

# Ilme partie, Tectonique : descriptions régionales

Autor(en): [s.n.]

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Eclogae Geologicae Helvetiae**

Band (Jahr): **10 (1908-1909)**

Heft 5

PDF erstellt am: **21.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-156878>

## **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.

tobre, la seïsmité s'est concentrée dans la Suisse occidentale avec une légère trépidation, le 9, à Vevey et Tour-de-Peilz, un choc peu marqué, le 12, dans la région de Fribourg et Guin, et une faible secousse le 23, à Lausanne-Yverdon. En novembre, un seïisme a été ressenti le 8 à Coire, un autre, très faible, à Genève, le 15 ; en décembre, une seule secousse a été ressentie, très faible aussi, à Prilly près Lausanne.

### *Plissements. Orogénie.*

M. R. DE GIRARD (33) a entrepris de reproduire les principales formes de plis, en se servant d'une mince lame de plomb, à laquelle il fait subir un effort tangentiel avec d'autres efforts variés. Il a établi ainsi une série de figures schématiques de plissements ; il a d'autre part reconstitué artificiellement des images à petite échelle de massifs plissés existant, en particulier du Plateau Central français et du massif armoricain.

### *Volcanisme*

M. A. BRUN (14 et 15), dont j'ai cité déjà plusieurs fois les travaux concernant le phénomène volcanique et le rôle qu'y joue l'eau, a eu la satisfaction de trouver, lors d'une exploration récente du Picco de Teyde et du Timanfaya, 2 volcans des îles Canaries, la confirmation évidente de la notion du caractère anhydre des émanations purement volcaniques. Il n'a jamais constaté, dans les fumerolles du Picco de Teyde, qu'une quantité d'eau très faible dérivée directement de la pluie tombée autour du cratère, et au Timanfaya, il a constaté des fumerolles absolument sèches.

## III<sup>me</sup> PARTIE — TECTONIQUE. DESCRIPTIONS RÉGIONALES

### *Tectonique alpine en général.*

En tête de ce chapitre il convient de citer la carte géologique au 1 : 400 000 des Alpes occidentales que le service géologique italien a publiée (104) en 1908.

Le territoire figuré sur cette carte s'étend de la Méditerranée entre Nice et Savone jusqu'au lac Majeur, au Gothard et au Mont-Blanc. L'on obtient ainsi une image d'ensemble fort

claire des différentes zones des Alpes franco-italiennes et des Alpes suisses au S de la zone des schistes lustrés.

Cette carte est accompagnée d'une légende dans laquelle sont décrits sommairement les terrains cristallins, métamorphiques et sédimentaires qui constituent cette vaste région.

L'Académie française des sciences a eu l'heureuse idée de publier, après la mort de MARCEL BERTRAND, un travail qui lui fut présenté en 1890 par ce maître de la géologie, et qui contient une étude d'ensemble du phénomène des **refoulements horizontaux** (60).

M. P. Termier, qui a été chargé de cette publication, fait ressortir dans un court avant-propos tout l'intérêt historique qui s'attache à ce travail, dans lequel nous trouvons réunies les idées qu'avait Marcel Bertrand il y a dix-neuf ans sur l'ensemble des Pyrénées et des Alpes envisagé au point de vue tectonique et sur la genèse des chaînes de montagnes en général.

L'exposé de Marcel Bertrand débute par le développement de la notion de l'effort tangentiel dérivé du refroidissement terrestre ; puis, après ce chapitre à la fois historique et critique, l'auteur aborde l'étude des différentes formes de plissements et de fractures, il établit en particulier une distinction bien nette entre les failles de tassement, les failles de plissement et les failles de décrochement et précise les caractères spéciaux des plis couchés, dans lesquels l'étirement des couches se manifeste non seulement dans le jambage renversé, mais aussi, quoique à un moindre degré, dans le jambage normal.

