Zeitschrift: Eclogae Geologicae Helvetiae
Herausgeber: Schweizerische Geologische Gesellschaft
Band: 10 (1908-1909)
Heft: 5

Artikel: IIme partie, Tectonique : descriptions régionales
Autor: [s.n.]
Kapitel: Alpes
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-156878

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

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

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

Download PDF: 17.07.2025

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

Alpes.

Alpes orientales. — Nous devons à M. W. Hammer (**64**) une description détaillée des **massifs de l'Ortler et du Piz Ciavalatch.**

L'auteur commence par décrire le soubassement cristallin du massif de l'Ortler, dans lequel il reconnaît, sans aucun doute, le prolongement occidental du massif de Laas; il constate que, partout où des suppressions tectoniques de couches n'ont pas eu lieu, les schistes cristallins anciens de ce soubassement sont recouverts par un complexe épais de schistes sériciteux, qu'il attribue, avec plusieurs des auteurs qui se sont occupés antérieurement de cette région, au Verrucano. Ces couches deviennent de plus en plus phylliteuses vers le haut et sont finalement couronnées le plus souvent par du gypse et une zone de cornieule, qui les séparent des dolomies triasiques et qui appartiennent probablement, avec une partie des schistes sous-jacents, au Trias inférieur. Cette série de schistes, de gypse et de cornieule se montre, soit dans la partie S du massif, dans le Val d'Uzza et le Val Zebru, soit vers l'E, dans le Suldenthal, où, il est vrai, les schistes sériciteux sont peu développés, soit dans la région de Trafoi et du Stelvio.

Passant à la tectonique du massif de l'Ortler, M. Hammer décrit avec beaucoup de détails toute une série de coupes et montre la continuité de l'W a l'E de plusieurs zones de schistes calcaires, interstratifiées dans le Trias un peu au-dessous du Rhétien, et qui lui ont permis d'établir la direction des lignes tectoniques. De l'ensemble de ces profils, que je ne puis résumer ici, il résulte d'abord qu'on peut distinguer dans le massif de l'Ortler plusieurs plis orientés de l'W à l'E. et déjetés au S, qui tendent à se desserrer vers l'E. Ce faisceau de plis est coupé au S par une grande fracture, suivant laquelle le Trias entre en contact anormal avec les schistes cristallins (Zebrubruchlinie) et qui, étant dirigée de l'WNW à l'ESE, laisse subsister, dans la partie SE du massif, des plis triasiques qui n'existent pas plus à l'W. Vers le N, le faisceau de plis de l'Ortler est bordé par la zone synclinale des schistes rhétiens du Val Braulio, qui se continue à l'E par le Val Vitelli et l'arête des Madatschkögel jusqu'au Pleisshorn sous la forme de schistes supratriasiques, et qui s'enfonce au N sous la masse chevauchante des schistes cristallins du Monte Scorluzzo et du Monte Braulio.

Vers l'E, dans le versant oriental du Hochjochgrat, de l'Ortler et du Hochleitenkamm la direction des couches devient assez brusquement S-N ou même SE-NW, et M. Hammer admet que tous les plis sont ici à la fois déviés au N et déjetés à l'E. Le plongement convergent de toute la masse triasique de l'Ortler du S et de l'E vers la vallée de Trafoi est très net et influe fortement sur l'orographie ; en relation avec cette convergence du plongement, M. Hammer fait remarquer la convergence vers Trafoi de tout un système de fractures qui coupent la chaîne au N du sommet de l'Ortler, et dont la principale traverse de part en part la chaîne du Zumpanel entre Trafoi et Bodenhof.

En terminant ce chapitre, l'auteur fait la critique de la description du massif de l'Ortler qu'a donnée récemment M. Rothpletz et conteste, en particulier, soit le passage de la « rhätische Randspalte » par le Zumpanel, sois l'existence d'une faille N-S dans la région des glaciers de l'Ortler et de Trafoi.

A propos de la stratigraphie du Trias de l'Ortler, M. Hammer montre le caractère arbitraire des classifications établies pour ce système par Gümbel, et l'impossibilité de déterminer une chronologie précise de ces dépôts en l'absence presque générale de fossiles. Il a reconnu par contre l'interstratification dans la masse dolomitique qui représente le Trias, de trois niveaux schisteux distincts : 1° un niveau inférieur, associé aux cornieules de la base, formé de calcaires plaquetés, de lits argileux et de bancs gréseux, qui peut appartenir ou bien au Muschelkalk, ou bien aux couches de Raibl ; 2° un niveau moyen, qui se compose essentiellement de calcaires plaquetés noirs, à patine rouge, et dans le voisinage duquel on trouve presque toujours des couches à Lithodendron ; ces calcschistes appartiennent probablement au Trias supérieur ; 3° un niveau supérieur comprenant des schistes argileux, phylliteux, bleuâtres et bariolés de rouge, auxquels s'associent des bancs calcaires d'aspect varié, qui représentent ici les couches de Koessen et contiennent avec *Rissoa alpina* des gastéropodes voisins d'*Acteonina elongata*.

Entre les niveaux schisteux inférieurs et moyens se développe la masse dolomitique, épaisse de 600 à 800 m. de l'Ortlerdolomit, dont M. Hammer décrit les aspects variés et qu'il considère comme représentant probablement, à la fois, le calcaire du Wetterstein et le « Hauptdolomit ». Entre les niveaux moyens et supérieurs les calcaires dolomitiques ne dépassent pas 100 m. de puissance.

M. Hammer consacre ensuite un important chapitre aux deux grandes lignes de dislocation qui délimitent au S et au N le massif de l'Ortler, la « Zebrubruchlinie » et la « Trafoierbruchlinie ». Il aborde l'étude de la première aux environs de Bormio, dont il explique la tectonique compliquée d'une façon absolument différente de l'interprétation de M. Schlagintweit (voir ci-dessus).

Pour lui, en effet, il n'y dans cette région aucune indication de l'existence de la racine d'une nappe chevauchant au N par dessus le Trias de l'Ortler ; les schistes cristallins de Bormio et du Val d'Uzza s'enfoncent au contraire au N sous ce Trias, et les anomalies du contact entre le massif dolomitique et la région cristalline s'expliquent par une grande faille verticale ou à peu près, qui, dans les environs de Bormio, est probablement divisée en deux fractures parallèles et rapprochées, qui devient simple plus à l'E et qui se suit par le Val Zebru jusqu'au Koenigsjoch. Le caractère de faille de cette dislocation ressort clairement, pour l'auteur, non seulement de la nature du contact entre le Cristallin et le Trias, mais aussi du fait que le plan de ce contact mécanique coupe obliquement les lignes tectoniques internes du massif de l'Ortler.

A propos de la Zebrubruchlinie, M. Hammer fournit quelques renseignements sur les roches volcaniques basiques qui, dans le voisinage de cette ligne et dans la partie orientale du massif, coupent de leurs nombreux filons soit le Trias, soit les phyllites paléozoïques.

Tandis que M. Hammer fait ainsi passer une faille verticale, indépendante du plissement, entre le Trias de l'Ortler et la région cristalline qui le borde au S, il voit dans la ligne tectonique de Trafoi aussi une fracture, mais une fracture oblique, dont le plan suit la direction et le plongement des couches triasiques, et qui lui paraît être un des effets du plissement, prenant ainsi plutôt la forme d'un chevauchement.

L'auteur décrit avec beaucoup de détails ce plan de dislocation qu'il suit depuis le Stelvio le long de la vallée jusqu'à Trafoi et même jusqu'au-dessus et à l'W de Gomagoi. Entre le Stelvio et Trafoi on voit le Trias de l'Ortler s'enfoncer au N sous les schistes cristallins de la Hornspitz. Entre Trafoi et Gomagoi le Trias apparaît le long de l'axe de la vallée, comme enfoncé, suivant une étroite bande dirigée N-S entre les schistes cristallins du versant droit et ceux du versant gauche de la vallée, de sorte qu'on doit admettre deux failles paral-

lèles à rejet inverse. Dans la région de Gomagoi le Trias ne forme plus qu'une mince zone discontinue englobée dans des schistes du Verrucano et tout cet ensemble s'enfonce au NW sous les schistes cristallins, tandis qu'à l'E de la vallée le plongement du gneiss se fait à l'E.

Dans un dernier chapitre M. Hammer décrit sous le nom de Ciavalatschkamm la chaîne qui, dirigée du Stelvio vers le N, sépare la vallée de Trafoi du Münsterthal et que suit la frontière des Grisons et du Tyrol. La partie culminante de cette chaîne entre le Piz Fallasch et le Pitz Ciavalatsch est constituée par des gneiss, dont les bancs dessinent une sorte de synclinal dirigé SW-NE. Autour de cette crête cristalline, à l'E, au N et à l'W, on trouve comme une ceinture de formations triasiques et de schistes phylliteux du Verrucano, intensément disloqués, qui plongent concentriquement vers l'intérieur de la chaîne. Cette zone de terrains permo-triasiques est dédoublée, aux environs de Sanct-Maria, en deux écailles superposées ; elle est supportée tout le long du Münsterthal par un complexe puissant d'orthogneiss, voûté en anticlinal, dans lequel est creusé le fond de la vallée. Du côté de la vallée de Trafoi-Gomagoi elle recouvre aussi des gneiss et des schistes phylliteux, qui la séparent de la série permo-triasique du Stelvio et des environs de Trafoi.

Ces divers éléments de la chaîne du Ciavalatsch peuvent être facilement identifiés avec ceux qui se trouvent un peu plus à l'W dans le massif de l'Umbrail et du Piz Lat. Le sommet cristallin de la première correspond au sommet cristallin du Piz Chazfora ; le Trias plongeant au S des environs de Sanct Maria est le prolongement du versant N du Piz Lat, tandis que le Trias plongeant au NW du Piz Umbrail se continue par le Fallaschjoch et le flanc oriental du Schafberg, jusqu'au-dessus de Stilfs.

Pour expliquer finalement cette tectonique, M. Hammer ne peut admettre l'hypothèse de nappes de recouvrement venues du S, telle qu'elle a été exposée par M. Termier ; il voit dans la zone de l'Umbrail et du Ciavalatsch un pli en champignon aux jambages imbriqués, qui se trouverait sur une des lignes de compression maximale et dont la racine aurait été complètement écrasée. Ainsi les chapeaux cristallins du Ciavalatsch et du Chazfora seraient pour lui autochtones et auraient pris l'allure de lambeaux de recouvrement simplement par l'écrasement de la base du pli cristallin entre les deux jambages de Trias. L'origine étrangère de ces lambeaux n'est pas conciliable pour lui avec la similitude absolue des schistes

cristallins sus et sous-jacents à la zone permo-triasique dans la chaîne du Ciavalatsch ; d'autre part le déjettement général vers le S de tous les plis de la région de l'Ortler rend peu vraisemblable l'existence d'une nappe ayant cheminé en sens inverse ; enfin l'hypothèse de nappes superposées dans cette région des Alpes se heurte, dans l'esprit de M. Hammer, à des difficultés d'ordre général qui l'obligent à la rejeter.

