de l'existence fréquente de bassins fermés au seuil rocheux et sur la forme abrupte des parois des trops.

L'exposé de ces idées, fait au IX^e Congrès international de géographie, a été suivi d'une discussion animée, à laquelle prirent part MM. J. BRUNHES, DE LOCZY, F. NUSSBAUM, E. ROMER, A. HAMBERG, J. LEDERHOLM et DE MARTONNE.

M. O. FREY (157) a réuni dans une petite notice quelques observations se rapportant à l'érosion pendant la période de Riss.

La première de ces observations concerne une ancienne tranchée d'érosion complètement comblée par des dépôts de sable, qui a été mise à jour par une exploitation récente et qui se trouve à l'E et au-dessus de Reiden dans le Wiggerthal.

Cette tranchée a une direction à peu près NS, qui ne cadre pas du tout avec la topographie de la région environnante ; elle est remplie en majeure partie par un sable quartzeux, produit de la désagrégation de la molasse ambiante, mais à ce sable se mêlent, surtout vers le bas, des blocs et des galets de molasse, de nagelfluh et aussi de roches erratiques d'origine rhodanienne. Les galets sont en partie striés et les parois de la tranchée le sont aussi par places.

Pour expliquer ces différents faits, l'auteur croit devoir faire intervenir une action glaciaire et, comme les environs de Reiden sont de beaucoup en dehors des limites d'extension du glacier du Rhône pendant la dernière glaciation, il rattache logiquement le phénomène étudié à la glaciation de Riss. Considérant que soit le creusement, soit le remplissage ont dû s'effectuer rapidement et que les deux actions ont dû se succéder directement, il attribue le creusement à un torrent sous-glaciaire, le remplissage au glacier et à ses eaux de fusion profondes. Il admet en outre que depuis lors les formes superficielles de la région ont été considérablement modifiées en particulier par l'érosion glaciaire.

Dans la seconde partie de son travail M. Frey envisage à un point de vue général l'érosion opérée par le glacier du Rhône pendant la période de Riss. Il montre d'abord que toute la région comprise entre le Jura et la ligne Riedwyl-Pfaffnau-Reiben a été à la fois abaissée et modelée par une puissante érosion glaciaire, qui correspond à une très longue période d'occupation par le glacier. Puis il fait ressortir le fait que le glacier du Rhône s'est étendu momentanément bien au S de cette ligne, qu'il y a non seulement laissé des dépôts erratiques, mais y a aussi exercé son action érosive quoique à un moindre degré. Ainsi l'ensellement de Safenwyl a été abaissé et élargi par le glacier, de même que plus au S, l'ensellement de Schlatt, entre Reiben et la vallée de l'Uerke. Le débordement du glacier par-dessus cette dernière dépression est évident ; il a déterminé un mouvement confluent de la glace vers Reiben et a été la cause d'une érosion glaciaire

importante, qui seule explique certaines particularités topographiques de la région, en particulier la formation d'une véritable niche dans le flanc du Wiggerthal vers l'entrée de la coupure transversale.

Du reste il est probable qu'après le retrait du glacier du Rhône l'action du glacier de la Reuss s'est fait sentir à son tour dans les environs de Reiben.

M. J. EBERLI (154) a cité quelques observations nouvelles concernant l'érosion glaciaire dans la vallée de la Thur. Il a montré d'abord le caractère de bassin fermé typique que prend le tronçon de cette vallée qui comprend les environs de Bürglen. Là en effet tout le fond de la vallée est comblé par des alluvions abondantes, tandis que vers l'aval le profil se resserre et la rivière coule sur un seuil molassique. Puis il a cité divers faits de détail, qui sont tous en faveur de l'idée d'une érosion importante du bassin de la Thur par un des bras du glacier du Rhin.

M. E. GOGARTEN (159) a repris dans une notice de 80 pages environ la question de l'origine des lacs subalpins, en s'attachant plus particulièrement à l'étude du lac de Zurich et du bassin de la Linth.

Dans un premier chapitre il s'applique à examiner les arguments émis pour et contre la théorie de l'érosion glaciaire et il arrive à cette conclusion que les glaciers ne peuvent éroder que fort peu et que leur action se borne à un entraînement des produits de la désagrégation subaérienne préglaciaire ou interglaciaire. Il montre que les formes réputées typiques pour les paysages glaciaires se retrouvent toutes dans des régions qui n'ont jamais subi de glaciation, à l'exception seulement des bassins fermés au seuil rocheux. L'importance attribuée à ces derniers a du reste été très souvent exagérée et beaucoup de lacs réputés glaciaires pourraient en réalité être expliqués d'une autre façon. Enfin l'argument en faveur de l'érosion glaciaire tiré de la soi-disant richesse en troubles des torrents glaciaires doit encore être vérifié.

