

# Nappes helvétiques

Objekttyp: **Chapter**

Zeitschrift: **Eclogae Geologicae Helvetiae**

Band (Jahr): **15 (1918-1920)**

Heft 3

PDF erstellt am: **13.09.2024**

## **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.

rieur de la Jungfrau. Nous avons donc affaire à un élément tectonique très important, qui est emboîté dans les schistes séricitiques et amphiboliques du versant N du massif de l'Aar.

La tectonique du synclinal de Fernigen prouve du reste que ce sont les plissements alpins qui ont déterminé essentiellement les formes de cette partie du massif de l'Aar. La discordance peu marquée qui sépare ici le Cristallin du Sédimentaire ne peut impliquer que des mouvements beaucoup moins importants.

M. ALB. HEIM (66) a fait un compte rendu abrégé de ces mêmes observations devant la Société géologique suisse ; et M. ARN. HEIM (68) l'a complété en traitant spécialement la question des arkoses de base de la série sédimentaire, qu'il considère comme un produit de désagrégation prétriasique des gneiss d'Erstfeld et celle de la stratigraphie triasique. Il distingue dans le Trias : 1<sup>o</sup> Alternances de bancs de grès et de lits d'argile ; 2<sup>o</sup> Alternances de grès et de dolomie ; 3<sup>o</sup> Rötidolomit compacte.

### *Nappes helvétiques.*

M. M. LUGEON (72) a fait paraître en 1916 le second fascicule de sa Monographie des **Hautes Alpes calcaires entre Lizerne et Kander**, fascicule qui est spécialement consacré à la tectonique de la partie orientale des nappes de Morcles et des Diablerets et de la nappe du Wildhorn.

Dans son premier chapitre, M. Lugeon montre comment la nappe de Morcles s'enfonce au NE sous celle des Diablerets ; il énumère les plis qui se sont formés dans la carapace de la nappe de Morcles et rappelle la série des terrains sédimentaires qui entrent dans la constitution de celle-ci. Puis M. Lugeon décrit la vallée de la Lizerne, où la plongée axiale de la nappe de Morcles atteint 32 %. Il a étudié très en détail la région extrêmement compliquée des gorges de la Lizerne directement au-dessus d'Ardon. Dans cette région apparaît une grande dalle de Malm, englobant des couches effilées de Callovien, qui s'élève de la vallée vers la chapelle Saint-Bernard et qui appartient à la nappe des Diablerets. Celle-ci se suit dans la direction de l'E jusqu'à l'entrée des gorges de la Lizerne, et sur toute cette longueur on peut constater qu'elle reste complètement indépendante des éléments sous-jacents de la nappe de Morcles.

Ceux-ci comportent de multiples complications, dans le détail desquelles je ne puis entrer ici ; je dois me contenter

de signaler que sous la nappe des Diablerets apparaît d'abord un anticlinal effilé et digité dans sa partie frontale, formé de Nummulitique, d'Urgonien, de Barrémien inférieur et d'Hauterivien; c'est l'anticlinal d'Izigière de M. Lugeon, qui s'appuie au N sur un synclinal de Nummulitique de Sidérolithique et de Barrémien. M. Lugeon a en outre constaté que les plis de cette zone ont dû être ébauchés déjà avant le dépôt du Nummulitique qui est en transgression discordante sur le Crétacique inférieur et repose sur une surface d'abrasion coupant la tête d'un anticlinal néocomien.

Plus en amont on voit dans le versant gauche de la vallée se développer un autre anticlinal, au cœur de Malm, fortement déjeté au N, qui correspond à l'un des plis des Hauts de Cry et que M. Lugeon appelle anticlinal de Tsanperron. Ce pli est séparé par une épaisse zone de Nummulitique de la base médiojurassique de la nappe des Diablerets. En avant de lui se développent les deux anticlinaux de la vallée de la Lizerne, que Renevier avait déjà reconnus.

M. Lugeon décrit ensuite la carapace, formée d'Urgonien et de Nummulitique, de la nappe des Diablerets, telle qu'elle se présente dans la région lapiaire de Tsanfleuron; il signale les variations intéressantes qui apparaissent dans la série éocène et montre que le Nummulitique forme vers le S trois pointes synclinales, digitations emboîtées dans le synclinal séparant les nappes des Diablerets et du Wildhorn. M. Lugeon suit de là la nappe des Diablerets vers le S, constatant l'amincissement progressif de ses couches jurassiques et infracrétaciques et remarquant que le Malm de la nappe des Diablerets dessine un synclinal fermé autour de la pointe effilée du Crétacique inférieur qui supporte la nappe du Wildhorn.