M. W. Hammer a entrepris aussi l'étude de la région comprise entre la haute vallée de l'Adige, le Münsterthal et la basse Engadine et a publié sur la géologie de ce territoire deux courtes notices. Dans la première (**65**) il se contente de fournir quelques données pétrographiques et stratigraphiques sur le Cristallin, le Verrucano et le Muschelkalk du **massif de Sesvenna**. A propos du Cristallin il montre le contraste qui existe entre la masse uniforme d'orthogneiss de structure œillée qui constitue ce massif et le complexe beaucoup hétérogène de micaschistes, de gneiss, d'amphibolites, etc., qui compose le massif de l'Œtzthal vers le NE.

Parlant du Verrucano, M. Hammer décrit cette formation comme résultant directement de la désagrégation des gneiss sous-jacents et comme ne contenant aucun de ces conglomérats à galets porphyriques fréquents dans le Verrucano des Grisons ou des Alpes glaronnaises. A la base le Verrucano est plus ou moins gréseux ou schisteux suivant qu'y prédominent la séricite ou au contraire le quartz et les feldspaths ; vers le haut il devient plus franchement quartzitique et contient des interstratifications de plus en plus fréquentes de calcaire dolomitique. Il supporte directement le Muschelkalk qui débute par un niveau dolomitique, gris, foncé, contenant des Gyroporelles et des débris de Crinoïdes, et dont la partie supérieure est formée de calcaires clairs, blancs ou jaunâtres.

Dans sa seconde notice, M. Hammer décrit la ligne de dislocation très importante qui, suivant le versant NE du Schlinigerthal et du val d'Uina, sépare le massif de Sesvenna de celui de l'Œtzthal (**66**). Il montre comment suivant cette ligne le Verrucano, le Trias et probablement aussi des formations jurassiques, qui recouvrent normalement les orthogneiss du massif de Sesvenna, s'enfoncent au NE sous la série cristallophyllienne du massif de l'Œtzthal et comment ces formations sont souvent imbriquées en deux ou trois écailles.

Cette zone est marquée le long du Schlinigerthal par une bande continue de calcaire triasique; elle prend un grand développement dans la région du Schliniger Pass et du Föler-

kopf, où son imbrication est particulièrement compliquée, elle se continue par le Val d'Uina et le Val da Scharina jusqu'au Piz Lad. Le recouvrement des terrains mésozoïques par les schistes cristallins qu'on y constate est évidemment le même que celui auquel correspondent les lambeaux chevauchants de gneiss du Piz Rims, du Piz Cornet, du Piz Lischanna et du Piz San Jon.

L'auteur considère cette grande dislocation du Schliniger-thal comme une fracture, suivant laquelle la masse de l'Œtz-thal a été poussée à l'W ou à l'WNW par dessus les montagnes de la Basse-Engadine.

Nous devons à M. O. Schlagintweit (**93**) une description détaillée de la **bordure SW des Alpes calcaires de l'Engadine,** soit du groupe montagneux qui borde au NE la ligne Livigno-Bormio-Stelvio et qui la sépare du Münsterthal et de l'Ofen-pass.

Après avoir rappelé les travaux antérieurs publiés sur cette région par Studer, Theobald, Gümbel, Böse, puis tout récemment par MM. Termier, Rothpletz et Hammer, l'auteur aborde l'étude stratigraphique des terrains qu'il a rencontrés.

Dans le Cristallin M. Schlagintweit n'a pas cherché à distinguer différents niveaux ; il se contente de remarquer que le gneiss n'y est pas forcément toujours plus ancien que les schistes phylliteux et que le complexe très varié de ces derniers comprend de nombreuses roches éruptives. Enfin il croit devoir attribuer plutôt au Trias qu'au Paléozoïque les enclaves de marbre qu'on trouve dans le Cristallin par places, en particulier dans le Val Viola et le Val Vezzola.

L'auteur désigne sous le nom de **Verrucano** le complexe formé de conglomérats à la base, de grès à sa partie supérieure, qui repose toujours directement sur du gneiss depuis l'Alp de Trella jusqu'au pied du Monte-Pettini, et qui paraît appartenir en partie au Permien, en partie au Trias inférieur. Ce Verrucano n'existe pas entre le Trias et le Cristallin dans les nappes de l'Umbrail.

A propos du **Trias,** l'auteur montre l'impossibilité, en l'absence de fossiles caractéristiques et à cause de l'extrême complication tectonique, de déterminer dans ce système des niveaux stratigraphiques précis, comme ont voulu le faire Theobald et d'autres après lui. Il a dû se contenter de distinguer les dolomies triasiques inférieures qui correspondent au Muschelkalk et peut-être en partie au Ladinien et les dolomies supérieures qui représentent le « Hauptdolomit » avec peut-

être une partie du Karnien. Ces dernières formations, qui sont particulièrement développées dans la chaîne de la Cima di Plator et du Monte delle Scale, dans le bas du Valle di Fraele et dans le Valle di Braulio, se distinguent du Trias inférieur par leur stratification très nette et régulière ; elles contiennent des intercalations à Lithodendron et, dans leur partie supérieure, elles comprennent des calcaires plaquetés à *Rissoa alpina* et *Turbo solitarius*, qui se rapprochent beaucoup des « Plattenkalke » des Alpes bavaroises.

Le **Rhétien** forme une zone continue depuis le Monte Crapene au NE de Livigno, par le Monte Pettini et le Valle di Fraele jusque dans le Valle di Braulio ; il est constitué par un complexe assez variable de marnes, de calcaires et d'argiles, dans lequel on rencontre fréquemment des fossiles : *Avicula contorta*, *Terebratula gregaria*, des Pentacrines, etc.

Le **Lias** débute à la base ou bien par des calcaires à silex qui sont particulièrement développés au Monte Pettini ou bien par des conglomérats à éléments triasiques et rhétiens, associés à des calcaires échinodermiques qui se trouvent vers l'W au Monte Lapare et Crapene ; il comprend ensuite des schistes à Arietites absolument semblables aux schistes de l'Algäu. M. Schlagintweit fait remarquer à propos du Lias la ressemblance frappante qu'offrent les conglomérats infraliasiques du Monte-Crapene avec la Brèche de la Hornfluh et rappelle que ces conglomérats se retrouvent sur un grand nombre de points dans les Grisons.

Dans la partie tectonique de son travail, M. Schlagintweit commence par décrire la zone de terrains triasiques et liasiques qui se suit des environs de Livigno à ceux de Bormio. Il montre comment, le plongement se faisant dans cette zone uniformément au N, l'on voit d'un bout à l'autre une partie médiane, formée de Rhétien ou de Lias inférieur, encadrée en dessus et en dessous par des calcaires triasiques. Les coupes transversales à la direction de cet ensemble de couches varient du reste assez notablement ; ainsi, au Monte Lapare, au M. Crapene et au M. Torraccia, on voit le Rhétien, formant crête, s'enfoncer au N sous les couches liasiques du Valle Alpisella, qui, à leur tour, disparaissent directement sous les dolomies du Trias supérieur du M. del Ferro. Vers l'E l'on voit apparaître, sous le Rhétien, le long de la bordure méridionale de la zone, un complexe considérable de dolomies du Trias supérieur qui forme la chaîne de la Cima di Plator et du Monte delle Scale ; le Lias disparaît à partir du haut du Valle di Fraele, et le Rhétien, qui représente dès

lors et jusqu'au delà du Valle del Braulio l'élément le plus jeune, ne tarde pas à se dédoubler en deux zones séparées par des dolomies triasiques.

Les couches triasiques-liasiques qui se suivent ainsi du Spöl à l'Adda donnent l'idée d'un synclinal déjeté au S et plus ou moins laminé dans son jambage renversé ; mais ces apparences très simples sont compliquées dans le détail par de nombreux replis secondaires qui augmentent parfois notablement les épaisseurs. D'autre part l'apparition d'une zone rhétienne tout autour de l'arête du Monte Cornaccia, entre le Trias supérieur de la zone du Monte del Ferro et le Trias inférieur du Monte Cornaccia, montre que nous ne pouvons pas avoir ici un simple jambage renversé, mais que la masse du Trias supérieur et du Rhétien est replissée ou imbriquée.

Vers le S le territoire que nous venons de considérer est très nettement délimité par un plan de dislocation, qui suit le versant méridional du Monte Lapare, du M. Crapene, du M. Pettini, de la Cima di Plator et du M. della Scale. Au delà de ce plan les couches plongent brusquement avec un fort angle vers le S et constituent une série renversée et intensément laminée de Trias inférieur, de Verrucano et de gneiss. D'après les allures de la zone de contact, M. Schlagintweit ne conserve aucun doute que la dislocation qu'il a constatée ici est un véritable plan de chevauchement, suivant lequel le massif cristallin de la région S a recouvert le Trias et le Lias de la Cima di Plator et du Monte Pettini, laissant entre ceux-ci et lui-même une série renversée et écrasée de Trias inférieur et de Verrucano. Le plan de chevauchement est presque partout fortement redressé, presque vertical ; il est suivi vers le S par d'autres plans semblables, peu apparents, il est vrai, mais qui expliquent la présence au milieu du Cristallin d'écailles écrasées de calcaires triasiques.

Ayant constaté ce plan de chevauchement fortement redressé, M. Schlagintweit a été tout naturellement amené à y voir la partie radicale de la nappe chevauchante de schistes cristallins qui, recouvrant le Trias et le Rhétien du Valle del Braulio, constitue les deux massifs du Monte Braulio et du Monte Scorluzzo. A propos de cette nappe, il montre son extension au N au M. Solena et Schumbraïda, au Piz Umbrail, au Monte Forcola et jusqu'à la Cima la Casina. Sur la plus grande partie de cette extension le Cristallin est, il est vrai, presque complètement absent et c'est le Trias inférieur qui forme à peu près seul la nappe du Braulio dans cette région septentrionale, mais, en cherchant, M. Schlagintweit a pu re-

trouver jusqu'au Monte Cornaccia toute une série d'amas lenticulaires de schistes cristallins, restes de la base de la nappe qui permettent d'en établir la continuité.

L'auteur décrit les nombreuses irrégularités qui compliquent la géologie de cette région de nappes, dénivellations brusques, imbrications, etc..., il montre la plongée rapide au NE de la masse chevauchante du Braulio, qui disparaît ainsi sous le Trias de l'Umbrail. Enfin, il cite le lambeau de schistes cristallins qui forme la crête du Piz Chazfora au Piz Lad et qui nage sans racine sur le Trias de l'Umbrail. Pour M. Schlagintweit, ce chevauchement supérieur ne doit pas correspondre à une nappe étendue, mais représente plutôt un reste d'une digitation dorsale de la nappe du Braulio ; deux autres lambeaux de cette même digitation se retrouvent plus à l'W au M. Praveder.