Passant ensuite à la question de l'origine des lacs subalpins, M. Gogarten rappelle l'idée d'un enfoncement des Alpes, qui a été émise par M. Alb. Heim et fondée sur l'existence de terrasses à inclinaison inverse dans le bassin de la Limmat. Il constate que des terrasses à inclinaison inverse ont été observées par divers auteurs soit sur le versant S des Alpes, au-dessus des lacs d'Iseo et de Come, soit sur le ver-

sant N, au-dessus des lacs de Zurich, de Würm, et d'Ammer ; il considère que d'autre part l'origine des lacs du Bourget, d'Annecy, de Genève, de Thoune, de Constance peut être expliquée de la façon la plus satisfaisante par la théorie d'un affaissement des Alpes. Il s'efforce de réfuter les objections qui ont été émises en particulier par MM. Penck et Brückner contre l'hypothèse d'une origine tectonique des lacs sub-alpins.

Vient ensuite un chapitre consacré spécialement au lac de Zurich, dans lequel l'auteur commence par déclarer être arrivé, à la suite d'une nouvelle série d'observations, à la confirmation absolue des constatations faites par MM. Alb. Heim et A. Aeppli sur les terrasses à inclinaison inverse. M. Gogarten critique la façon dont M. Brückner a défini son ancien fond de vallée pré-rissien, et montre que cette vallée aurait eu en réalité des inclinaisons très irrégulières et en général fortes, qui ne seraient pas conciliables avec la notion d'une vallée en stade de maturité. En réalité cet ancien fond de vallée n'existe pas tel qu'il a été défini par M. Brückner, qui a réuni d'une façon toute arbitraire des éléments non correspondants. Quant à l'idée de M. Brückner, d'après laquelle l'inclinaison inverse des terrasses du bassin du lac de Zurich serait due au fait que la surface de ces terrasses correspondrait à la surface de couches dures de la Molasse plongeant au S, M. Gogarten a pu se convaincre de son impossibilité. En réalité la surface des terrasses est toujours discordante sur les couches de la Molasse ; l'inclinaison inverse n'est nullement un phénomène localisé, dû à une inégalité dans la résistance des bancs molassiques, mais un phénomène général dû à des mouvements épirogéniques. De plus la fraîcheur des formes de ces terrasses ne peut s'expliquer que par une protection exercée sur elles par le glacier et ses moraines.

M. Gogarten se range avec certaines réserves à l'avis de M. Aeppli, d'après lequel les alluvions de l'Albis, de l'Uetli, de la Baarburg, du Kellenholz doivent faire partie d'une même nappe et ont dû par conséquent subir des dislocations ; d'après lui les objections faites à cette manière de voir par M. Brückner sont sans valeur. Dans le Sihlthal les alluvions anciennes plongent nettement au S entre Sihlbrugg et Hofrisi. Dans la vallée de la Lorze il faut distinguer, contrairement aux vues de M. Brückner, un Deckenschotter exactement correspondant à celui de la Baarbrug et des alluvions plus récentes. Au NE de la vallée de la Linth le tronçon de Wald-Fischenthal possède une inclinaison inverse due vraisemblablement

blement à la même cause que celle des terrasses du bassin du lac de Zurich et du Bachtel; il semble qu'il subsiste un tronçon de l'ancien fond de vallée préglaciaire incliné au S. Ainsi en résumé toute la disposition des alluvions anciennes et des fonds de vallées pré-rissiens parle en faveur de l'idée d'une zone de dislocation, dirigée parallèlement au bord des Alpes et qui a dû jouer entre l'époque de dépôt du Deckenschotter et l'avant-dernière glaciation. C'est cette dislocation qui a été la cause de la formation du lac de Zurich, pour laquelle il n'est donc besoin de faire intervenir aucune érosion glaciaire. La vallée de Zurich est ainsi une ancienne vallée fluviale, qui a été déformée par des mouvements épirogéniques avant la glaciation de Riss et l'on peut considérer comme arguments acquis en faveur de cette manière de voir : 1° les terrasses à inclinaison inverse observées d'abord par MM. Alb. Heim et Aeppli ; 2° l'inclinaison inverse de la pénéplaine préglaciaire entre l'Albis et le Zugerberg ; 3° l'existence des deux anciennes vallées comblées de Schindellegi-Richterswil et Schindellegi-Freienbach-Hurden ; 4° l'inclinaison inverse des alluvions anciennes du Sihlthal.