Passant ensuite de l'autre côté de l'ensellement transversal du Wildhorn-Wildstrubel, M. Lugeon cherche dans la région de la Gemmi ce qui représente le prolongement oriental des nappes des Diablerets et de Morcles. Il trouve d'abord un équivalent très aminci de la nappe des Diablerets dans une écaille de Valangien, d'Hauterivien, de Nummulitique et de grès de Taveyannaz, qui apparaît entre le Lämmernboden et le Daubenjoch à l'W de la Gemmi, au-dessous du Dogger de la nappe du Wildhorn. Cette écaille se suit vers le S par le cirque des Trübeln, caractérisée toujours par les grès de Taveyannaz, mais ici la limite avec le soubassement apparaît moins nettement, le Valangien de la nappe des Diablerets reposant directement sur l'Hauterivien ou même le Valangien de la série autochtone sous-jacente.

M. Lugeon a retrouvé la nappe des Diablerets dans le haut du bassin de la Raspille au N de Sierre. Là l'Hauterivien, le Nummulitique et les grès de Taveyannaz, qui surgissent de dessous la base médiojurassique de la nappe du Wildhorn grâce à un relèvement d'axe vers l'E, sont replissés de façon à former deux anticlinaux couchés au N, dont le plus bas se soude par un synclinal fermé avec la série autochtone et qui représentent certainement la nappe des Diablerets. Ces plis se suivent dans la direction de l'E jusqu'au cirque des Trübeln, où ils se raccordent avec l'écaille précitée; je ne veux du reste pas entrer dans le détail des complications tectoniques que signale M. Lugeon dans ces parages.

Dans le bas des pentes entre Louèche et Viège M. Lugeon a constaté l'existence d'une bande de Malm plongeant au S et recouvrant un synclinal de Valangien, et, en tenant compte de ce qui existe plus au N, il ne peut voir dans cette zone suprajurassique que le noyau des anticlinaux de la haute Raspille et par conséquent un élément de la racine de la nappe des Diablerets.

M. Lugeon a pu suivre d'autre part la nappe des Diablerets depuis le cirque des Trübeln par la Lämmernalp et le versant S du Felsenhorn jusqu'au Gellihorn et au Reinharts au SW de Kandersteg. D'abord réduite à une simple écaille de Valangien intercalée entre le Nummulitique du pli du Balmhorn et la base de la nappe du Wildhorn, la nappe des Diablerets s'épaissit entre le Felsenhorn et le Gellihorn, où elle comprend un peu de Malm, les schistes du Valangien inférieur, le calcaire du Valangien supérieur et les calcaires roux de l'Hauterivien. Cet épaississement vient de ce que le bord radical de la nappe tend à se rapprocher du front dans la direction du NE et, en relation avec ce fait, on voit, au Gellihorn et au Reinharts, des replis de la série crétacique qui sont évidemment des replis frontaux.

Le chapitre suivant du livre de M. Lugeon est consacré à l'étude de la nappe du Wildhorn et il débute par une description de la zone crétacique qui, le long de la vallée de la Lizerne, sépare cette nappe de celle des Diablerets. Cette zone synclinale commence au S entre la Chapelle Saint-Bernard et le Scex Rond; elle est nettement digitée dans son fond par la pénétration au milieu des schistes valangiens de deux barres effilées de Malm, couchées à petite distance l'une au-dessous de l'autre. Cette digitation, qui doit se répercuter loin de la charnière, explique l'épaisseur du Valangien sous le Scex Rond.

A partir du passage des Fontanelles, le cœur du synclinal est rempli par une bande mince de calcaire hauterivien; au-dessus de lui le jambage renversé est épaissi par la pénétration d'une nouvelle lame effilée de Malm, qui se suit, avec de courtes interruptions, jusqu'au Mont Gond. Sous le sommet de la Fava, la bande hauterivienne s'ouvre de façon à s'emboîter autour d'une belle charnière d'Urgonien. Puis bientôt apparaissent au cœur du pli les couches nummulitiques, qui se raccordent avec celles de la couverture de la nappe des Diablerets.

M. Lugeon a étudié en détail dans le versant gauche de la vallée de la Lizerne, puis dans la vallée de la Morge et dans les environs du Scex Rouge, ce synclinal tertiaire et le jambage renversé de Nummulitique, d'Urgonien, de Barrémien et d'Hauterivien, qui le sépare du cœur de la nappe du Wildhorn. Ce jambage est très fortement étiré et des étages entiers y sont supprimés, en sorte que par places l'Hauterivien, très aminci lui-même, repose directement sur les schistes à globigérines de l'Eocène supérieur.

Passant ensuite à l'étude du cœur jurassique de la nappe du Wildhorn, M. Lugeon décrit le massif de la Fava, où l'on trouve une longue zone anticlinale étirée de Dogger, s'élevant du SE au NW et reposant tantôt directement sur les schistes valangiens, tantôt sur un jambage renversé et étiré de Malm. Ce Malm forme par places des lames effilées enfoncées dans les schistes valangiens sous-jacents; au sommet même de la Fava il enveloppe un synclinal infracrétacique et dessine au-dessous de lui une pointe anticlinale; de multiples complications interviennent du reste dans cette tectonique.