Je ne puis citer ici toutes les corrections que l'auteur fait en passant aux travaux concernant la même région de M. Rothpletz et de M. Termier, je dois pourtant insister sur la divergeance de vue fondamentale qui sépare MM. Rothpletz et Schlagintweit et qui peut être indiquée par le fait que le second conteste absolument l'existence dans la région considérée de grandes failles jouant un rôle prépondérant, tandis que pour le premier la limite des Alpes calcaires de l'Engadine vers le S et l'W est due au contraire à une fracture à haut rejet.

En terminant. M. Schlagintweit indique comment sa nappe du Braulio n'est qu'une partie de la « nappe austro-alpine » de la Basse-Engadine, dont la racine serait ainsi dorénavant fixée.

Pendant la construction de la ligne de chemin de fer qui relie **Davos à Filisur**, M. Chr. Tarnuzzer (**98**) a eu l'occasion de faire quelques observations nouvelles et variées. Il a pu étudier d'abord une épaisse couche de moraine de fond composée de matériaux erratiques très divers, qui est coupée par le tracé vers la gare de Filisur. Un peu plus loin, dans la direction de la vallée de la Landwasser, il a observé le Muschelkalk puis le calcaire de l'Arlberg, qui sont couverts fréquemment par la moraine de fond et montrent de belles surfaces polies et striées.

Dans les environs de Buel et de Gavia la ligne circule sur les couches de Raibl, formées de calcaires dolomitiques plus ou moins bréchiformes et de schistes argileux, surmontées par la dolomie principale et recouvertes, suivant une surface

très irrégulière, par d'abondants dépôts morainiques. Au-dessous des couches de Raibl affleurent, dans le ravin de la Landwasser le calcaire de l'Arlberg et le Muschelkalk.

Vers la gare de Wiesen la voie ferrée coupe une importante moraine, dont les matériaux proviennent des environs de Davos, tandis qu'un peu au-dessus affleurent les marnes de Partnach intercalées entre le calcaire de l'Arlberg et le Muschelkalk. Celui-ci a son épaisseur considérablement augmentée par des replis et c'est dans ses calcaires qu'ont été creusés les deux tunnels de Wiesen et ceux du Bärentritt, de Brombenz et du Silberberg. Dans le tunnel de l'Eistöbeli on peut voir le contact du Muschelkalk et du Verrucano, ce dernier étant formé de grès quartzitiques et polygéniques et de conglomérats.

Entre Schmelzboden et Davos la ligne suit un fond de vallée large et peu incliné, tapissé d'alluvions, et encadré par des pentes formées de Verrucano. Celui-ci est coupé par un tunnel près du Rutschtobel et offre, sur ce point, cette particularité qu'il contient des intercalations répétées de cornieules, qui semblent être des interstratifications.

Zones du Piémont et des Schistes lustrés. — Dans une très courte notice préliminaire, M. O.-A. Welter (**102**) a résumé ses observations sur la région comprise entre la **vallée du Rhin postérieur et le Safienthal** depuis le Piz Beverin jusqu'aux Alpes calcaires du Splügen. Il a distingué, dans ce territoire, de bas en haut, les zones suivantes :

1° Le complèxe des schistes lustrés, qui, contrairement à l'opinion de M. Rothpletz, ne paraît pas comporter de termes paléozoïques.

2° La nappe inférieure des Klippes formée de cornieules triasiques, de schistes liasiques et de calcaires tithoniques à polypiers.

3° La nappe supérieure des Klippes, dont l'élément le plus caractéristique est la brèche du Falkniss.

4° La nappe de la Brèche, formées de schistes calcaires et de brèches.

5° La nappe austro-alpine, qui comprend des calcaires dolomitiques à Diplopores.

En 1907, a paru la carte géologique au 1 : 50 000 de la chaîne du Simplon, dont les levers ont été faits en partie par MM. C. Schmidt et H. Preiswerk, en partie par M. A. Stella.

Le commentaire de cette carte, rédigé par MM. C. Schmidt et H. Preiswerk (**97**) n'a été terminé qu'en 1908.

Après avoir donné un court aperçu orographique du territoire de la carte, les auteurs exposent les caractères stratigraphiques généraux de cette région comme suit :

A. **Cristallin.** 1. *Zone du Simplon.* — Parmi les gneiss qui constituent les nappes cristallines du Simplon, il existe d'abord des orthogneiss, ainsi le gneiss de Verampio qui affleure au confluent des vallées du Devero et de la Toce et qui se rattache pétrographiquement au granite du Gothard, puis le gneiss d'Antigorio qui forme les deux versants du Val Divedro et du Val d'Antigorio et qui dérive d'un magma granitique normal, troisièmement le gneiss du Monte Leone et de l'Ofenhorn, qui présente beaucoup d'analogie avec le précédent et constitue, en grande partie, la région culminante de la chaîne du Simplon. Entre les nappes orthogneissiques d'Antigorio et du Monte Leone s'intercalent les deux nappes cristallines de Lebendun et de Valgrande, qui sont formées par des paragneiss riches en mica, associés à des micaschistes et prenant par places une structure conglomératique. D'autre part, la nappe supérieure du Simplon, celle de Bérisal, qui prend un grand développement au N du Wasenhorn et du Bortelhorn, comprend des paragneiss à séricite et grenat, des micaschistes granatifères, des roches amphiboliques au moins en partie d'origine éruptive, et des orthogneiss à deux micas en partie œillés.

2° *Massif du Gothard.* — La partie du massif du Gothard comprise sur la carte de MM. Schmidt et Preiswerk, soit celle qui se trouve au S de la ligne Ulrichen-Nufenen, est formée, dans sa partie médiane et méridionale par des orthogneiss, généralement œillés et passant souvent à de véritables granites ; dans sa partie NW affleurent, en une large zone, des gneiss finement schisteux et des micaschistes ; en outre divers types de roches éruptives coupent en discordance les gneiss.

B. **Carbonifèrien.** — Des schistes sableux, sériciteux et chloriteux, riches en pigment charbonneux s'intercalent entre les Schistes lustrés et les gneiss de la nappe de Bérisal dans la région comprise entre le Col du Simplon et la vallée de la Viège. Ils prolongent les schistes carbonifériens de la zone axiale houillère.

C. **Trias.** — Le Trias, dans la zone du Simplon, repose en discordance sur les formations plus anciennes, et commence

volontiers par des conglomérats transgressifs. Il comprend, en première ligne, des calcaires dolomitiques plus ou moins marmorisés, des dolomies saccharoïdes minéralisées par places, ainsi dans les environs de Binn, des cornieules, du gypse et de l'anhydrite, des schistes sériciteux ou chloriteux, des quartzites plus ou moins riches en séricite. On doit lui attribuer en outre, comme élément métamorphisé, des schistes phylliteux granatifères, qui sont particulièrement bien développés aux environs de Baceno sous la nappe orthogneissique d'Antigorio.

Le **Jurassique** est représenté par les Schistes lustrés, qui remplissent toutes les zones synclinales comprises entre les nappes de gneiss et forment la large zone qui sépare les gneiss de l'Ofenhorn de ceux du Gothard. Ce complexe comprend des faciès très divers parmi lesquels les suivants sont les principaux.

1° Des calcschistes phylliteux, composés de calcite, de quartz et de mouscovite avec parfois un peu de feldspath et en général un abondant pigment charbonneux.

2° Des schistes de composition analogue, mais contenant des porphyroblastes de grenat, ou parfois de disthène ou de staurolithe.

3° Des schistes cornéens à zoïsite, qui renferment par places des bélémnites.

4° Des schistes ardoisiers probablemeut liasiques.

5° Des grès et des quartzites.

6° Des schistes formés essentiellement de quartz et de biotite, auxquels s'ajoutent, en petite quantité, de la calcite, des feldspaths, de la hornblende.

A cet ensemble sédimentaire se mêlent des roches basiques plus ou moins métamorphisées, parmi lesquelles on distingue des prasinites, des pikrites et des serpentines.

Passant à la partie tectonique de leur étude, MM. Schmidt et Preiswerk décrivent la structure générale de la chaîne du Simplon avec ses cinq nappes cristallines empilées et moulées les unes sur les autres en une large fausse-voûte. Ils montrent les gneiss de Bérisal enracinés suivant une zone qui s'étend du massif du Weissmies au Val Bognanco, puis couchés en une vaste nappe supérieure par dessus la chaîne du Monte Leone. Ils placent la racine de la nappe du Monte Leone et de l'Ofenhorn au S de la chaîne du Rovale, et rappellent que cette nappe, après avoir formé, au Monte Leone, une sorte d'anticlinal couché, pénétrant dans la nappe sus-jacente de

Bérisal, s'enfonce en un large synclinal sous le front de cette dernière, et réapparaît finalement devant ce front en une tête relevée verticalement et digitée, de façon à former la double zone gneissique de la Ganter et de l'Eisten. Quant aux trois nappes inférieures de Valgrande, de Lebendun et d'Antigorio, qui s'enracinent dans la chaîne du Rovale et le Val Divedro et qui ont une extension superficielle beaucoup moins grande que les précédentes, les auteurs les décrivent sommairement.

Les zones synclinales de Schistes lustrés, qui séparent les nappes cristallines du Simplon, s'amorcent au nombre de cinq dans la grande zone des Schistes lustrés du Valais et des Grisons. La plus élevée, qui sépare les gneiss de Bérisal de ceux de l'Ofenhorn traverse visiblement la chaîne dans le versant oriental du Gibelhorn, du Bortelhorn et du Monte Leone ; la seconde affleure sur de grands espaces au-dessous des gneiss de l'Ofenhorn dans la région du Hohsandgletscher ; les trois autres ne sont visibles que sur le versant S du Simplon.

Dans un chapitre consacré aux relations tectoniques existant entre la chaîne du Simplon et les régions voisines, MM. Schmidt et Preisweck commencent par insister sur le fait que les nappes accumulées qui forment cette chaîne s'élèvent rapidement dans la direction du NE, où les plus élevées d'entre elles sont supprimées par l'érosion, tandis que vers le SW elles s'abaissent jusqu'au grand ensellement transversal de la Dent Blanche. Ils montrent la nappe des gneiss de Bérisal se continuant dans le grand pli couché du Grand Saint-Bernard et recouverte dans tout le massif de la Dent Blanche par une nappe supérieure de gneiss amphiboliques. Pour eux, cette nappe de la Dent Blanche s'enracine fort loin au S dans la zone des amphibolites d'Ivrée, et a du passer par dessus les massifs gneissiques autochtones de Sesia et du Mont Rose.