Etendant ses investigations vers l'W, M. Gogarten a constaté, au-dessus de la rive droite du lac de Sempach, entre Tann et Eich, plusieurs terrasses d'érosion superposées à inclinaison inverse ; il est arrivé à cette conclusion que non seulement le lac de Sempach, comme le lac de Zurich, a été créé par des mouvements tectoniques, mais encore que ces mouvements se sont produits de la même façon et suivant à peu près la même zone longitudinale dans les deux régions.

Au NE du lac de Zurich M. Gogarten a retrouvé de même des inclinaisons inverses soit aux environs de Hombrechtikon, soit dans les pentes du Bachtel, soit près de Rüti, puis, plus à l'E encore, au S de Wil; il cite en outre l'inclinaison très probablement inverse du Deckenschotter dans la région de Bischofszell et l'inflexion synclinale de ce même dépôt signalée par M. Penck à l'E du lac de Constance. Se basant sur ces faits, il conclut qu'on constate tout le long des Alpes, de Bavière en Savoie, des signes multiples d'un affaissement des régions alpines relativement au territoire de la Molasse et ceci suivant une zone qui correspond à la limite méridionale de la Molasse horizontale.

M. Gogarten revient ensuite au bassin de la Linth, plus particulièrement à sa partie intraalpine et commence par montrer qu'ici, comme dans le bassin du lac de Zurich, M. Brückner a réuni dans un même ancien fond de vallée des tronçons

de terrasses qui ne peuvent pas se correspondre. A ce propos il insiste sur la difficulté de définir l'inclinaison primaire d'une terrasse d'après un court tronçon, qui a presque toujours subi des érosions ultérieures. Ainsi donc, avant de faire aucune reconstruction, l'on doit distinguer exactement la part de l'érosion préglaciaire ou interglaciaire et de l'érosion postglaciaire. Quant à l'origine même des terrasses, M. Gogarten ne peut en aucune façon attribuer une action importante à l'érosion glaciaire ; d'après lui les glaciers ont arrêté momentanément sous leur masse l'érosion torrentielle et ont arrondi les formes que cette érosion avait créées.

Dans le Linththal M. Gogarten distingue dix-sept niveaux de terrasses, correspondant chacun à un ancien fond de vallée, mais il n'a pu encore établir de relations entre ces terrasses et celles qui existent plus en aval dans les vallées du Rhin, de la Glatt ou du lac de Zurich.

Vient ensuite un chapitre consacré à la théorie de la genèse des terrasses, qui commence par un exposé historique de la question, qui continue par une critique des diverses hypothèses émises et qui conclut de la façon suivante :

Les terrasses sont des restes d'anciens fonds de vallées creusées par les eaux courantes et non par des glaciers ; elles constituent des systèmes parallèles comportant une pente d'environ 7 ‰ et qui se poursuivent dans les vallées affluentes ; elles sont indépendantes de la constitution géologique du sol ; elles doivent s'expliquer par la prédominance alternative de l'érosion verticale et de l'érosion latérale, dont la première reprend le dessus quand le profil longitudinal a été incliné par une cause quelconque, dont la seconde prévaut lorsque l'inclinaison du profil longitudinal a été réduite jusqu'à un certain degré par le travail même de l'érosion verticale.

M. Gogarten montre aussi combien les idées concernant l'évolution des grandes vallées ont été modifiées par les constatations de la tectonique alpine moderne, en particulier par la découverte de l'existence, dans la partie S du plateau molassique, d'anciennes vallées pliocènes, qui ont été recouvertes par le front des grandes nappes de charriage. Les plissements se sont donc poursuivis dans les Alpes jusqu'à une époque peu éloignée de celle où a été établie la pénéplaine subalpine, qui est considérée comme un niveau de base fondamental pour les vallées alpines ; mais, lorsque se sont formées les terrasses supérieures des vallées alpines, les mouvements orogéniques devaient déjà avoir cessé dans les Alpes et il ne semble pas

qu'on puisse admettre avec M. Heim des phases de soulèvement ayant contribué à redresser les profils des vallées. Pour expliquer la formation des terrasses on arrive ainsi à renoncer à la notion du niveau de base unique et à la remplacer par celle de niveaux de bases multiples, influant chacun sur un tronçon limité, tendant à se déplacer d'aval en amont et susceptibles d'être complètement modifiés par diverses causes, telles qu'une reprise de l'érosion verticale en aval ou un détournement de cours d'eau.

La dernière partie du travail de M. Gogarten comprend un tableau des dix-sept terrasses observées dans le Linththal avec de nombreuses données sur leur niveau en différents points, et des terrasses du lac de Zurich. A propos de ces dernières l'auteur constate quelques divergences entre ses constructions à lui et celles qu'avait établies M. Aepli. Ces tableaux sont du reste complétés par trois graphiques, qui permettent de se faire une idée d'ensemble des nombreuses observations que M. Gogarten a pu faire.