Le chapitre suivant traite en détail des recouvrements depuis longtemps classiques de la Provence, puis, après avoir fourni quelques renseignements sur le pli couché de Bugarach dans les Pyrénées, Marcel Bertrand aborde l'examen des mouvements horizontaux dans les Alpes. Il parle des lambeaux de recouvrement de la Cavale et du Soleil-Biou au pied du Pelvoux, des klippen des Annes et de Sulens situées entre la vallée de l'Arve et le lac d'Annecy et voit dans tous ces exemples des preuves incontestables de grands recouvrements. A propos des Alpes suisses il cite, comme autres preuves de ces grands mouvements horizontaux, le pli de la Dent de Morcles et des Dents du Midi et il suit ce recouvrement à travers toute la Suisse jusqu'aux Alpes glaronnaises, constatant partout le chevauchement du Nummulitique et du Flysch par les terrains secondaires. Il développe à nouveau l'hypo-

thèse, émise déjà par lui en 1883, de l'existence d'un pli unique dans les Alpes glaronnaises. Il signale avec réserve le fait que les klippes pourraient bien être envisagées comme des lambeaux de recouvrement ; il conclut en constatant que sur toute la périphérie de l'arc alpin s'étend une zone de recouvrements, qui ont dû se développer à peu près simultanément pendant les temps éocènes et que de même le versant méridional offre lui aussi des plis couchés.

Pour généraliser encore la question des mouvements horizontaux, Marcel Bertrand en cherche d'autres exemples dans les Montagnes Rocheuses du Canada, puis dans les chaînes hercyniennes du bassin franco-belge et finalement dans les grands chevauchements de gneiss sur le Silurien du N de l'Ecosse.

Dans un chapitre final l'auteur développe quelques considérations générales tirées de l'étude des faits considérés. Il admet d'abord comme démontré que le pli représente bien la véritable unité structurale des chaînes ; puis il montre qu'un pli horizontal, une fois formé, sera forcément poussé en avant si l'effort tangentiel continue à agir et qu'il sera par conséquent élargi si la charnière sous-jacente reste fixe. Il fait ressortir l'importance des plans de glissement qui doivent s'établir pendant ce mouvement, parallèlement aux couches ou à peu près, soit dans le jambage normal, soit dans le jambage renversé du pli couché, soit encore dans la zone synclinale sous-jacente. Puis, ayant constaté que les refoulements doivent atteindre un maximum à la surface et diminuer assez rapidement d'importance en profondeur, il en conclut que la cause initiale de ces déplacements doit siéger dans le refroidissement de la terre et que les plissements en général sont des phénomènes superficiels, localisés dans la zone périphérique, complètement refroidie, de l'écorce, qui a dû constamment se resserrer pour suivre la contraction par refroidissement des couches plus profondes.

M. A. PENCK (82) a exposé dans une conférence la notion actuelle de la tectonique alpine, telle qu'elle résulte des travaux de MM. Alb. Heim, Marcel Bertrand, M. Lugeon, H. Schardt. Après avoir montré comment on est arrivé à la certitude de l'existence des grandes nappes helvétiques, pré-alpines et austroalpines, il développe l'idée que la formation de ces nappes ne peut pas être simplement l'effet de l'effort tangentiel, mais qu'elle est due à un écoulement des masses sous l'effet de la pesanteur vers les régions basses. Aussi faut-

il forcément admettre que les régions alpines ont subi un exhaussement postérieur à l'empilement des nappes et qui s'est propagé du S au N.

Ainsi les massifs centraux ont été dépouillés de leur couverture sédimentaire non par l'érosion, mais par le glissement des sédiments du massif en voie de surrection vers le synclinal qui se formait en même temps au N. Puis le mouvement d'élévation se propageant vers le N, les glissements de masses ont pu reprendre à plusieurs reprises et donner naissance aux empilements de nappes qu'on observe dans les régions externes des Alpes.

Ces mouvements provoqués par la pesanteur sont comparables à ceux qui se produisent dans les zones faillées délimitant les socles continentaux et les grandes profondeurs océaniques voisines.

Les mouvements de surrection ont dû se perpétuer dans les régions alpines jusqu'à la fin de la période glaciaire, en même temps que les cours d'eau d'abord, puis les glaciers modifiaient profondément la morphologie de ces territoires.

M. H. SCHARDT (88) a soutenu un point de vue analogue ; il suppose dans l'évolution des nappes de charriage deux phases bien distinctes : d'abord une phase de ridement, pendant laquelle a dû surgir un faisceau de plis droits et serrés, puis une phase de déversement de ces plis les uns par dessus les autres dans une direction sous l'influence prédominante de la pesanteur. Il explique ainsi le décollement fréquent des couches supérieures dans la région frontale des nappes, les laminages intenses observés dans le corps des masses charriées, la séparation tectonique de la racine et du front d'une même nappe, faits qui lui paraissent incompréhensibles si l'on suppose l'intervention unique de l'effort tangentiel dans l'évolution des grands plis couchés.