Au Mont Gond l'anticlinal inférieur de la Fava a disparu ou s'est confondu avec l'anticlinal supérieur, qui est lui-même réduit à une mince zone de Malm surmontée par une très étroite zone de Dogger. Sur cette dernière s'appuie le gros bloc de Malm du sommet du Mont Gond, qui représente un synclinal couché digité par un repli anticlinal médian. Ce synclinal s'effile rapidement vers le SE, ainsi que la zone anticlinale qu'il surmonte, qui prend ainsi plutôt la forme d'une lame.

A l'E de la Morge, dans les pentes qui s'élèvent vers le Sublage, M. Lugeon a reconnu l'existence d'un jambage renversé d'Urgonien, de Barrémien et d'Hauterivien, laminé, qui recouvre le Nummulitique du dos de la nappe des Diablerets; puis vient une énorme masse de Valangien qui sup-

porte l'anticlinal couché de Malm et de Dogger du sommet du Sublage. Ce pli n'est pas l'équivalent du pli supérieur de la Fava, mais le relaie; celui-ci se retrouve au-dessous du pli du Sublage entre Ronaz et Darbagnon. En outre dans la masse valangienne du soubassement du Sublage on peut voir plusieurs lames étirées et tronçonnées de Malm, détachées probablement de l'anticlinal de Darbagnon.

Vers l'E l'anticlinal du Sublage s'enfonce sous un synclinal peu profond de Valangien, qui est bientôt recouvert par l'anticlinal couché de Malm du Sérac. Le jambage normal de celui-ci disparaît à l'E sous la série crétacique du Wildhorn.

Au cœur des anticlinaux du Sublage et du Sérac apparaît le Dogger plongeant au S. Le Malm normal de l'anticlinal du Sérac, qui descend vers la vallée de la Nettage, est coupé par plusieurs failles longitudinales, dont, suivant la règle générale dans cette région, la lèvre méridionale est toujours affaissée.

Dans le versant droit de la vallée de la Nettage, sous la Crétabesse, on trouve, reposant sur le dos de l'anticlinal de la Fava Darbagnon, la racine commune, formée de Dogger, des anticlinaux du Sublage et du Sérac, puis, au-dessus de celle-ci, trois anticlinaux couchés de Dogger et de Malm de faible envergure; le plus élevé de ces plis s'étire de façon à former une chaîne de lentilles englobées dans le Valangien du versant occidental de Crétabesse.

Les anticlinaux précités de la vallée de la Nettage se prolongent du reste assez loin vers l'W; M. Lugeon les a retrouvés dans la vallée de la Morge et de là jusqu'à la vallée de la Rogne; il en a enfin constaté encore la présence au-dessus de Vétroz et de Magnou. Il est clair du reste que ces plis avec les anticlinaux du Sérac, de la Nettage et de la Fava constituent le cœur jurassique de la nappe du Wildhorn; ils sont intercalés entre le dos de la nappe des Diablerets et la nappe du Mont Bonvin.

Dans le chapitre suivant M. Lugeon décrit les enveloppes crétaciques et tertiaires de la nappe du Wildhorn. Après avoir sommairement rappelé les caractères des séries crétaciques et éocènes, il commence par une description de la chaîne de Crétabesse. Cette chaîne est formée par la série crétacique normale du dos de la nappe du Wildhorn, avec quelques lambeaux nummulitiques; les couches crétaciques y présentent plusieurs replis dirigés du SW au NE, et sont en outre coupées par des failles importantes dirigées en général de l'W à l'E avec rejet normal. La série crétacique s'y mo-

difie du S au N en ce sens que l'Urgonien, de vaseux qu'il est au S, devient rapidement calcaire, et qu'ensuite le Crétacique moyen, qui manque au N entre l'Urgonien et les couches de Wang, apparaît plus au S; la transgression des couches de Wang du N au S est très nette.

Au Scex Rouge on voit les couches de Wang presque horizontales et le Nummulitique replié plusieurs fois sur lui-même supporter un lambeau jurassique de la nappe du Mont Bonvin. A la Motte et dans l'arête qui prolonge ce sommet au NE, les couches de Wang et le Nummulitique montrent également plusieurs replis.

M. Lugeon décrit avec beaucoup de détails la région du Rawylhorn et des dépressions des Audannes, des Audins et des Ravins qui l'encadrent. Il est impossible de le suivre ici dans ces détails et je dois me contenter d'indiquer que l'on se trouve dans cette région en présence d'un pli couché d'Urgonien, de schistes de Wang et de Nummulitique, qui supporte un lambeau de la nappe du Mont Bonvin; le jambage renversé de ce pli est supprimé par une cassure et la série normale en est compliquée soit par des replis secondaires, soit par de nombreuses failles, qui, de nouveau ici, sont remarquablement indépendantes des plissements. Cet anticlinal enveloppe un beau pli couché jurassique, qui apparaît dans la profonde tranchée de la Lienne et qui doit correspondre à une partie des plis de la vallée de la Nettage.