MM. Schmidt et Preiswerk consacrent un chapitre à la description sommaire des richesses minérales du massif du Simplon ; ils parlent d'abord des diverses roches exploitables comme matériaux de construction, puis des minerais de fer et de plomb inclus dans les dolomies du Binnenthal et des environs de Bérisal, des gisements de pyrite aurifère compris dans les filons quartzeux qui coupent les micaschistes granatifères dans la région de Crodo-Cravegna et ceux bien connus de Gondo dans le gneiss d'Antigorio. Ils citent les gisements d'asbeste associés aux serpentines du Geiss, ainsi que

les carrières classiques de dolomies minéralisées du Binnenthal, dont la richesse en minéraux rares attire depuis longtemps les spécialistes.

Enfin un dernier chapitre contient les résultats d'un grand nombre d'analyses de roches, soit de gneiss divers, soit de roches amphiboliques, soit de schistes métamorphiques du Trias ou du Jurassique, soit de schistes verts intercalés dans les schistes lustrés.

M. C. Schmidt (94) a traité longuement de la géologie du Simplon dans une publication de l'Université de Bâle intitulée *Rektoratsprogramm für die Jahre 1906 und 1907*. La description stratigraphique et tectonique de la chaîne qu'il donne à nouveau dans cette notice contient l'énumération des mêmes faits que celle que nous venons d'analyser et que la brochure publiée en 1907 dans les *Eclogæ* (*Revue*, pour 1907, n° 94).

L'auteur fait un exposé historique des études géologiques successives faites dans la chaîne du Simplon d'abord à un point de vue purement scientifique, puis dans le but de préciser les conditions dans lesquelles pourrait se faire le percement du tunnel. Il juge sévèrement l'activité des différentes commissions d'experts.

Dans un troisième chapitre M. Schmidt décrit le profil du tunnel tel qu'il a été établi par les travaux et tel qu'il l'a déjà décrit dans son article précité des *Eclogæ*. Puis il reproduit dans un très intéressant chapitre les observations faites soit par lui-même au Simplon, soit par d'autres dans des conditions semblables sur la résistance des roches en profondeur. Cette partie du travail est du reste la reproduction, complétée sur certains points, d'articles publiés en 1907 par le même auteur (voir *Revue*, pour 1907, nos 49 et 50). M. Schmidt y insiste sur l'influence qu'exercent d'une part la nature de la roche en chaque point, d'autre part la valeur de la surcharge sur la résistance de chaque partie du tunnel à la déformation ou aux éclatements détonants. Il distingue parmi les accidents qui se sont produits dans les galeries du Simplon :

1° Les chutes de voûte, dues simplement à la pesanteur agissant sur des milieux peu cohérents ;

2° Les foisonnements, qui se sont produits par la transformation de l'anhydrite en gypse ;

3° Les éclatements détonants, provoqués par la suppression locale autour de la galerie de la pression qui règne dans la roche ambiante ;

4° Les poussées déformantes de la roche, qui résultent de l'action de la surcharge sur des parties peu résistantes.

M. Schmidt montre comment chacun de ces accidents est déterminé par des conditions spéciales dans la nature et l'état de la roche, puis il reprend plus en détail et à un point de vue plus général la question des éclatements détonants ; il cite en particulier les observations faites sur ce sujet aux tunnels du Tauern, des Karawanken, du Gothard, etc., dans différentes mines et dans des carrières. Comme conclusion, il montre ensuite que la cause des éclatements est évidemment la surcharge, dont la pression se transmet en tous sens, mais il ne peut admettre un état semiplastique des roches en profondeur tel que le suppose M. Albert Heim et il consacre plusieurs pages à réfuter la théorie de la plasticité latente. Il met en lumière l'influence que peuvent avoir dans les déformations des roches, à côté de la pure action mécanique de la pression, l'intervention des températures élevées et le pouvoir dissolvant et recristallisant des eaux. Enfin il termine ce chapitre en exposant que, dans tout le parcours du tunnel du Simplon, aucune observation n'a permis de conclure à l'existence d'une plasticité latente des roches, ni même d'une véritable pression hydrostatique.

En terminant, M. Schmidt donne un aperçu sommaire sur les difficultés que l'entreprise du Simplon a eues à surmonter et qui résultaient en partie de la nature et de la position des roches, en partie des abondantes venues d'eau de la galerie sud, en partie des températures s'élevant jusqu'à 55° dans la région médiane du tunnel.

Cet article de M. Schmidt a provoqué une première réplique de M. Alb. Heim à propos de la question spéciale de la pression hydrostatique régnant en profondeur et de la plasticité latente, que j'ai analysée plus haut dans le chapitre de la géophysique. M. Heim a d'autre part défendu la commission géologique du Simplon du reproche de légèreté articulé par M. Schmidt et donné à entendre que M. Schmidt lui-même, chargé par la commission géologique suisse de l'étude détaillée de la chaîne du Simplon, aurait aussi une part de responsabilité dans l'imperfection des profils officiels utilisés par l'entreprise (**67**). A ces observations M. C. Schmidt (**95**) a répondu, ce qui a provoqué la publication par M. Alb. Heim d'une duplique (**68**), mais cette polémique ayant un intérêt

plutôt personnel que scientifique, je puis me contenter de la mentionner.

M. H. SCHARDT (**91**) a consacré une courte notice à la tectonique des nappes cristallines qui constituent les Alpes valaisannes et plus particulièrement la **chaîne du Simplon.** Après avoir décrit sommairement les Schistes lustrés, les calcaires dolomitiques, les gypses et les schistes siliceux du Trias, les divers types de gneiss, de schistes micacés et amphiboliques qui apparaissent dans la région, il montre comment les formations cristallines forment au Simplon quatre nappes couchées au N les unes par dessus les autres et comment deux autres nappes supérieures, celles du Mont Rose et de la Dent Blanche se développent encore vers l'W. Il termine par un aperçu de l'itinéraire suivant : Brigue, hospice du Simplon, Domo d'Ossola, Varzo, Passo di Forchetta, Bortelalp, Rosswald, Brigue.

L'année 1908 a vu paraître une fort belle carte géologique au 1 : 50 000 de la partie septentrionale du **massif de la Dent Blanche**, dont le territoire s'étend depuis le glacier d'Otemma et le glacier de Durand à l'W jusqu'à la vallée de la Viège à l'E. Cette carte, élaborée par M. E. ARGAND (**56**) à la suite de longues explorations poursuivies pendant plusieurs années, montre clairement le chevauchement des gneiss de la Dent Blanche sur le complexe mésozoïque des Schistes verts et des Schistes lustrés, soit du côté du Val Tournanche, soit dans le versant occidental de la vallée de Zermatt et dans la vallée de Zmutt, soit dans la bordure septentrionale du massif, dans les hautes vallées de Zinal, de Ferpècle et d'Arolla.

MM. W. KILIAN et P. LORY (**72**), à la suite d'une nouvelle étude des chaînes situées au SE du Mont-Blanc entre Sembrancher, le Val de Bagnes, le Grand-Saint-Bernard et le Val Ferret suisse, ainsi que du massif compris entre Courmayeur et les Chapieux, ont reconnu dans cette région tous les caractères d'une zone de racines. Ils y ont constaté une disposition isoclinale des couches avec plongement au SE, de nombreuses lacunes dues à des étirements et l'absence complète de charnières anticlinales. Ils ont établi la continuité de cette zone avec celle de Petit Cœur-Moutiers en Tarentaise, où les faciès se succèdent dans le même ordre de l'W à l'E et où l'on retrouve en particulier d'une part la Brèche du Télégraphe, d'autre part les brèches polygéniques.

Hautes Alpes calcaires. — J'ai signalé dans la *Revue* pour 1907 une notice de M. M. Lugeon décrivant quelques observations nouvelles faites dans la région du **Sanetsch**; cette note a été reproduite depuis lors dans les *Eclogæ* (**74**) et les *Actes de la Société helvétique des sciences* (**73**). D'autre part M. M. Lugeon (**75**) a constaté, dans une très brève communication, que la nappe des Diablerets, qui disparaît sous la nappe supérieure du Wildhorn, réapparaît très localement en fenêtres dans les environs de Gsteig et un peu au SW dans la vallée d'Audon.

M. A. Trœsch (**101**) a terminé, en 1908, une étude détaillée des **Hautes-Alpes calcaires comprises entre la Kien et la Kander.** Il commence la description géologique de cette région par celle du massif du Doldenhorn et de la Blümlisalp, qui est essentiellement formé par la série des terrains suprajurassiques et infracrétaciques plongeant, d'une façon générale, au NW, mais repliée plusieurs fois sur elle-même en replis couchés et laminés. L'arête est découpée dans des calcaires lités, foncés, en partie tithoniques, en partie berriasiens, tandis que le versant N laisse voir les schistes néocomiens et les calcaires urgoniens développant deux on trois lacets horizontaux superposés. Au Fisitock, ainsi qu'à la Wilde Frau, le Nummulitique pénètre en plusieurs synclinaux horizontaux et effilés entre les têtes de plis couchés crétaciques; puis finalement toutes les formations crétaciques s'enfoncent au NW sous la zone nummulitique d'Oeschinen et du Hohtürli, qui se termine elle-même vers le haut par un complèxe épais de grès de Taveyannaz.

L'auteur décrit ensuite le massif calcaire du Dündenhorn et du Bundstock, dont toute la base est en Flysch visible soit dans la vallée du Stegenbach à l'W, soit dans le versant S de la Birre, à Oeschinen et dans le soubassement de la Wermutfluh au S, soit dans la région de Bundalp et de Dünden, à l'E, tandis que toute la partie culminante en est constituée par les formations jurassiques repliées plusieurs fois sur elles-mêmes en des plis écaillés plus ou moins horizontaux. Ce Jurassique chevauchant appartient, sans aucun doute, à la nappe du Kienthal et dessine un front de pli plongeant faiblement au NW, divisé en trois digitations; il est séparé de son soubassement tertiaire d'abord par un complexe en général épais de schistes néocomiens, puis par une zone d'écailles ou de lames de charriage formée de grès de Taveyannaz et d'Urgonien. Ce dernier affleure en particulier

dans le bassin du Stegenbach, dans le versant S de la Birre, entre Oeschinen et le Schafberg, à la Wermutfluh et plus au N dans les environs de Ober Dünden et de Leiterwängen. Du reste, les plans de contact entre ces trois éléments tectoniques superposés sont contournés et replissés de façon extrêmement compliquée surtout dans la partie NE du massif, et l'auteur entre à ce propos dans beaucoup de détails que nous devons renoncer à indiquer ici.

Au N du Dündenhorn la chaîne du Schwarzgrätli-Schersax, qui appartient aussi à la nappe du Kienthal, est formée par une série, plongeant très fortement au NE, de Dogger et de Malm, qui, vers le S, s'appuie, par l'intermédiaire d'un jambage laminé de Malm, sur des schistes berriasiens-néocomiens, tandis que vers le N elle supporte la série infracrétacique de l'Aermighorn. Celle-ci, verticale dans l'arête de l'Aermighorn, s'incurve en une charnière synclinale fermée au S, de façon à se raccorder, non sans du reste présenter plusieurs complications, avec l'Urgonien de la Bachfluh.