Hydrographie pléistocène. — M. H. SCHARDT (168), dans une courte notice consacrée à l'évolution de l'hydrographie dans la Suisse occidentale pendant les temps pléistocènes, a commencé par insister sur la fréquence des détournements de cours d'eau causés par l'accumulation de dépôts morainiques sur le fond des vallées. Il a décrit une série d'exemples de ce fait choisis d'une part dans le Valais (vallées de la Borgne, de la Dala), d'autre part dans le Jura (vallée de l'Orbe en aval de Vallorbe, vallée de l'Areuse en aval de Noiraigue).

Ensuite M. Schardt a repris la question de l'origine du bassin du Léman et de son hydrographie actuelle ; rejetant la théorie d'un approfondissement du bassin par une érosion glaciaire, il a attribué la formation du Léman à un affaissement du corps des Alpes, comme l'ont fait MM. Forel et Heim.

Quant à l'idée, développée par M. Lugeon, d'après laquelle le Rhône se serait écoulé au début des temps pléistocènes par la vallée d'Attalens et la dépression de Neuchâtel vers le Rhin, puis aurait été capté ainsi que la Dranse par un cours d'eau coulant du petit lac actuel vers le SW, M. Schardt la réfute en montrant l'invraisemblance de ce captage. Il admet que, dès les premières phases de la période glaciaire, le Rhône s'est écoulé de la région de Vevey vers le SW par Genève et le Fort de l'Ecluse, cette ancienne vallée étant jalonnée par les alluvions anciennes de la Côte, du Bois de la Bâtie près de Genève, de la cluse de Longeray et de la vallée des Usses.

Au début, ce tronçon du bassin du Rhône recevait encore plusieurs affluents, qui en ont été détournés depuis par des accumulations morainiques, les uns momentanément, comme les deux Veveyses, les autres définitivement, comme la Broye qui se jetait au lac par la coupure d'Attalens, et le Nozon qui se jette aujourd'hui dans l'Orbe, tandis qu'autrefois il venait renforcer la Venoge.

Plus à l'W les moraines déposées ont déterminé aussi des détournements de cours d'eau, mais cette fois vers le SW ; c'est ainsi que la Versoix, le Journan, l'Allondon ont été rejetés dans cette direction.

M. ED. BRÜCKNER (151) a exprimé de son côté l'opinion que la **limite de partage des eaux entre Rhin et Rhône** devait suivre déjà avant les grandes glaciations à peu près la même ligne qu'actuellement. Cette opinion est fondée d'une part sur la direction de la pente des anciennes terrasses, d'autre part sur la forme du bassin du Léman, qui ne peut s'expliquer que si l'écoulement principal du glacier du Rhône se faisait vers le SW.

M. B. AEBERHARDT (142) a constaté l'existence sur une grande étendue, aux environs d'Ohmstal, près de Willisau (bassin de la Wigger), d'alluvions présentant la stratification oblique caractéristique des deltas. Il considère ces dépôts comme formés dans un ancien lac antérieur à la glaciation de Riss, dont les moraines les recouvrent.

M. B. AEBERHARDT (143) a d'autre part décrit des alluvions fluviales, qui prennent un grand développement à Siggenthal, Zimmermatt, Kratzmatt, dans la région d'Ober-Goldbach et qui semblent avoir été déposées par un cours d'eau prenant sa source dans le bassin supérieur de la Grande Emme actuelle et affluent vers l'Aar en amont de Berne.

M. J. HUG (160) a reconnu l'existence d'un tronçon de la **vallée préwurmiennne de la Toess**, actuellement comblé par des moraines, qui s'étend des environs de Kohlbrunn jusque vers Seen. Le même auteur (161) a, en second lieu, à propos d'un projet de barrage du Rhin en aval de Neuhausen, précisé le cours de la **vallée du Rhin interglaciaire** entre Neuhausen et l'embouchure de la Thur. Cette vallée, complètement comblée par des dépôts fluvio-glaciaires, a une largeur considérable et son fond est à 10 ou 20 m. plus bas que le niveau du Rhin actuel ; elle s'étend en ligne presque droite du N au S et contient une nappe phréatique très abondante.

Flores pléistocènes. — M. H. BROCKMANN-JEROCH (147) a profité des tranchées nombreuses et profondes qui ont été creusées au-dessus de Kaltbrunn soit pour l'établissement de la ligne du Ricken, soit pour des drainages, et a repris l'étude détaillée des couches quaternaires à végétaux bien connues des environs de cette localité.