Etudiant ensuite le front de la nappe du Wildhorn entre le Creux de Champ et les environs de Gsteig, M. Lugeon montre la façon dont cette nappe recouvre celle des Diablerets par l'intermédiaire d'un jambage renversé très aminci, puis il suit de l'W à l'E les replis frontaux, au nombre de quatre, que dessine la série infracrétacique et nummulitique entre l'Oldenhorn et la route du Pillon. Ces plis s'enfoncent vers l'E et disparaissent ainsi successivement sous les formations préalpines ou sous un vaste pli couché qui forme les hauteurs du Montbrun et du Schlauchhorn. M. Lugeon décrit longuement cet anticlinal qui est fort intéressant à différents points de vue. D'abord il montre de façon particulièrement nette l'accentuation progressive du plissement avec la profondeur; ensuite il laisse apparaître en fenêtre au-dessous de lui dans le vallon d'Olden deux replis anticlinaux d'Urgonien, de Nummulitique et de grès de Taveyannaz, appartenant sans conteste à la nappe des Diablerets et sur lesquels la base de la nappe du Wildhorn se moule exactement, les formations tertiaires de la nappe des Diablerets formant le

cœur d'anticlinaux infracrétaciques de la nappe sus-jacente.

Le pli couché du Schlauchhorn est divisé en plusieurs replis, dont le plus externe forme au SW de Gsteig la Schattfluh ; cet anticlinal est surmonté par un synclinal et un anticlinal déjetés, que M. Lugeon dénomme synclinal et anticlinal de la Boiterie. Ces plis qui sont bien visibles près du sommet du Schlauchhorn, s'accroissent et se déversent de plus en plus du SW au NE jusqu'à la route du Sanetsch. Ici ils sont brusquement relevés de plusieurs centaines de mètres par une faille transversale, la faille du Sanetsch, qui amène l'anticlinal de la Schattfluh à peu près au niveau de celui de la Boiterie et qui fait apparaître au-dessous de lui, au SE de Gsteig, non seulement des plis plus profonds de la nappe du Wildhorn, mais encore des formations nummulitiques de la nappe des Diablerets.

Les plis inférieurs de la nappe du Wildhorn vers Gsteig, qui représentent les plis frontaux du Creux de Champ, sont au nombre de deux ; le plus élevé s'étend assez loin au N, de façon à former encore le petit sommet de Lochstaffel à l'E de Gsteig ; le moins élevé s'enfonce et disparaît bientôt sous la moraine ; tous deux sont formés de Barrémien, d'Urgonien et de Nummulitique.

Les anticlinaux de la Schattfluh et de la Boiterie sont nettement visibles à l'E de la route du Sanetsch dans le soubassement du Spitzhorn. Ils sont surmontés par un pli chevauchant, qui forme toute la région culminante de ce sommet et dont le front s'étend jusqu'au Klein Hörnli. Le Valangien de cet anticlinal repose directement sur le Nummulitique qui enveloppe les deux plis sous-jacents.

Ce pli du Spitzhorn représente le prolongement exagéré d'un petit anticlinal qui se développe sur le dos du pli couché du Schlauchhorn vers le sommet du Sanetschhorn ou Mont-Brun. Il est suivi vers le S, sous le Schafhorn, par un synclinal accidenté d'une faille à fort rejet, après lequel se développe l'anticlinal du Hundhörnli, formé essentiellement par l'Hauterivien. Enfin sous le Hundhörnli apparaît une énorme masse de schistes valangiens, qui repose directement sur le Nummulitique de la nappe des Diablerets et qui forme le cœur des six plis frontaux de la nappe du Wildhorn.

La dernière partie du deuxième fascicule de l'étude monographique de M. Lugeon est consacrée à la vallée de Lauenen et aux plis haut-alpins qui la dominent au S. Ici l'érosion, relativement plus profonde que près de Gsteig, a mis au jour



deux plis frontaux de la nappe du Wildhorn, qui sont couchés horizontalement dans le fond de la vallée en amont de Lauenen. Le premier de ces plis est formé par une série normale, amincie, de Barrémien, d'Urgonien et de Nummulitique. Ce dernier est couvert directement par l'Hauterivien du second pli, qui supporte une nouvelle série normale de Barrémien, Urgonien et Nummulitique.

Entre ces deux plis et le prolongement de l'anticlinal du Spitzhorn apparaissent les deux anticlinaux de Bühl et du Dungelschuss, dont le déjettement au N est très accusé. Le pli du Spitzhorn se retrouve au Vollhorn, mais sous une forme remarquablement réduite et plus redressée. A ce propos, M. Lugeon insiste sur la très forte plongée de tous les axes des plis frontaux vers le NE, plongée qui correspond à un relaiement des plis externes par des anticlinaux de plus en plus internes. Ce phénomène se constate très nettement jusque dans la région d'Iffigen et le Haut Simmental.