Ces idées ont été sommairement exposées soit en langue française, soit en langue allemande (89).

A l'occasion du congrès international de géographie réuni en 1908 à Genève, M. M. LUGEON a rédigé un guide géologique à travers les **Préalpes, les Hautes-Alpes calcaires et les Alpes cristallines du Valais** (76).

Dans l'introduction à cette notice, l'auteur définit d'une part les régions autochtones (Mont-Blanc, Aiguilles Rouges), massif de l'Aar), d'autre part les régions allochtones, qui comprennent les nappes helvétiques, les nappes préalpines et les nappes piémontaises ou valaisannes ; ensuite il décrit briè-

vement la stratigraphie des Préalpes, des Hautes-Alpes calcaires et de la zone des schistes lustrés.

M. Lugeon conduit d'abord ses lecteurs à travers la région redressée de la Molasse de Lausanne au pied des Pleïades, puis il les amène au chevauchement bien connu des Préalpes médianes sur la Molasse rouge qui se voit entre le Bouveret et Saint-Gingolph, il leur montre la ressortie de cette même Molasse rouge entre le Flysch haut-alpin et les terrains pré-alpins aux environs de Colombey.

Dans un second chapitre nous trouvons la description du synclinal de Flysch de Leysin resserré entre l'anticlinal des Tours d'Aï et le bord radical culbuté de la nappe des Préalpes médianes, puis celle de la vallée des Ormonts, taillée dans le Flysch du Niesen, au milieu duquel s'intercale une lame de Jurassique, prolongement des calcaires de Chamossaire.

Ensuite vient un exposé des caractères tectoniques du Creux de Champ, où le front plongeant du pli du Wildhorn se superpose de la façon la plus claire au pli des Diablerets, et de la zone des Cols entre Ormonts-dessus et Gryon, où le laminage des formations préalpines est intense. Puis M. Lugeon, faisant passer ses lecteurs par Gryon, les Plans, le Col des Essets, Anzeindaz et Gryon, leur donne une idée de ce que sont le pli de Morcles, le pli des Diablerets et entre eux la lame préalpine du Néocomien à Céphalopodes.

Après nous avoir donné un rapide aperçu de la vallée du Rhône de Bex à Sion, M. Lugeon nous décrit les environs de cette dernière ville comme appartenant à la zone des racines des nappes préalpines inférieures, puis, à propos de la vallée de Zermatt, il montre le chevauchement sur une grande largeur de la nappe du Grand-Saint-Bernard sur le Trias ; enfin il termine par un exposé des relations entre les nappes du Grand-Saint-Bernard, du Mont-Rose et de la Dent-Blanche, telles qu'elles se présentent aux environs de Zermatt.

M. H. SCHARDT (90) chargé aussi de diriger une des excursions géologiques du congrès de géographie réuni à Genève, a écrit, à cet effet, un guide à travers le Jura, le Plateau molassique et les Alpes dans la partie occidentale de la Suisse.

L'auteur commence par conduire ses lecteurs au lac des Brenets, tronçon d'une vallée fluviale barré par deux gros éboulements, et sur la chaîne anticlinale de Pouillerel, dont l'érosion a décapé les couches du Callovien et du Dogger. Il décrit ensuite successivement les anticlinaux de Som-Martel,

de Tête-de-Ran-Mont d'Amin, de Chaumont, et les synclinaux intermédiaires du Locle, de la Sagne, du Val-de-Ruz.

A propos du plateau molassique, l'auteur attire l'attention sur la discordance fréquente de l'Aquitanién sur le Crétacique inférieur du pied du Jura, et montre d'une part la transformation de la Molasse vers le S par le développement, au milieu d'elle, des conglomérats, d'autre part le redressement de ses couches dans la zone subalpine.

Passant aux Préalpes, M. Schardt définit d'abord les caractères généraux de ces chaînes, puis il décrit sommairement la chaîne du Moléson et de la Dent de Lys, dont les formations triasiques, jurassiques et crétaciques chevauchent au N sur le Flysch des Préalpes externes, le synclinal digité de la haute Gruyère avec ses calcaires schisteux crétaciques, la chaîne du Vanil-Noir formée de deux anticlinaux accolés, puis la lame chevauchante, triasique-jurassique, du Laitmaire, enfin les deux arêtes du Rubly et de la Gummfluh constituées par deux écailles plongeantes de la nappe des Préalpes médianes recouvertes par la Brèche du Chablais et de la Hornfluh.