Il a pu ainsi établir que la formation en question prend au-dessus de Kaltbrunn la forme d'un delta, passant vers l'W à des argiles lacustres typiques et intercalé entre deux niveaux morainiques. Il est arrivé en outre à démontrer que ces alluvions et ces argiles se sont déposées à proximité immédiate d'un glacier, qui barrait le Dorfbach au niveau de 490 m. et créait ainsi un véritable lac glaciaire. En effet on ne trouve entre Kaltbrunn et Uznach aucune trace de barrage morainique; en second lieu les dépôts lacustres résultent manifestement d'un remaniement de moraines voisines et l'on constate dans les argiles lacustres soit des lits de graviers morainiques, soit des blocs polis et striés; enfin il y a souvent passage graduel des argiles lacustres à la moraine sus-jacente et, en tous cas, il n'y a jamais de zone d'altération ni entre la moraine inférieure et les dépôts lacustres, ni entre ceux-ci et la moraine supérieure, de telle façon que la formation de ces trois éléments superposés a dû se continuer sans interruption pendant un laps de temps relativement court, à un moment où le glacier de la Linth remplissait la vallée jusqu'au niveau de 490 m.

Quant à l'époque exacte de la formation des dépôts lacustres de Kaltbrunn, elle doit appartenir à un temps d'arrêt dans la phase de retrait de la dernière glaciation, qui est marquée d'autre part par la moraine de Rapperswil et qui correspond au stade de Bühl.

M. Brockmann-Jerosch décrit ensuite plusieurs particularités de ces dépôts postwurmien; il signale la présence dans les argiles et dans la moraine sus-jacente, dans la tranchée du chemin de fer à Oberkirch, de fragments de lignite, provenant certainement des couches à charbon voisines d'Uznach, et de débris de troncs en gisements primaires. Les lignites d'Uznach ont été manifestement carbonisés à fond avant d'être englobés dans les argiles de Kaltbrunn, ce qui exclut toute possibilité d'un synchronisme des deux formations.

L'auteur a étudié aussi à nouveau la tranchée du chemin de fer de Guntenstall, où la stratification oblique apparaît d'une façon particulièrement claire et où les lits argileux contiennent en grande quantité des débris végétaux. Ces fossiles, qui

sont certainement ici en gisement primaire, mais y ont été déposés après un certain transport, ont été étudiés en détail et leur examen a permis à M. Brockmann-Jerosch de caractériser comme suit la flore contemporaine des couches de Guntenstall : Prédominance des arbres à feuilles caduques, en particulier de *Quercus robur*, *Corylus avellana*, *Tilia platyphyllos*, *Acer pseudoplatanus* ; fréquence parmi les conifères d'*Abies alba* dans les régions basses, de *Picea excelsa* dans les régions plus élevées ; rareté des graminées et des cypéracées ; absence du hêtre.

Cette flore se distingue nettement de la flore actuelle par le rôle beaucoup plus important qu'y jouent le chêne et le noisetier, par l'absence du hêtre et d'une façon générale par la prédominance d'arbres adaptés à un climat humide ; elle correspond exactement à ce qu'on a appelé dans le nord de l'Europe la flore du chêne et, d'une façon plus étendue, à une association de plantes arborescentes, qui a couvert les régions non glaciées de l'Europe non seulement pendant la dernière glaciation, mais aussi pendant l'avant-dernière.

M. Brockmann Jerosch arrive d'autre part à démontrer, que les divers éléments de la flore de Guntenstall n'auraient pas pu se développer dans un climat sensiblement plus froid que le climat actuel, tandis qu'ils impliquent d'une façon générale un régime océanien extrême avec une grande abondance de pluie et d'humidité atmosphérique. Il en conclut donc que l'extension des glaciers pendant le stade de Bühl était due non à une température plus basse, mais à des précipitations atmosphériques plus abondantes, et il se croit en droit d'étendre cette conclusion à l'ensemble de la dernière glaciation.

Comparant ensuite la flore de Guntenstall à la flore interglaciaire Riss-Würm, M. Brockmann-Jerosch fait ressortir l'analogie remarquable qui les relie. Il démontre ensuite que certains des éléments de la flore interglaciaire, d'après lesquels on a voulu conclure à un climat plus chaud que le climat actuel, en particulier *Potentilla micrantha*, *Buxus sempervirens*, *Rhododendron ponticum*, *Brasenia purpurea*, n'impliquent nullement une température plus élevée, mais simplement un climat d'un caractère océanien très prononcé. Cela prouve que, pendant les deux dernières glaciations et la période interglaciaire Riss-Würm, les régions qui n'étaient pas directement influencées par la proximité des glaciers possédaient une végétation presque identique à la flore du chêne, qu'elles étaient couvertes de forêts d'arbres à feuilles caduques acclimatées à un régime

océanien et à une température très voisine de la température actuelle.