Au S de l'anticlinal Spitzhorn-Vollhorn, M. Lugeon décrit encore les deux anticlinaux déjetés du Hahnenschritthorn et du Wildhorn, ainsi que la zone intermédiaire synclinale, qui comporte plusieurs replis de moindre importance. M. Lugeon a étudié aussi, très en détail, une succession de failles transversales, qui hâchent les plis externes de la nappe du Wildhorn au SE de la vallée de Lauenen, mais il est impossible de rendre compte utilement ici de cette description, qui est incompréhensible sans carte.

M. M. LUGEON (73) ayant eu l'occasion d'excursionner dans la chaîne du Briener-Rothhorn, a constaté que la **nappe de l'Augstmatthorn**, supposée par M. Beck, n'existe en réalité pas comme unité tectonique indépendante. Ce que M. Beck a interprété comme Flysch tertiaire sous-jacent aux schistes de Wang est en fait des schistes de Seewen intercalés dans une série normale et supportés par les calcaires de Seewen. Audessous de ces derniers, le Gault et l'Aptien à Orbitolines font complètement défaut.

A l'Augstmatthorn même les schistes de Wang reposent directement sur l'Urgonien en transgression discordante. Ils renferment par places des Bélemnités, mais sont surtout caractérisés par un Serpulidé, auquel M. Lugeon donne le nom de *Jereminella pfenderae* ; ils ne sont en tous cas pas plus jeunes que le Maestrichtien.

La carte au 1 : 25 000 de la **Rigihochfluh** et de la région avoisinante, qui a vu le jour en 1915, a été bientôt suivie d'un texte explicatif rédigé par M. A. BUXTORF avec la colla-

boration de MM. E. BAUMBERGER, G. NIETHAMMER et P. ARBENZ (62).

Dans son introduction, M. Buxtorf rappelle que la chaîne de la Rigihochfluh, qui représente le front des nappes helvétiques buttant contre le massif de Nagelfluh du Rigi, est divisée en deux parties séparées par un décrochement horizontal, le Vitznauerstock à l'W, la Rigihochfluh et l'Urmiberg à l'E.

Abordant ensuite l'étude stratigraphique de la Rigihochfluh, l'auteur définit comme suit la série sédimentaire de cette chaîne :

Le **Valangien**, qui est ici le niveau le plus ancien, peut être divisé en : 1<sup>o</sup> les marnes de l'Oerli, brunâtres, marneuses, avec quelques bancs calcaires, sans fossiles ; 2<sup>o</sup> le calcaire de l'Oerli, formé d'alternances de marnes et de calcaires, en partie oolithiques ; 3<sup>o</sup> les marnes valangiennes, qui contiennent, surtout dans la nappe du Pilate, des bancs calcaires, et renferment abondamment *Exog. couloni*, *Alectr. rectangularis*, *Terebr. moutoni* ; 4<sup>o</sup> le calcaire sableux et spathique de Spitzern ; 5<sup>o</sup> les marnes de Spitzern, assez variables, tantôt plus, tantôt moins riches en calcaire ; 6<sup>o</sup> les calcaires valangiens, spathiques, parfois oolithiques, en gros bancs. Le niveau de Gemsmättli, si bien développé au Pilate, est réduit ici à une zone limonitique, épaisse de quelques centimètres seulement et peut même manquer complètement.

L'**Hauterivien** commence par 1 à 2 mètres de schistes, qui supportent le Kieselkalk ; celui-ci, qui a son faciès habituel, est notablement plus épais (200 à 250 m.) dans la nappe du Bürgenstock que dans celle du Pilate (150 m.). Vers le haut, ce complexe passe dans la nappe du Pilate à des brèches échinodermiques ocreuses, tandis que dans la nappe du Bürgenstock il est couronné par des calcaires glauconieux, grossièrement spathiques à *Exog. sinuata*.

Le **Barrémien** est constitué par les trois niveaux des couches glauconieuses de l'Altmann (1 m.), des couches de Drusberg (75 m.), formées de schistes marneux, qui s'enrichissent en calcaires vers le haut, et de l'Urgonien inférieur.

Il faut classer au niveau de l'**Aptien** les couches marno-calcaires à *Orbit. lenticularis* et *Heteraster oblongus*, l'Urgonien supérieur, épais de 60 m. dans la nappe du Bürgenstock, de 30 m. seulement dans celle du Pilate, et des brèches échinodermiques associées à des calcaires siliceux, qui représentent le Gargasien supérieur et qui ont été en

grande partie enlevées par l'érosion prélutétienne dans la nappe du Pilate.

L'**Albien-Cénomanien** se divise en : 1° couches à *I. concentricus* ; 2° schistes marneux ; 3° couches concrétionnées et glauconiennes ; 4° couches à Turrilites. Cette série n'est bien développée que dans la nappe du Bürgenstock.