Cet Urgonien est couvert, dans le versant de la Bachfluh qui descend vers le Farnithal, par le Nummulitique et le Flysch qui s'enfoncent au NW sous une nouvelle série de Néocomien et d'Urgonien, exactement comme au NE du Kienthal les couches tertiaires de Rengg Alp passent sous le Néocomien de la Standfluh.

A propos du Farnithal, M. Trœsch décrit sommairement les lambeaux de Trias et de Lias qui s'y trouvent et que Mœsch a signalés, mais qui se présentent dans des conditions peu favorables à une étude précise.

Après avoir ainsi exposé les caractères généraux de son champ d'étude, M. Trœsch passe en revue les diverses formations qui se trouvent, d'une part, dans les Alpes calcaires internes (massif de la Blümlisalp), de l'autre, dans les Alpes calcaires médianes (nappe du Kienthal) ; il fait ressortir le contraste qui existe entre les deux séries stratigraphiques de ces deux régions :

La **Lias** comprend, dans la nappe du Kienthal : 1° un niveau alternativement schisteux et calcaire à *Ariet. raricostatus*, *Gryphea arcuata* et Pentacrines ; 2° des calcaires lités, durs, à *Aeg. capricornu ;* 3° des marnes peu épaisses à bélemnites surmontées de calcaires durs à *Harpoceras costula*, *H. Thouarsense*, etc.... Ces couches ne sont du reste conservées qu'au Bundstock.

Dans les Alpes calcaires internes, les couches attribuables au Lias se réduisent à un banc de calcaire spathique et gré-

seux épais de 4 m., surmonté par des schistes marneux de 5 m. de puissance.

Le **Dogger** commence dans la nappe du Kienthal par des schistes argileux noirs et micacés qui contiennent des bélemnites et des trigonies, et dans lesquels s'intercalent soit des bancs quartzitiques, soit des calcaires échinodermiques ; puis viennent des calcaires spathiques contenant, vers le haut, des silex et divisés en deux par une zone schisteuse, qui semblent appartenir encore au Bajocien. Le Bathonien comprend, de bas en haut, d'abord des calcaires gris spathiques à débris de Lamellibranches, puis des oolithes ferrugineuses à *Perisph. cf. arbustigerus*, *Stephan. Zigzag*, *Parkins. Parkinsoni*, *Perisphinctes Moorei*. Le Callovien est représenté aussi par des oolithes ferrugineuses, qui ont fourni *Hectic. hecticum perlatum*, *Perisph. convolutus*, *Reineckeia sp.*, etc....

Dans les Alpes calcaires internes, le Dogger, épais de 200-250 m., est formé pour la moitié par des schistes argileux, qui contiennent un gros banc quartzitique et ferrugineux ; vers le haut il se compose de calcaires spathiques et siliceux renfermant des débris d'oursins et d'ammonites avec des bélemnites canaliculées.

Le **Malm** se présente, dans les deux séries, sous une forme lithologique assez semblable avec, à la base, des couches marno-calcaires contenant quelques mauvaises ammonites oxfordiennes, puis dans la plus grande partie du sous-système des calcaires massifs (Hochgebirgskalk).

La **série crétacique** comporte par contre, dans les deux régions, de profondes différences. Dans la nappe du Kienthal on distingue, de bas en haut :

1° Un complexe très épais de marno-calcaires plus ou moins schisteux, qui comporte des zones plus calcaires et en particulier des couches à Crinoïdes, et qui paraît comprendre l'ensemble du Berriasien-Valangien-Hauterivien, mais dans lequel la rareté des fossiles caractéristiques empêche de distinguer des niveaux précis.

2° Le massif calcaire, gris, de l'Urgonien, dans lequel les coquilles de Miliolidés, centres de grains oolithiques, sont l'élément faunistique le plus abondant. Dans la région frontale de la nappe, à l'Aermighorn, l'Urgonien se termine par un niveau plus marneux à *Orbit. lenticularis*.

3° Le Gault, qui commence par un grès décomposé et comprend en outre des calcaires marneux à *Inoc. concentricus* et *In. sulcatus* et des grès glauconieux.

4° Les calcaires sublithographiques de Seewen avec *Pithonella ovalis* et *Globigerina linnaeana*.

Dans les Alpes calcaires internes le Crétacique a été longtemps confondu avec le Jurassique sous le nom de Hochgebirgskalk. Il comprend les niveaux suivants :

a) Marnes schisteuses alternant avec des bancs de calcaire foncé tout semblable au calcaire du Malm, qui contiennent *Hoplites Callisto*, *H. Boissieri*, *H. Malbosi*, et des bélemnites (Berriasien-Valangien) ;

b) Un calcaire gris, en gros bancs, un peu spathique ou oolithique, qui renferme des polypiers ;

c) Calcaires gris oolithiques à *Nerinea Archimedis*, qui contiennent, à profusion, des Miliolidés, et qui se terminent, vers le haut, par des couches plus marneuses, ocreuses, à térébratules. Cet ensemble correspond à l'Urgonien et l'Aptien inférieur ;

d) Complexe du Tschingelkalk formé de calcaires sableux gris, verts ou rougeâtres, qui par places passent à de véritables grès quartzeux ou à des schistes siliceux. On trouve parfois interstratifiés dans cette série des couches de calcaire à grain fin, ou de calcaire oolithique, ou encore de calcaire échinodermique. Ce Tschingelkalk, qui a été attribué à tous les niveaux possibles compris entre le Dogger et le Flysch, ne peut, par sa position entre l'Aptien et le Nummulitique, représenter que le Crétacique moyen et supérieur ; on n'y a trouvé jusqu'ici que quelques mauvaises bélemnites, qui appartiennent probablement à l'Albien.

Le **Tertiaire** est composé aussi d'une façon très différente dans les deux séries. Dans la nappe du Kienthal, soit dans le massif de l'Aermighorn, il comprend de bas en haut :

1° Grès à ciment calcaire qui contiennent des Orbitoïdes avec de grandes Nummulites et qui représentent le Parisien.

2° Couche de 3 à 4 m. de grès glauconieux à Dentalium.

3° Le Bartonien qui comprend les grès quartzeux du Hohgant, des calcaires à Nummulites et Orbitoïdes, des marnes à Globigerines, mais dont les coupes varient beaucoup dans le détail.

4° Les marnes schisteuses, jaunâtres à Globigerines de Leimern.

5° Le Flysch qui se compose de schistes foncés dans lesquels s'intercalent des grès et des brèches polygéniques.

Dans les Alpes calcaires internes M. Trœsch a reconnu, de bas en haut :

1° Un banc, épais de $^1/_2$ m., de calcaire noir sableux à *Cerithium cf. plicatum*, *Cytherea Villanovae*, *Cyrena vapincana*, qui correspond à la couche des Diablerets.

2° Le Bartonien se compose de grès quartzeux passant par enrichissement en carbonate de chaux à des calcaires sableux à Lithothamnium, à Nummulites et à Orbitoïdes. A ces couches s'associent, vers le haut, des calcaires marneux et schisteux, qui contiennent encore des parties calcaires à Lithothamnium et Nummulites.

3° Les grès verdâtres de Taveyannaz.

4° Le Flysch qui est ici essentiellement schisteux.

Dans la dernière partie de son travail, M. Trœsch revient spécialement sur les caractères tectoniques de son champ d'étude ; il décrit en particulier les grands plis couchés d'Urgonien, de Tschingelkalk et de Nummulitique qui apparaissent dans le versant E de la Wilde Frau, ainsi que dans le versant W du Blümlisalp-Rothorn. Puis il indique les caractères généraux de la nappe chevauchante qu'il a suivie depuis la Birre et le Dündenhorn, jusqu'à l'Aermighorn et à la Bachfluh. Le front de cette nappe se trouve à la Bachfluh ; son dos est replissé en un anticlinal déjeté à l'Aermighorn. Quant au cœur jurassique de ce pli, qui repose partout sur un jambage renversé de Néocomien, son jambage normal forme l'arête du Schwarzgrätli, du Zahlerhorn et de la Birre, tandis que, d'après l'auteur, la chaîne du Dündenhorn serait constituée par son jambage renversé, compliqué et épaissi par des imbrications répétées.

Tout en reconnaissant que l'origine méridionale de la nappe du Kienthal ne peut pas être mathématiquement démontrée, M. Trœsch considère l'hypothèse du charriage S-N comme de beaucoup la plus probable. et il montre que cette nappe occupe, aux abords du Kienthal, un ensellement transversal très prononcé ; il considère comme probable que le Gerihorn n'appartient plus à cette vaste masse charriée, mais est une chaîne antochtone, dont la série éocène se rapproche, sur plusieurs points, de celle des Alpes calcaires internes. Enfin, il termine en montrant comment la région du Dündenhorn, de l'Aermighorn et de la Bachfluh s'intercale entre le massif du Lohner d'une part, la région de la Kilchfluh, des Höchst Schwalmern de l'autre, et comment tout cet ensemble se prolonge vers l'E dans la grande nappe glaronnaise.

Je rappelle que les levers géologiques de M. Trœsch ont été publiés conjointemement avec ceux de MM. E. Gerber et E. Helgers dans une carte au 1 : 50 000 des Alpes bernoises au S du lac de Thoune, parue en 1907.

A la suite du travail de M. Trœsch, il convient de citer une nouvelle publication de M. A. Baltzer (**57**), consacrée aux Alpes bernoises et qui n'est en partie que la répétition d'une notice que je signalais l'an passé (Revue pour 1907, p. 377).

L'auteur commence par insister sur les différences qui se manifestent dans la série stratigraphique de la zone des Ralligstöcke, de la nappe du Kienthal et des Alpes calcaires internes.

Ensuite M. Baltzer décrit deux profils passant l'un par Briegerbad, le Breithorn, le versant oriental du Kienthal, le Niederhorn et le Sigriswyler Rothhorn, l'autre par la Jungfrau, le Männlichen, la Schynige Platte, Interlaken, Habkern et la Scheibe. Il considère toutes les chaînes calcaires situées au N de la zone tertiaire de Œschinen-Mürren-Sefinen comme charriées, y compris la zone des Ralligstöcke-Hohgant, mais estime ne pas pouvoir se prononcer sur les relations exactes qui doivent exister entre les Alpes calcaires externes et médianes. Pour lui les formations crétaciques du Beatenberg et des Ralligstöcke représentent plutôt une écaille chevauchante qu'un front de nappe ; elles ne montrent en tout cas pas un pli couché dans le Berriasien, comme M. Schmidt l'a admis récemment. Dans les Alpes du Kienthal la nappe principale est recouverte par une digitation supérieure, dont des lambeaux, ménagés par l'érosion, forment les sommets du Schilthorn, du Hohganthorn et du Drettenhorn.