Ayant ainsi établi l'influence prépondérante exercée par une augmentation des précipitations neigeuses sur l'extension des glaciers de Riss et de Würm, l'auteur remarque que, dans ces conditions, l'écart d'altitude séparant la limite des forêts de celle des neiges persistantes a pu subir les variations les plus étendues et que, par conséquent, les conclusions qu'on a voulu tirer de la répartition des zones de végétation relativement à l'extension des névés et des glaciers manquent absolument de base. Rien ne prouve que le retrait des glaciers pendant la période interglaciaire Riss-Würm ait été aussi prononcé qu'on ne l'admet généralement; il est au contraire très probable que ce retrait a été limité, puisque le régime océanien a persisté, et que les deux glaciations de Riss et de Würm constituent ensemble une unité dans les phénomènes glaciaires des temps pléistocènes.

A l'appui des conclusions tirées de l'étude des formations de Guntenstall, M. Brockmann-Jerosch cite la couche à végétaux de Saint-Jacques près de Bâle, découverte par Greppin, classée à cause de sa flore dans les dépôts interglaciaires, mais qui, comme l'a montré M. Gutzwiller, fait partie des alluvions de la Basse Terrasse, et qui a dû se déposer à une petite distance des moraines frontales de Würm, à peu près au moment du maximum et non pendant l'oscillation d'Achen. Ici donc on trouve de nouveau une flore glaciaire composée d'éléments correspondant à un climat peu froid.

M. Brockmann-Jerosch consacre ensuite toute une partie de sa publication à la discussion critique des idées bien connues de Nathorst sur les relations entre la période glaciaire et la phytogéographie. Il montre en première ligne que la répartition actuelle des flores dans les régions alpines et subalpines n'implique pas du tout nécessairement une pénétration post-glaciaire ascendante et générale des plantes à la suite d'un réchauffement du climat. Il expose ensuite que la flore du Dryas n'a jamais été découverte que dans les argiles glaciaires, tandis que, dans les formations directement sus-jacentes à ces argiles, on trouve déjà les restes d'une flore très semblable à la flore actuelle. Ce fait signifie nécessairement que la flore du Dryas était localisée dans la zone que venaient d'abandonner les glaciers, tandis qu'à une faible distance existaient déjà les forêts de chênes et de pins. Autour de la glaciation septentrionale on constate des conditions plus compliquées, mais en somme correspondantes. Du reste, dans la flore même du Dryas, on

trouve toute une série d'éléments, dont la présence ne se concilie pas avec l'idée d'un climat alpin et d'une température particulièrement basse ; cette flore comporte en réalité un mélange de formes adaptées les unes à un climat plus chaud, les autres à des températures plus basses, mélange qui n'existe nulle part actuellement et qui semble devoir être expliqué par l'influence d'un climat général doux mais avec des températures localement abaissées par la proximité des glaciers. Du reste il est certain qu'un régime océanien avec des écarts de température peu accusés et une grande humidité de l'atmosphère favorise le développement à proximité les unes des autres d'espèces qui, dans un climat continental, ne peuvent coexister ; on peut donc, en admettant la persistance du climat océanien pendant le retrait de la dernière glaciation, se représenter non seulement la coexistence des divers éléments de la flore du Dryas, mais aussi la coexistence de celle-ci et de la flore du chêne. Tous les faits sont en tout cas en faveur de l'idée qu'à une petite distance des glaciers devaient régner déjà des conditions de température peu différentes des conditions actuelles.

M. Brockmann-Jerosch examine ensuite la répartition des mammifères pendant le Pléistocène et cherche les indications que cette répartition peut fournir au point de vue du climat. Il commence par remarquer que les grands mammifères pléistocènes de l'Europe centrale ont formé un assemblage de genres : *Elephas*, *Rhinoceros*, *Hippopotamus*, tel qu'on le retrouve actuellement dans des régions qui ne possèdent nullement un climat arctique. Il montre combien il est peu probable que le mammoth ait passé l'hiver dans les plaines du Nord, où il n'aurait pas trouvé une nourriture suffisante. Puis il fait remarquer la nécessité d'admettre la coexistence dans les mêmes régions de la faune des forêts avec des espèces arctiques d'une part et de la faune des steppes d'autre part, ce qui implique que ces espèces ont dû vivre dans un climat tempéré, de caractère océanien.

Le Loess et la faune qu'il contient font l'objet d'un chapitre spécial, dans lequel l'auteur montre qu'un climat chaud n'a nullement été nécessaire à la formation de ce dépôt éolien, qui a été alimenté par les plaines nues d'alluvions travaillées par les eaux fluviales et qui a été certainement, au moins en partie, glaciaire. Cette idée est du reste confirmée par la présence dans les dépôts du Loess d'espèces arctiques ou septentrionales soit de mammifères soit de gastéropodes.