Le Seewerkalk, qui représente essentiellement le **Turonien**, a été supprimé par l'érosion éocène dans une grande partie de la nappe du Pilate ; il est par contre bien développé dans la nappe du Bürgenstock, particulièrement dans la partie orientale de la chaîne.

L'**Eocène** commence avec les couches glauconiennes à *Num. complanata*, *Num. helvetica*, *Assilina exponens*, *Orbit. discus*, qui sont surtout bien représentées dans la nappe du Pilate ; puis viennent les schistes à Pecten, qui sont surmontés par des schistes gris, micacés, riches en globigérines, les Stadschiefer.

Au Zihlistock et près de Wilerbrück sur la Muotta apparaissent des affleurements de schistes du Flysch avec rognons de quartzites vertes, qui se présentent dans des conditions tectoniques très compliquées et font évidemment partie d'une série préalpine.

Passant à la description tectonique de la chaîne de la Rigi-hochfluh, M. Buxtorf montre que deux nappes prennent part à la constitution de cette chaîne : celle du Pilate et celle du Bürgenstock. D'autre part, la tectonique est compliquée par l'intervention de multiples failles et d'imbrications, dislocations secondaires qui peuvent toutes être ramenées à la poussée générale des nappes du S au N, à l'étirement longitudinal de ces nappes et à leur adaptation aux formes irrégulières du bord méridional du massif molassique du Rigi.

Dans la partie occidentale de la chaîne, dont le Vitznauerstock est le sommet principal, c'est la nappe du Pilate qui forme le versant N et la région culminante ; elle montre des signes très nets d'étirement longitudinal et comporte de multiples dislocations en relation avec les inégalités de l'avant-pays. L'étirement longitudinal est encore plus marqué dans la nappe du Bürgenstock, où l'on voit l'Hauterivien et les couches de Drusberg, très épais au S et au SW du Vitznauerstock, s'effiler brusquement dans la direction de l'Obere-Nase, en provoquant dans l'Urgonien sus-jacent un véritable décrochement horizontal.

Entre le Vitznauerstock et la chaîne proprement dite de la Hochfluh passe un décrochement horizontal plus important

encore, le Vitznauerstock ayant été poussé au NW de plus de 1 1/2 km. au delà de la ligne sur laquelle s'est arrêtée la Rigihoehfluh, buttant contre l'éperon molassique de Biregg. Ce décrochement principal est accompagné vers l'E par plusieurs accidents semblables, mais de beaucoup moindre envergure, qui paraissent être en relation avec un amincissement rapide de l'Hauterivien et du Barrémien inférieur du NE au SW.

De nombreuses fractures, très diversément orientées, dans le détail desquelles je ne puis du reste entrer, accidentent les deux nappes du Pilate et du Bürgenstock au SW du sommet de la Hochfluh. Des phénomènes d'imbrication interviennent d'autre part dans le jambage normal de la nappe du Bürgenstock.

A l'E du sommet de la Hochfluh apparaît une curieuse dislocation, qui peut se ramener à un décrochement transversal affectant surtout la nappe du Pilate et le synclinal éocène sus-jacent, mais qui se distingue des autres décrochements par le fait qu'il implique non un étirement, mais au contraire une compression longitudinale.

Plus à l'E, la nappe du Pilate ne tarde pas à disparaître complètement, tandis que l'axe de la nappe du Bürgenstock s'abaisse assez rapidement vers le NE. L'extrémité orientale de la chaîne, qui correspond à l'Urmiberg, est caractérisée d'abord par la conservation très étendue de l'Urgonien, du Crétacique moyen et supérieur et de l'Eocène. Elle est coupée par toute une série de failles, dont deux importantes failles longitudinales et deux fractures transversales, entre lesquelles un gros paquet de couches crétaciques et tertiaires s'est enfoncé au NW. C'est dans cette région que subsistent des lambeaux de Flysch préalpin.

M. Buxtorf décrit ensuite la zone de Flysch, qui sépare les formations crétaciques de la Rigihoehfluh de la Molasse du Rigi. Cette zone comprend d'abord des schistes à globigérines ou Stadschiefer, qui font certainement partie de la série helvétique et qui forment une importante traînée sous la base de la nappe du Pilate au Vitznauerstock; elle comprend d'autre part les schistes argileux foncés et les grès variés du Wildflysch. Ces deux complexes, d'origine absolument différente, sont par places complètement mêlés.

Dans le Flysch de cette zone subalpine sont enclavées sous forme de klippen des formations qui n'appartiennent pas stratigraphiquement à ce complexe; ce sont: d'abord une klippe d'Urgonien et de Gault qui apparaît près du Gätter-

ligrat, en second lieu, divers bancs de calcaires nummulitiques, très probablement helvétiques, en troisième lieu, un banc de conglomérat, situé au SE de Lowerz et qui rappelle absolument des couches existant sous la base de la nappe de l'Axen, dans le haut de la série du Flysch parautochtone du Gruonbach, près de Flüelen, enfin des enclaves de nagelfluh calcaire de la Molasse englobée dans le Flysch des deux côtés de l'éperon molassique de Biregg. A ces klippes de la série helvétique s'ajoute une écaille de calcaires supracréta-ciques des Préalpes, qui se trouve au Gätterligrat et provient probablement de l'ancien soubassement normal du Flysch préalpin.