Quant à la zone de racines de ce système de nappes helvétiques, M. Baltzer admet comme probable qu'elle doit encadrer l'anticlinal granitique du Bietschorn, sans du reste vouloir exclure d'autres manières de voir.

M. P. Arbenz, dont j'ai analysé l'an dernier un travail consacré à la géologie des Hautes Alpes d'Unterwald entre la vallée d'Engelberg et celle de l'Aar, a publié un abrégé de cette notice dans les *Actes de la Société helvétique des sciences naturelles* (**55**).

A la suite du rapport sur les excursions en Suisse de la Société géologique d'Allemagne, M. A. Buxtorf a publié une

courte description des **Hautes Alpes calcaires de la Suisse centrale (62)**.

A propos des chaînes frontales, l'auteur montre que toute la tectonique de cette zone externe des Alpes à faciès helvétique doit s'expliquer par l'hypothèse de l'existence d'une nappe sous-jacente à la nappe du Briesen Frohnalpstock-Drusberg, qui a été arrachée de sa racine et qui, poussée au N suivant un arc de cercle, a subi un étirement longitudinal de son front. Cet étirement a déterminé par places un tronçonnement en klippes, comme dans le Haut Toggenbourg ; ailleurs, en particulier aux environs du lac des Quatre-Cantons, il a provoqué la formation de décrochements horizontaux obliques par rapport à la direction des chaînes.

Quant aux relations existant entre les chaînes frontales et la Molasse, M. Buxtorf se rallie tout à fait à l'opinion reprise et développée récemment par M. Arn. Heim, d'après laquelle les chaînes calcaires chevauchent en discordance sur les couches redressées de la Molasse et ce chevauchement s'est fait tout à fait indépendamment du ridement des couches molassiques. Il admet que la Nagelfluh et les grès miocènes étaient déjà non seulement redressés, mais profondément attaqués par l'érosion au moment de la mise en place des nappes helvétiques et que les inégalités de la surface molassique ont contribué à la naissance de nombreuses failles dans la partie frontale de ces nappes. Par contre il suppose que les nappes helvétiques ont dû commencer à se développer déjà de bonne heure pendant les temps oligocènes, car on constate que leurs matériaux constituants forment une partie importante des galets des conglomérats molassiques.

M. Buxtorf aborde ensuite l'examen de la question difficile et controversée du prolongement des deux nappes de l'Urirothstock et du Briesen dans la direction des Alpes bernoises. Il établit d'abord à ce propos que la nappe de l'Urirothstock n'est pas, comme on l'a cru longtemps, le prolongement de l'Axendecke des Alpes glaronnaises, mais représente un élément tectonique plus élevé, qui n'est autre que le cœur jurassique fortement digité de la nappe glaronnaise supérieure, dont la chaîne du Frohnalpstock et du Briesen représente le front crétacique. Ces replis de l'Urirothstock manquent vers l'E, où ils ont été supprimés par l'érosion ; vers l'W par contre ils se continuent par les montagnes d'Engelberg jusque dans le groupe du Faulhorn et dans les Alpes du Kienthal. La charnière frontale crétacique du Frohnalpstock se conti-

nue par le Briesen jusqu'au Brienzerrothorn, à la Dreispitz et au Lohner.

L'Axendecke est encore représentée dans le soubassement des plis de l'Urirothstock par un paquet de calcaire suprajurassique, qui forme le sommet du Gitschen, et par les deux têtes de plis plongeantes crétaciques qui constituent les petites chaînes de Kulm et de Scharti ; elle se continue même jusqu'un peu au delà de la vallée d'Engelberg sous la forme de replis crétaciques compliqués, puis disparaît définitivement. Du reste les relations de la nappe de l'Axen et de la nappe glaronnaise supérieure dans le massif de l'Urirothstock diffèrent beaucoup de ce qu'on se représentait jusqu'ici ; il n'y a pas entre ces deux éléments superposés un synclinal culbuté fermé au S, mais un plan de chevauchement, suivant lequel la partie radicale de la nappe inférieure a été complètement déchirée par laminage et suivant lequel aussi, dans la région du Vorder Gitschen, se présentent des complications non encore éclaircies.

Revenant aux chaînes frontales, M. Buxtorf montre que la chaîne Ralligstöcke-Pilate-Rigihochfluh n'est probablement pas le prolongement exact de la chaîne des Aubrig, quoique l'une et l'autre doivent être considérées comme des digitations de la nappe glaronnaise supérieure. Il rappelle le profil de la Standfluh, dans le Kienthal inférieur, où une série infracrétacique correspondant à celle des Ralligstöcke chevauche sur le Flysch autochtone et s'effile vers le S, à la façon d'une nappe déchirée, entre ce Flysch et la charnière crétacique de la nappe du Kienthal, et il conclut d'après cette disposition que la nappe des chaînes frontales doit être sur une grande partie de sa longueur complètement déracinée par le laminage qu'a opéré la nappe sus-jacente du Kienthal, du Brienzerrothhorn et du Frohnalpstock. En relation avec ce fait il constate que cette nappe des chaînes frontales doit être exclusivement crétacique-tertiaire, que sa position actuelle est due à un décollement des couches supérieures aux schistes berriasiens et que ce décollement se manifeste avec une ampleur considérable dans toute cette partie des chaînes helvétiques, non seulement dans les chaînes frontales, mais aussi dans les zones plus internes.

Dans un appendice M. Buxtorf fait une brève critique du profil établi par M. Baltzer à travers la chaîne du Brienzerrothhorn et celle des Ralligstöcke, dans lequel ces deux chaînes sont reliées par un synclinal couché ; il montre que soit les données tectoniques acquises dans ces dernières années,

soit les contrastes stratigraphiques existant entre ces deux zones, parlent beaucoup plutôt en faveur d'un chevauchement de la chaîne du Brienzerrothhorn sur le Flysch de Habkern. Il reprend pour finir la question des couches de Leimern qu'il considère avec M. Schmidt comme étant non pas une partie intégrante du Flysch helvétique, mais une klippe de Crétacique inférieur et de Couches rouges, reste d'une nappe préalpine enfoncée dans le Flysch ; il admet comme probable que les terrains préalpins sont beaucoup plus abondants qu'on ne l'a cru jusqu'ici dans la zone de Flysch de Habkern et qu'en particulier une partie notable du Flysch de cette zone appartiendrait non à la couverture normale du Crétacique helvétique, mais à la série préalpine.

M. J. Oberholzer (**80**) est occupé depuis plusieurs années à lever la carte géologique détaillée des **Alpes glaronnaises** ; en attendant de faire paraître cette carte et les commentaires qui devront l'accompagner, il nous a donné en 1908 une courte notice préliminaire rendant compte de ses observations.

Après avoir rappelé que les Alpes glaronnaises sont constituées par un vaste système de nappes d'origine méridionale, il distingue dans ce système de bas en haut les unités tectoniques suivantes :

1° La nappe du Griesstock est une écaille de Malm et de couches infracrétaciques peu épaisses, qui se suit depuis les Fruttbergen au-dessus de Linthal jusqu'au Griesstock et à la Balmwand à l'W du Klausen. Ces calcaires mésozoïques s'appuient sur le Flysch de la série autochtone et sont séparés de la nappe glaronnaise par une nouvelle zone de Flysch ;

2° La nappe glaronnaise prend une grande importance à l'E de la Linth, où elle comprend le Verrucano de la partie septentrionale du Sernfthal et les formations jurassiques du massif du Schild, mais elle se lamine considérablement dans la direction de l'W, en sorte qu'elle n'est plus représentée dans le versant occidental de la vallée de la Linth que par une mince écaille de Malm et de Crétacique surmontée d'une zone de Nummulitique et de Flysch, qui se suit, avec une courte interruption, des environs de Linthal au soubassement du Glärnisch, mais qui disparaît bientôt par laminage complet dans la direction de l'Urnerboden ;

3° La nappe du Mürtschenstock se superpose dans le massif du Schild à la nappe précédente et comprend dans cette région les puissantes masses jurassiques du Mürtschenstock ;

elle prend une part importante à la constitution du Glärnisch, où elle est représentée par une série normale de Verrucano, de Rötidolomit, de Dogger et de Malm, et elle se retrouve au pied du Deyenstock au-dessus de la rive septentrionale du lac de Klœnthal sous la forme d'une série normale de terrains crétaciques plongeant au N et chevauchant sur des calcaires à grandes Nummulites de la nappe glaronnaise. Le complexe sédimentaire qui forme cette unité tectonique subit du N au S un laminage progressif, qui commence par les termes les plus récents, puis supprime des couches de plus en plus profondes, si bien qu'au-dessus de Luchsingen on n'en voit plus qu'une mince bande de Verrucano et que plus au S, dans la région de Linthal et du Klausen, il n'en reste rien. La nappe du Mürtschenstock a été complètement détachée de sa racine comme les unités sous-jacentes et la nappe suivante peut ainsi reposer directement par places sur le Flysch autochtone ou sur la nappe du Griestock ;

4° La nappe de l'Axen forme toute la partie culminante de la chaîne du Glärnisch-Silbern, où elle montre plusieurs digitations superposées. La série sédimentaire qui la compose se différencie de celle des unités sous-jacentes par plusieurs caractères, en particulier par l'apparition d'un complexe puissant de Lias et par l'épaississement considérable du Dogger. Les terrains jurassiques qui forment la masse principale de cette nappe dessinent entre le Klausen et la chaîne du Böser Faulen un large synclinal peu profond, compliqué par des replis secondaires, puis, au Böser Faulen, ils s'incurvent en un grand anticlinal déjeté au N et disparaissent dans cette direction sous les formations crétaciques du Silbern et du Glärnisch ; seules les coupures de la Linth et de la Löntsch permettent de voir ces formations jurassiques chevauchant sur celles de la nappe du Mürtschenstock dans les parois orientale et septentrionale du Glärnisch. Sur le dos de cette nappe deux digitations anticlinales de Malm, enfoncées du haut en bas et du S au N dans les marnes tithoniques, forment les sommets de l'Ortstock et du Hoher Turm. Le front crétacique de ce gigantesque pli couché se trouve à l'W vers Richisau, à l'E dans le massif du Deyenstock, dont les couches verticales n'ont, contrairement à ce qui était admis jusqu'ici, aucune liaison directe avec les couches plongeant faiblement au N du versant septentrional du Klœnthal, puisque celles-ci font partie de la nappe sous-jacente du Mürtschenstock.