Après avoir développé quelques considérations sur la faune

de coléoptères du Dryas, M. Brockmann-Jerosch explique les constatations qu'il a été amené à faire, en admettant que les diverses faunes arctiques ou alpines, des steppes ou des forêts, ne se sont pas succédées dans les régions subalpines, comme on le suppose en général, mais qu'elles ont coexisté et se sont en partie mêlées. Le fait de ce mélange a été prouvé par l'étude des restes de mammifères du Kesslerloch et le caractère cosmopolite soit de la faune, soit de la flore, dont les restes ont été découverts dans cette station paléolithique; il amène nécessairement à l'idée d'un climat régnant tempéré et océanien, au milieu duquel la température était localement abaissée par la proximité de glaciers qui occupaient encore le bassin du lac de Constance. Les espèces arctiques ou alpines pouvaient ainsi vivre aux abords des fronts des glaciers, tandis que les espèces forestières habitaient les régions peu éloignées que couvraient déjà les bois.

Ces conditions ont pu se perpétuer aussi bien pendant les glaciations que pendant les phases interglaciaires, le climat variant peu de l'une à l'autre; aussi n'y a-t-il pas de contraste marqué entre les faunes glaciaires et les faunes interglaciaires.

En résumé les études floristiques de M. Brockmann-Jerosch lui permettent de conclure que, pendant la période glaciaire, les conditions de température moyenne ont dû différer peu des conditions actuelles, que, dès la glaciation de Riss et jusqu'au retrait de la glaciation de Würm, les territoires non envahis par les glaces des régions subalpines ont dû être couverts par des bois correspondant à un régime océanien, dont *Quercus robur* était l'élément le plus caractéristique, que l'influence des extensions glaciaires sur la flore a été limitée aux aires qui environnaient directement les glaciers, que l'abaissement des zones de végétation pendant les périodes glaciaires a été peu accusé.

Les constatations faites sur les faunes pléistocènes confirment absolument l'idée d'un climat tempéré et océanien persistant. Il faut donc nécessairement admettre que la cause essentielle des grandes extensions glaciaires a été une augmentation des précipitations atmosphériques. L'on doit en outre se convaincre que l'âge exact d'une flore ou d'une faune pléistocène ne peut être déduit que de la position géologique du dépôt qui la contient, que la limite des neiges persistantes et les limites des zones de végétation sont trop indépendantes pour qu'on puisse les déduire les unes des autres, et que la transformation de la flore dans les temps postglaciaires a été dé-

terminée essentiellement par une diminution des précipitations atmosphériques.

Le travail de M. Brockmann-Jerosch est terminé et complété par une sorte de tableau des espèces signalées par les différents auteurs dans les argiles à flore du Dryas en Suisse, en Allemagne, en Grande-Bretagne, en Danemark, en Scandinavie et en Russie. Ce tableau, établi par M^{me} M. BROCKMANN-JEROSCH indique la fréquence de chaque espèce dans les diverses régions considérées.

M. BROCKMANN-JEROSCH (148) a consacré une seconde publication à un sujet semblable, considérant cette fois plus particulièrement les modifications subies par le climat de la Suisse entre le maximum de la dernière glaciation et l'époque actuelle.

Il commence par montrer que les moraines qui marquent les stades d'arrêt ou les retours offensifs ayant interrompu le dernier retrait ne se correspondent pas d'un district glaciaire à l'autre, en sorte qu'il faut attribuer ces oscillations de grandeur des glaciers non à une cause générale, telle qu'une variation de température, mais à des causes locales, en particulier à des variations dans la quantité des précipitations neigeuses.

Passant ensuite à l'étude des fossiles glaciaires et postglaciaires, l'auteur fait remarquer que la flore des alluvions de Saint-Jacques près Bâle, la seule dont l'âge wurmien soit certain, ne comprend que des éléments qui existent de nos jours dans la même région et qui correspondent par conséquent à des conditions de température voisines des conditions actuelles. Il cite ensuite une série de cas de formations contemporaines du dernier retrait, dans lesquelles les restes soit animaux soit végétaux offrent un caractère de mélange et comprennent, à côté de formes adaptées à des températures plus basses, d'autres formes qui peuplent encore le plateau suisse ; et il conclut de ces exemples que le seul climat pouvant convenir à de semblables faunes et flores était un climat tempéré, océanien et humide.

Lorsque les glaciers se furent retirés dans les vallées alpines, les forêts couvrirent le plateau molassique et la faune se modifia par la disparition du mammouth, du rhinocéros, du renne, des rongeurs des steppes, dont aucun ne suivit les glaciers jusque sur le bord des Alpes. Ces faits parlent en faveur d'une modification du climat dans le sens d'un régime plus continental et non d'un relèvement de la température.