Ainsi pour expliquer la structure de la zone de Flysch sub-alpin, il faut supposer d'abord que la nappe du Flysch préalpin a recouvert les terrains helvétiques avant la poussée principale des nappes que ceux-ci ont formées et qu'ainsi Crétacique supérieur et Flysch préalpins d'une part, Nummulitique helvétique d'autre part se sont enchevêtrés; puis il faut admettre que les nappes helvétiques ont entraîné sous elles des éléments sous-jacents, Urgonien et Gault de la nappe de l'Axen, conglomérats du Flysch de la série parautochtone, et que tous ces éléments divers se sont mêlés dans la dernière poussée des nappes du Pilate et du Bürgenstock.

A propos du massif du Rigi, M. Buxtorf fait remarquer que les poudingues molassiques comprennent un complexe épais de 1500 m. de nagelfluhs polygéniques, encadré entre deux zones de nagelfluh calcaire, mais que les limites entre les deux faciès ne sont nullement franches et que de plus il y a passage latéral de l'un à l'autre, la nagelfluh polygénique cédant la place de l'W à l'E à la nagelfluh calcaire. Ce fait indique des variations dans les affluents de cette partie de la mer molassique. D'autre part, M. Buxtorf constate que le plongement au SE des bancs de poudingues, faible vers le N, s'accroît d'abord très progressivement, puis brusquement aux abords des fronts helvétiques.

M. Buxtorf cherche ensuite à définir les relations tectoniques existant entre le massif du Rigi, la zone subalpine de Flysch et le front des nappes helvétiques. Après avoir rappelé que les limites qui séparent ces trois unités, loin d'être rectilignes, sont en zigzag, l'éperon de Biregg s'enfonçant profondément au S, tandis que la masse du Vitznauerstock et celle de la Rigihochfluh s'avancent vers le N, il admet que ce fait peut s'expliquer par une érosion de la Molasse avant la mise en place des fronts des nappes, sans croire du reste,

comme M. Arn. Heim, que la Molasse avait été soulevée en une chaîne avant les grands plissements alpins. D'autre part, il considère comme probable que le décrochement horizontal du Vitznauerstock correspond à un accident analogue, qui aurait affecté l'ensemble des couches de Nagelfluh du Rigi, faisant glisser celles-ci au NW sur leur soubassement argilo-gréseux.

Parlant de la zone de Flysch qui existe au N de Schwytz, M. Buxtorf montre que ces dépôts, incontestablement pré-alpins, font partie de la couverture tectonique des nappes helvétiques externes, qui ont disparu ici par enfouissement longitudinal. Puis il passe à la description du front de la nappe du Drusberg, depuis la région de Beckenried jusqu'à l'Axenstrasse.

Dans l'aperçu stratigraphique qu'il donne des dépôts crétaïques et tertiaires de cette nappe, M. Buxtorf fait remarquer le développement plus complet que prend ici le Crétaïque supérieur, les calcaires de Seewen se continuant dans la série des schistes de Seewen, de plus en plus marneux vers le haut.

L'Éocène est représenté essentiellement par les schistes à globigérines, à la base desquelles on trouve souvent un ou plusieurs bancs de calcaires glauconieux à *Assil. exponens*.

Dans la région de Seelisberg il existe, à la limite du Crétaïque et de l'Éocène, un ou deux bancs d'un conglomérat nummulitique à galets crétaïques, associés à des schistes et des grès glauconieux. Ces bancs montrent une discordance très nette avec les schistes de Seewen, ainsi qu'avec les schistes du Flysch voisins, ce qui doit probablement s'expliquer par des mouvements différentiels provoqués par la plus grande résistance au plissement des conglomérats.

Quant à l'origine des galets crétaïques inclus dans les poudingues, l'auteur n'est pas arrivé à une explication satisfaisante.

Parlant de la tectonique de l'anticlinal de Seelisberg-Morschach, M. Buxtorf signale la plongée longitudinale de ce pli, à partir d'une ligne culminante située à l'W de Seelisberg, soit vers l'W, soit vers l'E. De nombreuses failles transversales, en général inverses à cette plongée, recoupent la voûte.