Dans la chaîne du Silbern, les formations crétaciques de la nappe de l'Axen sont repliées en cinq grands plis chevau-

chants et couchés horizontalement les uns sur les autres; ce sont de bas en haut?

a) La nappe de l'Axen proprement dite, dont le dos de Tithonique, de Valangien et d'Hauterivien apparaît dans la coupure transversale du Rossmatterthal, montrant un laminage intense de ses termes supérieurs, et dont le front forme le pied du Silbern au S de Richisau.

b) Le pli couché du Bächistock, qui s'appuie sur la série précédente par un plan de chevauchement discordant et qui est représenté dans le haut du Rossmatterthal par une série normale de Valangien et d'Hauterivien, tandis que vers le N des termes de plus en plus jeunes apparaissent à mesure qu'on se rapproche de la charnière frontale.

c) Les deux digitations couchées et superposées du Silbern, qui constituent, dans des proportions du reste très différentes, presque toute la partie culminante de la chaîne, et comprennent tous les termes du Crétacique.

d) Le pli de Thoralp, dont il ne reste que des lambeaux formés de Valangien et d'Hauterivien et recouvrant les niveaux les plus divers du Crétacique de la nappe supérieure de Silbern. Ce pli est surtout développé dans la région de Thoralp, où est conservée encore la charnière synclinale qui le raccorde à l'unité sous-jacente.

Ces diverses digitations superposées sont remarquables par le laminage intense qu'elles ont subi et par l'amoncellement des termes récents qui en font partie dans leur région frontale. Ce sont du reste certainement des plis devenus chevauchants par leur exagération et non des écailles. Elles se suivent vers l'W dans la chaîne du Wasserberg; vers l'E, par contre, le relèvement rapide de tout leur ensemble dans le sens longitudinal a fait que seuls la nappe proprement dite de l'Axen et le pli couché du Bächistock sont conservés dans le massif du Glärnisch.

M. Oberholzer décrit ensuite brièvement la nappe glaronnaise supérieure ou nappe de Wiggis-Drusberg, telle qu'elle se développe entre la Linth et la Sihl avec ses trois digitations frontales de Wiggis, de Räderten et du Drusberg-Fluhberg, qui, plongeant longitudinalement vers l'W, se remplacent les unes les autres. Il fait ressortir le contraste qu'offrent ces trois plis couchés avec ceux du Silbern par leur laminage beaucoup moins fort qui a ménagé les charnières synclinales et même en partie les jambages renversés. Cette nappe supérieure repose directement à partir de la ligne du Pragel et du

Klœnthal sur la nappe du Mürtschenstock, le front de la nappe de l'Axen ne dépassant pas au N le pied du Silbern et le Deyenstock. Entre Richisau et le Pragel on voit pourtant s'intercaler entre la nappe de l'Axen et celle du Drusberg une sorte de lame de charriage de terrains crétaciques que l'auteur considère comme une unité tectonique indépendante et qu'il désigne comme « nappe intermédiaire de Richisau ».

En terminant, l'auteur rappelle le contraste qui existe entre les sédiments crétaciques de la nappe de l'Axen et de celle de Wiggis-Drusberg. C'est ainsi que le calcaire berriasien de l'Oerli n'existe plus dans la nappe du Drusberg et que le calcaire valangien ne se trouve plus que dans la digitation inférieure de celle-ci, tout le complexe berriasien-valangien devenant marneux dans les digitations supérieures ; c'est ainsi que l'Hauterivien et les couches de Drusberg sont beaucoup plus épais dans la nappe de Wiggis-Drusberg, et que soit le Gault soit le Crétacique supérieur y sont développés d'une façon beaucoup plus complète. Du reste, ce contraste de faciès ne se produisait sans doute pas brusquement et les digitations couchées du Silbern sont intéressantes, à ce point de vue, par les caractères de transition entre les deux séries stratigraphiques qu'elles montrent.

Un bref résumé des observations faites par M. Oberholzer a été publié, en allemand dans les Actes de la Soc. helvét. des Sc. nat., en français dans les Archives de Genève (**81**).

M. E. Blumer (**61**) a commencé l'exploration géologique détaillée de la **vallée de Weisstannen** au SW de Mels (Saint-Gall). Il a décrit à nouveau le chevauchement sur le Flysch de Weisstannen et suivant un plan faiblement incliné au N, du Verrucano qui forme les crêtes du Gamidaur et du Walenkamm ; il a montré qu'ici comme dans les Alpes glaronnaises la masse chevauchante est séparée de son soubassement par une zone broyée et laminée de Lochseitenkalk.

Dans un aperçu stratigraphique, l'auteur fait d'abord ressortir le caractère essentiellement schisteux du Verrucano dans cette région, où les conglomérats font complètement défaut, puis il signale un niveau très constant de grès clairs, jaunâtres, qui couronne le Verrucano et auquel il donne le nom de grès de Mels.

Sur ces grès repose le Rötidolomit qui varie considérablement soit dans son aspect soit dans sa puissance ; il est, en effet, représenté en proportion très variables suivant les points par des cornieules et des calcaires dolomitiques, et

son épaisseur oscille entre 20 et 80 m. Au-dessus vient le complexe des Quartenschiefer formé de schistes rouges riches en concrétions calcaires et de gros bancs de grès quartzeux blancs ou rosés.

Après avoir fait quelques corrections de détail à la feuille IX de la carte Dufour, M. Blumer termine par quelques considérations générales. Il montre comment ses observations confirment absolument la direction S-N du chevauchement du Verrucano, comment, par contre, elles ne lui ont pas permis d'admettre l'existence d'une double série de Verrucano au Gamidaur, telle que la carte au 1 : 100 000 pourrait le faire supposer; la série permo-triasique qui affleure sur les deux versants de la vallée de Weisstannen a tous les caractères d'une succession stratigraphique, dont les termes passent graduellement les uns aux autres.

M. Arnold Heim (69) a publié une courte notice sur la géologie de la terminaison orientale de la **chaîne de la Rigihochfluh** telle qu'elle existe aux environs de Seewen (Schwytz).

Dans ce travail l'auteur commence par rappeler qu'une seule des écailles de la Rigihochfluh se continue vers l'E jusqu'à l'Urmiberg près de Seewen, et que cette écaille unique montre, à cet endroit, un fort plongement longitudinal vers l'E, qui la fait bientôt disparaître aussi en profondeur.

M. Heim décrit ensuite la succession stratigraphique de l'Urmiberg ; il remarque l'analogie de cette série avec celle du Säntis, tout en constatant l'absence des couches de l'Altmann, des couches de Drusberg et de l'Urgonien inférieur qu'il attribue à un laminage tectonique. Parlant du calcaire de Seewen, il attribue ce complexe exclusivement aux étages cénomaniens et turoniens, tandis que le Sénonien, qui n'existe que plus au S, dans le Muottathal, y est représenté par des schistes marneux (Leistmergel).

L'Eocène commence, d'après M. Heim, par une couche glauconieuse, épaisse de 15 à 20 m., qui repose directement sur le calcaire de Seewen. Ensuite vient un banc, glauconieux également, mais pétri de Nummulines, d'Assilines, d'Orthophragmina et de Pecten, parmi lesquels on peut reconnaître :

Assilina exponens J. de C.	Nummulina cf. Montis-fracti Kauf.
» mamillata d'Arch. et H.	Orthophragmina discus Rütim.
Nummulina aturica Jol. et Leym.	» Bartolomei Schlumb.
» Rouaulti d'Arch. et H.	» Archiaci Schlumb.
» complanata Lam.	Pecten parisiensis Desh.

Cette faune correspond à celle du Lutétien des géologues parisiens et l'âge précis de la couche correspondante paraît être le Lutétien moyen.

Sur ce Nummulitique reposent les Stadtschiefer de Wylen, c'est-à-dire des schistes argileux du Flysch à globigérines; en outre, dans le complexe éogène qui s'intercale dans le versant N de la Rigihochfluh entre la Molasse et la masse chevauchante du Crétacique, on retrouve une association de schistes à globigérines et de calcaires glauconieux nummulitiques du Lutétien.

En terminant, M. Heim signale la découverte faite près de Seewen, d'un caillou de granite rouge englobé dans le calcaire glauconieux à Nummulites et Orthophragmina. Il insiste sur l'identité absolue de ce granite avec ceux que l'on trouve empâtés dans le Flysch de Habkern et il explique l'origine de ces roches étrangères comprises dans l'Eogène helvétique, où elles atteignent souvent des dimensions considérables, par l'hypothèse de transports effectués par des glaces flottantes. D'après les nombreuses observations qu'il a pu faire dans le revêtement tertiaire des nappes helvétiques de la Suisse orientale, il conclut que l'existence de blocs exotiques dans les sédiments éogènes n'implique nécessairement ni un faciès de Flysch, ni, encore moins, la présence de Klippes dans le voisinage, que le transport de ces blocs a en tous cas commencé déjà dans le Lutétien et qu'il a été purement stratigraphique. Il admet, d'autre part, que le Flysch de la région externe des chaînes helvétiques, dans la Suisse orientale, appartient exclusivement à l'Eocène (Lutétien-Auversien).

M. Arn. Heim (**70**) a exposé le même sujet en abrégé, en y ajoutant quelques observations de détail sur la région externe des chaînes calcaires, lors de la réunion de la Soc. helvét. des Sc. nat. à Glaris en 1908.

M. A. Tornquist a étudié, entre la Bregenzer Ach et l'Iller, la **zone de Flysch de l'Allgäu** (**99**) qui prolonge à l'E la zone externe de Flysch de la Suisse.

Dans une partie stratigraphique il commence par établir l'existence, dans le Flysch, de deux niveaux constants de conglomérats polygéniques : l'un de ces niveaux, le conglomérat basal, repose directement sur des marnes organogènes de Seewen, probablement éocènes; il est surmonté, par places, par des amas lenticulaires de calcaire nummulitique; le second niveau est supporté par une importante série de

Flysch schisteux ; les conglomérats qui le composent sont notablement plus épais que ceux du premier.

M. Tornquist considère que les éléments constituants des poudingues du Flysch ne peuvent provenir que du S et des nappes supérieures et il admet, comme le plus probable, que beaucoup de ces éléments, en particulier les roches cristallines, devaient se trouver, déjà en gisement secondaire, dans des sédiments éogènes de la surface des nappes, d'où ils auraient été entraînés jusque dans le Flysch de l'Allgäu par les eaux.

Parlant des Klippes calcaires qui sont enfoncées dans la zone de Flysch considérée, l'auteur montre qu'elles sont formées exclusivement par un calcaire siliceux à Aptychus, qui contient *Bel. hastatus*, et qui correspond exactement à l'Aptychenkalk suprajurassique de la nappe mésozoïque de l'Allgäu. Il décrit l'enchevêtrement compliqué des calcaires de ces Klippes avec le Flysch sous-jacent et expose pourquoi le phénomène des Klippes doit être considéré comme tout à fait indépendant de celui des blocs englobés stratigraphiquement dans le Flysch. Il suppose que la mise en place des calcaires des Klippes a eu lieu après la fin de la sédimentation du Flysch, soit pendant l'Oligocène supérieur, et rattache ces Klippes à la couverture suprajurassique du Trias et du Lias de la nappe de l'Allgäu, qui aurait été arrachée de son soubassement par le chevauchement de la nappe supérieure du Lechthal et jetée dans le Flysch, devant le front de la nappe à laquelle elle appartenait.