Dans un dernier chapitre M. Brockmann-Jerosch discute longuement la question des colonies de plantes xérophiles

des Alpes et du Plateau suisse et la déduction qu'on en a tirée concernant l'intercalation dans la fin des temps postglaciaires d'une phase particulièrement sèche et chaude; il soutient que cette déduction n'est ni nécessaire, ni même vraisemblable et affirme que les données fournies par les flores quaternaires et actuelles ne se concilient qu'avec l'idée d'une transformation lente du climat d'un régime océanien à un régime de plus en plus continental et de moins en moins humide, sans modification appréciable de la température moyenne.

Ces idées ont été reproduites sous une forme un peu abrégée dans une troisième publication de M. BROCKMANN-JEROSCH (149).

M. E. NEUWEILER a entrepris une étude des bois divers dont on trouve les débris dans les stations préhistoriques de Suisse (165). Il s'est occupé spécialement des conifères, qu'il a examinés en de nombreuses préparations microscopiques et il est arrivé à établir les faits généraux suivants :

Le sapin rouge était répandu sur le plateau suisse pendant la période interglaciaire Riss-Würm et s'est de nouveau propagé sur ce territoire après la dernière glaciation, mais, par suite du réchauffement du climat, il a été peu à peu supplanté par les arbres à feuilles caduques et par le sapin blanc. Ce n'est que beaucoup plus tard, déjà dans les temps historiques, qu'il a repris une nouvelle extension grâce aux déboisements étendus opérés par l'homme.

Le sapin blanc a fourni du bois en quantité considérable aux populations néolithiques et préhistoriques de la Suisse; il a été beaucoup employé en particulier dans la construction des stations lacustres et son bois a eu les emplois les plus divers. Il n'y a aucun doute que cet arbre jouait un des premiers rôles dans les forêts des temps postglaciaires.

Le pin s'est répandu dès le retrait de la dernière glaciation sans pourtant devenir abondant, puis il est rapidement devenu plus rare à la suite du développement des forêts de sapins et de chênes.

Le mélèze ne semble être apparu que très tardivement en Suisse et n'avoir jamais existé sur le plateau dans les temps préhistoriques.

Parmi les arbres à feuilles caduques c'étaient déjà le chêne, le hêtre et le frêne qui fournissaient aux populations néolithiques les bois les plus appréciés; ce sont certainement ces trois espèces qui ont prédominé longtemps dans les forêts de Suisse, dans lesquelles elles se mêlaient au sapin et c'est par

l'intervention de l'homme que leur fréquence a été considérablement diminuée au profit des conifères.

M. Neuweiler a pu finalement se convaincre que les forêts ont pris une grande extension en Suisse bientôt après le dernier retrait des glaciers aux dépens des steppes ; il a démontré d'autre part l'existence en Suisse, dès les temps postglaciaires, d'une flore arborescente très voisine de la flore actuelle, et la présence autour des stations néolithiques du noyer, du châtaignier et de la vigne.

Faunes préhistoriques. — M. EM. BÄCHLER (145) a consacré une petite notice à l'étude des restes d'élan retrouvés dans le canton de Thurgovie. Après avoir rappelé les caractères spécifiques de l'élan, la grande extension que cette espèce a prise en Europe après la période glaciaire et sa limitation géographique actuelle, l'auteur montre qu'elle n'a existé d'une façon certaine en Suisse que pendant les temps néolithiques et préhistoriques.

Parlant ensuite des deux bois d'élan complets qui ont été trouvés en 1868 dans la tourbière de Heimenlach, M. Bächler commence par soutenir que celle-ci a dû se former dans un ancien bassin lacustre situé dans une dépression des formations morainiques à partir d'une époque en tout cas plus jeune que les temps néolithiques ; puis il décrit les bois eux-mêmes, dont l'un provient d'un individu très fort et montre des formes régulières, bipalmées, dont l'autre appartenait au contraire à un individu de petite taille et à une forme unipalmée. A ces bois étaient encore réunis des fragments du crâne ; quelques débris d'élan ont été en outre découverts dans la même tourbière et font l'objet d'une brève description.

M. Bächler cite quelques restes appartenant à la même espèce et découverts dans les tourbières de Thurgovie, entre autres un bois droit, trouvé dans le Befangermoos près de Gottshaus-Hauptwil et qui atteint des dimensions particulièrement grandes (Musée de Berne).

L'auteur conclut de ses observations sur les restes d'élan pléistocènes découverts soit en Thurgovie soit dans le canton de Saint-Gall, que ces bois et ces ossements appartiennent à la même espèce que l'élan actuel et qu'ils dénotent la même variabilité.