Dans le chapitre suivant M. Buxtorf décrit les formations pléistocènes du territoire de sa carte et les formes particulières de la topographie. Parlant d'abord des moraines, il établit que, lors du maximum rissien, le glacier de la Reuss

couvrait tout le territoire de la carte à l'exception du sommet du Vitznauerstock et de la crête du Rigi ; sa surface atteignait sur la chaîne de la Rigihoehfluh le niveau de 1370 m., puis s'abaissait de façon à occuper sur la ligne Goldau-Vitznau le niveau de 1150 à 1200 m. Le maximum wurmien est resté très peu au-dessous de ces chiffres et la distinction du matériel morainique des deux dernières glaciations est très peu certaine. Quant aux moraines de retrait wurmiennes il faut citer surtout celle qui traverse le fond du lac directement au N des Nasen, puis celle qui forme une importante crête sous-lacustre au SE de Gersau. Les grands amas morainiques qui couvrent le pied N de l'Urmiberg sont probablement contemporains de la moraine des Nasen ; enfin, au N de Brunnen apparaît une moraine de retrait latérale. Quelques dépôts morainiques de glaciers locaux existent dans la région culminante du Rigi.

M. Buxtorf a étudié aussi les dépôts d'éboulements et d'éboulis depuis l'éboulement préwurmien, qui a couvert la plaine au N de Brunnen jusqu'aux éboulements récents particulièrement fréquents sur le versant N, extrêmement déchiqueté et disloqué, de la chaîne du Vitznauerstock et de la Hochfluh, mais fréquents aussi dans le domaine de la Molasse, où les bancs de Nagelflüh ont à de nombreuses reprises glissé en masses plus ou moins considérables sur leur base.

Comme formations alluviales, M. Buxtorf signale d'abord un ancien delta de la Muotta, situé vers Hinter-Ibach et correspondant à un niveau du lac des Quatre-Cantons supérieur de 50 m. au niveau actuel ; ces alluvions paraissent dater de la fin du stade de Buehl. Un autre dépôt formé de galets exclusivement calcaires et se trouvant au même niveau que les alluvions de Hinter-Ibach, existe près du pont sur la Muotta au NW de Brunnen ; son origine reste douteuse.

M. Buxtorf expose aussi la genèse des formes topographiques du territoire de sa carte ; il fait ressortir l'importance considérable de l'érosion torrentielle dans la zone subalpine de Flysch, érosion qui devait déjà être très profonde avant la dernière glaciation et qui a repris avec une activité très grande depuis lors. Il montre aussi le contraste frappant qui existe entre la plus grande partie de la chaîne de la Rigihoehfluh, qui a été couverte par le glacier de la Reuss et dont les formes sont arrondies et les points culminants de cette chaîne qui ont été déchiquetés par la désagrégation et l'érosion. Il attire l'attention sur le fait que les belles terrasses, qui existent au-dessus de l'Axenstrasse au S de Brun-

nen, ne se retrouvent en aucune façon sur les versants de la chaîne de la Rigihoehfluh.

En relation avec ces données morphologiques, M. Buxtorf décrit sommairement les lacs situés sur le territoire de sa carte ; ce sont : 1<sup>o</sup> le petit lac de Seelisberg, lac de doline, dont la forme a du être légèrement modifiée lors de la dernière glaciation ; 2<sup>o</sup> le lac marécageux de Dürren, à l'E d'Emmetten, situé dans un fond de vallée couvert de matériel morainique et barré par des cônes de déjection ; 3<sup>o</sup> le lac de Lowerz qui faisait autrefois partie du lac des Quatre-Cantons et en est séparé aujourd'hui par le delta de la Muotta ; 4<sup>o</sup> le lac des Quatre-Cantons.

A propos de ce dernier, M. Buxtorf constate que la partie qui en est comprise sur le territoire de la carte se divise, grâce à l'intervention du delta sous-lacustre de la Muotta, de la moraine de Kindlismord et de celle des Nasen en quatre bassins distincts, dans lesquels l'alluvionnement prend une importance très inégale.

Quant à l'origine du lac des Quatre-Cantons, M. Buxtorf, sans nier la part prise par l'érosion glaciaire dans le surcreusement du bassin, admet que cette part a été beaucoup moins considérable ici que dans le cas des lacs de la Molasse. Mais il croit que le lac des Quatre-Cantons a avant tout, comme du reste toute une série de lacs subalpins, une origine tectonique. Se basant sur les données récentes de la tectonique moderne, il fait remarquer qu'il suffit, pour expliquer cette origine, de supposer que la dernière phase des ridements alpins, qui a provoqué à la fois le soulèvement de la zone des massifs centraux et des racines pennines et l'affaissement de la zone insubrienne-dinarique d'une part, d'autre part de la large bande comprise entre la retombée des nappes helvétiques et leur front, s'est continuée jusque dans le Pléistocène et après le creusement principal des vallées, provoquant dans celles-ci des pentes inverses. Cette explication, nettement différente de celle qu'a donnée M. Heim, s'applique aussi bien au lac des Quatre-Cantons, qu'à ceux de la Haute-Italie.

Le dernier chapitre de la brochure en question comprend une description sommaire de différents itinéraires permettant une étude rapide de la région.

### *Nappes penniques.*

M. E. ARGAND (60) a donné une description d'ensemble de l'arc des Alpes occidentales. Il commence par faire ressortir l'importance de l'influence qu'a exercée sur le détail des for-