Reconnaissant la difficulté qui résulte pour cette explication de la présence, entre la zone des Klippes et le front actuel de la nappe de l'Allgäu, des chaînes crétaciques à faciès helvétique, qui sont considérées par les géologues suisses comme représentant une nappe inférieure, M. Tornquist admet que ces chaînes, quoique chevauchant au N sur le Flysch, sont à peu près autochtones et que leur soulèvement s'est fait en même temps que le plissement de la zone de Flysch et après la mise en place des calcaires des Klippes, soit pendant le Miocène inférieur.

Ainsi et pour résumer, l'ensemble du Flysch de l'Allgäu se serait déposé pendant l'Eocène supérieur et l'Oligocène inférieur, la poussée des nappes austro-alpines se serait effectuée pendant la durée des temps oligocènes, les chaînes crétaciques et la zone de Flysch de l'Allgäu se seraient plissées pendant le début du Miocène et finalement, pendant la fin des temps miocènes, la Molasse aurait été à la fois plissée et recouverte

par une dernière poussée au N de la zone de Flysch qui la borde, tandis que cette dernière avec les chaînes crétaciques aurait été disloquée par plusieurs failles transversales, qui ont eu en particulier pour effet de morceler, en plusieurs tronçons décrochés, la zone des Klippes jurassiques.

Cette notice est complétée par plusieurs figures et par une petite carte géologique au 1 : 75 000.

L'étude effectuée par M. Tornquist a été continuée du côté de l'W, entre la Bregenzer Ach et le Rhin, par un de ses élèves, M. E. Wepfer (**103**).

Dans la description stratigraphique qui forme le premier chapitre de son travail, M. Wepfer montre le développement très imparfait du **Gault** dans la zone crétacique de la Weissenfluh et du Sattel. L'Urgonien y est en effet directement surmonté par des grès quartzeux et glauconieux à *Inoceramus concentricus* et *Bel. minimus ;* puis vient une couche plus épaisse dans laquelle se fait le passage lithologique des grès verts aux marnes de Seewen et qui représente probablement le niveau à *Tur. Bergeri.*

Le **Crétacique supérieur** de cette région est essentiellement marneux ; il est constitué principalement par des Seewermergel de couleur claire, qui ne sont pas séparés du Gault par un niveau constant de Seewerkalk, comme cela est le cas au Säntis. Dans ces marnes s'intercalent par places, irrégulièrement, semble-t-il, des zones plus calcaires ou des couches plus gréseuses ; on trouve en outre, associés aux Seewermergel, dans le bassin de la Bregenzer Ach, des schistes foncés, souvent gréseux, contenant du quartz et du mica, qui se rapprochent d'une part des schistes de Wang, d'autre part des schistes supracrétaciques des Alpes bavaroises. Ces dépôts sont fossilifères et ont fourni la faune suivante, qui permet de les classer dans le Sénonien, plus probablement dans le Sénonien inférieur :

Baculites brevicosta Schlüt.	Inoceramus salisburgensis Fugg. et Kastn.
Voluta subsemiplicata d'Orb.	Pecten virgatus Nils.
Turritella sexlineata Röm.	Vola quadricostata Sow.
Cardium productum Sow.	Ostrea armata Sow.
Cardita granigera Gümb.	Gryphea vesicularis Lam.

Le **Flysch** qui, incurvé en synclinal, forme les hauteurs de Schwende et du Hochälpele Kopf, à l'E de la Dornbirner Ach, comprend un complexe inférieur de schistes marneux à Chondrites, puis une série de grès quartzeux.

M. Wepfer montre ensuite, à propos de la zone molassique du Gaiskopf, qu'ici l'on trouve des bancs importants de nagelfluh interstratifiés dans l'Aquitanien, contrairement à ce qu'affirmait récemment M. L. Rollier ; puis il décrit en quelques lignes les dépôts morainiques qui couvrent une grande partie du pays au N et à l'E du Hochälpele Kopf et qui prouvent l'occupation de la vallée de la Bregenzer Ach par une langue du glacier du Rhin, à laquelle se soudait un glacier local.

Dans la partie tectonique de son travail, M. Wepfer décrit d'abord la Weissenfluh, voûte normale d'Urgonien couverte localement de Gault, dont l'axe s'abaisse rapidement vers l'W, soit vers la vallée du Rhin. Cette voûte est coupée longitudinalement du côté du N par une grande faille verticale, qui met en contact l'Urgonien et les schistes de Seewen et qui, se prolongeant fort loin vers l'E, correspond à la grande faille de la bordure des chaînes calcaires à faciès helvétique de M. Rothpletz. Vers l'E la voûte de la Weissenfluh est brusquement coupée par un décrochement transversal, qui en a rejeté le prolongement, soit la chaîne du Klausberg et du Sattel, à environ 1500 m. au N.

Entre ce grand anticlinal infracrétacique et la Molasse s'étend, sur une largeur de 3 à 4 kilom., une zone formée essentiellement de schistes de Seewen et de Flysch, dont la sommité la plus importante est le Hochälpelestock (1467 m.) et que la Bregenzer Ach traverse en amont de Egg. Dans cette zone l'auteur a constaté une tectonique beaucoup plus compliquée qu'on ne l'avait supposé jusqu'ici. Il a remarqué d'abord à la base du Flysch du Hochälpelestock la présence constante d'une brèche, qu'il ne peut envisager que comme une brèche de dislocation et il en a conclu que ce Flysch n'est pas le revêtement normal du Crétacique sous-jacent, mais qu'il est chevauchant sur celui-ci. D'autre part, en suivant les schistes supracrétaciques de Hochälpele jusqu'à la Bregenzer Ach et au ravin de Prühlbach, il les a vus, au fond de ces deux profondes coupures, chevaucher eux-mêmes sur un autre complexe de Flysch, avec lequel ils sont enchevêtrés d'une façon fort compliquée.

Passant à la bordure méridionale de la Molasse, dans les environs de Egg et dans la chaîne du Gaiskopf, M. Wepfer établit que cette bordure est formée de dépôts appartenant à la base du système molassique et que ces grès et conglomérats oligocènes sont incurvés en un synclinal qui reste sensi-

blement droit vers l'E, qui tend à se coucher au N dans sa partie occidentale.

Le contact entre la Molasse et le Flysch ou les schistes de Seewen qui la bordent au S semble se faire, au moins entre Egg et le Gaiskopf, suivant une véritable faille ; plus à l'W le plan de contact s'incline, ensorte que, à l'E et au-dessus de Dornbirn les schistes de Seewen recouvrent la Molasse en chevauchement.

Dans un chapitre final, M. Wepfer montre que le parallélisme tectonique entre le Flysch du Hochälpele Kopf et celui des Fähnern à l'W du Rhin supposé par M. Blumer ne peut être maintenu, puisque le premier est chevauchant sur son soubassement. Il remarque d'autre part que le Flysch du Hochälpele Kopf n'a rien de commun avec la zone de Flysch qui sépare, à l'E de la Bregenzer Ach, les chaînes crétaciques de la Molasse, mais qu'il appartient à une nappe supérieure.

M. O. Ampferer (54) a étudié de son côté la question de l'origine des dépôts du Flysch dans la zone externe des chaînes à faciès helvétique à l'E du Rhin. Reprenant les idées émises sur ce sujet par M. Arn. Heim d'une part, par M. Tornquist de l'autre, il montre que, tandis que le premier considère ce Flysch comme une partie intégrante de grandes nappes de charriage, dont la poussée au N s'est poursuivie jusque dans le Pliocène, le second suppose que ce même Flysch est quasi autochtone et que la mise en place des nappes de klippes qui le recouvrent s'est terminée pendant l'Oligocène.

L'auteur constate que, dans l'idée de M. Heim, les blocs exotiques du Flysch ont dû se déposer dans celui-ci avant son mouvement vers le N, à un moment où seules les Alpes méridionales avaient pris un relief accentué. Or ce soulèvement ancien des Alpes méridionales n'est conciliable ni avec leur degré d'érosion, qui n'est guère plus avancé que celui des chaînes plus externes, ni avec la présence de dépôts marins de l'Eogène dans le massif de la Baie de l'Adige.

D'un autre côté M. Ampferer ne peut pas voir, avec M. Tornquist, dans la zone des klippes de calcaires à Aptychus un lambeau d'une écaille chevauchante détachée de la surface de la nappe de l'Allgäu ; il l'envisage simplement comme une zone anticlinale perçant le Flysch. Enfin pour lui le plan de contact entre la Molasse et le Flysch de l'Allgäu est non un plan de chevauchement, mais une faille à peu près verticale.

En réponse à ces observations, M. A. TORNQUIST (**100**) a allégué les faits suivants :

1° Les fractures transversales qui coupent, à l'E de Egg, la zone de Flysch de l'Allgäu et la bande de calcaires à Aptychus n'affectent en aucune façon la Molasse ; elles sont en tous cas moins anciennes que les derniers plissements du Flysch, tandis qu'elles ne peuvent pas s'être formées avant le redressement de la Molasse ;

2° Le contact du Flysch et de la Molasse ne peut pas être autre chose qu'un plan de chevauchement redressé ultérieurement ;

3° Les observations de détail faites dans la zone des klippes de calcaires à Aptychus montrent clairement qu'il s'agit ici de lambeaux de recouvrement enfoncés de haut en bas dans le Flysch. Le chevauchement de la nappe correspondante a dû se faire probablement sous l'eau de la mer, de sorte que le mouvement de la masse chevauchante a pu être facilité soit par une augmentation de la plasticité de ses roches, soit par une diminution de sa masse relative.

Préalpes et klippes.

La Société géologique suisse ayant excursionné en 1907 dans les **Préalpes fribourgeoises et vaudoises** sous la direction de MM. R. DE GIRARD et H. SCHARDT, ces deux messieurs ont rédigé d'abord un programme sommaire (**63**), puis M. Schardt a donné un compte rendu détaillé de l'excursion (**87**).

Dans cette dernière publication nous trouvons d'abord un très bref aperçu du trajet qui conduit de Fribourg à Bulle, Charmey et Bellegarde. Puis l'auteur décrit plus en détail la chaîne des Gastlosen ; il signale le fait qu'on retrouve à l'W du Jaunbach, au-dessus de la Petermanda, le prolongement de l'écaille de Malm de la Dürrifluh, séparée de l'écaille principale de la chaîne par une zone de Flych.

La chaîne des Gastlosen est, comme on le sait, formée par une série normale de Trias, de Dogger à Mytilus avec d'abondants débris végétaux, de Malm et de Couches rouges ; cette série est coupée par une quantité de fractures transversales qui marquent des rejets tantôt dans un sens, tantôt dans un autre, et donnent aux lignes de contact des divers niveaux une allure irrégulière en dents de scie.

A propos du Sattelberg, situé entre la vallée de Bellegarde