Après avoir défini les formations triasiques-jurassiques de la zone des Cols comme appartenant à une nappe préalpine inférieure moulée sur les plis haut-alpins et s'enracinant dans la vallée du Rhône, M. Schardt décrit les relations existant entre le pli du Wildhorn et celui des Diablerets, telles qu'on peut les voir en traversant le Sanetsch.

M. H. SCHARDT (92) a en second lieu rédigé, pour la publication éditée par la maison Attinger de Neuchâtel sous le nom de « la Suisse », une description sommaire, illustrée, de la géologie générale de notre pays, qui est à peu près la reproduction de celle parue dans le Dictionnaire géographique de la Suisse.

L'auteur commence par donner un aperçu sur les formations constitutives du sol en Suisse, sur leur répartition et leurs divers faciès, puis il décrit la tectonique des différentes zones des Alpes, du Plateau molassique et du Jura.

Un chapitre est consacré à la morphologie géographique en relation avec la géologie, un autre traite de la paléogéographie et des phases successives par lesquelles a passé notre pays avant d'être arrivé à son stade actuel; enfin, après avoir fourni quelques renseignements sur les tremblements de terre en Suisse, M. Schardt termine par un aperçu historique sur le développement de la géologie alpine.

La Société géologique d'Allemagne ayant consacré, en 1907, son excursion annuelle à la Suisse et à ses abords immédiats, nous trouvons, dans le compte rendu de ce voyage, rédigé par MM. C. SCHMIDT, A. BUXTORF et H. PREISWERK (96), la description sommaire de diverses régions du Jura, du Plateau molassique et des Alpes. Ce rapport reproduit du reste de nombreux renseignements publiés déjà par M. Schmidt dans le « guide » qu'il avait préparé en vue de ces excursions. (Voir Revue pour 1907.)

Le premier itinéraire décrit traverse la partie SW de la Forêt-Noire, soit la région du Wiesenthal et du Werrathal. Ensuite les excursionnistes ont visité le Jura tabulaire bâlois, où ils ont reconnu l'existence de nombreuses failles en relation directe avec l'effondrement de la vallée du Rhin et plus anciennes que les sédiments miocènes, où ils ont d'autre part pu étudier la stratigraphie du Lias et du Dogger et la superposition transgressive des dépôts miocènes sur ce dernier.

Dans les chaînes jurassiennes, les géologues allemands ont visité plus spécialement les environs de Moutiers et le Weissenstein, puis les abords de Liesberg dans la vallée inférieure de la Birse. Ils ont étudié, aux alentours même de Bâle, les alluvions de Saint-Jacques considérées antérieurement comme interglaciaires, mais qui doivent, d'après M. Gutzwiller, être postglaciaires, puis les gisements de Keuper de Neuwelt, et les hauteurs de Tüllingen, vers la sortie du Wiesental, sur lesquelles affleurent des argiles et des calcaires d'eau douce de l'Aquitainien.

Le voyage de nos confrères d'Allemagne s'est continué ensuite par les environs du lac des Quatre-Cantons, la chaîne du Briener Rothhorn et les Klippes de Giswyl. A propos de ces dernières, M. G. NIETHAMMER a rendu compte de ses dernières observations (79). (Voir aussi Revue p. 1907.) Puis les excursionnistes ont traversé le massif de l'Aar par le Grimsel, tout en discutant de l'importance relative du métamorphisme de contact et du métamorphisme régional, ils se sont rendus dans la vallée de Binn, où ils ont visité les fameux marbres minéralisés, ils ont passé l'Albrunpass pour descendre sur la vallée de la Tosa, et ont pu constater l'existence des nappes cristallines de la zone du Simplon, enfin, ils ont consacré trois journées à l'exploration des chaînes cristallines méridionales de la région des porphyres d'Arona et du massif proprement dit du Simplon.

### *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 Zebro, 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 à 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'W 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 Pleishorn sous la forme de schistes supratriasiques, et qui s'enfonce au N sous la masse chevauchante des schistes cristallins du Monte Scorzuzzo 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, soit 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<sup>o</sup> 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<sup>o</sup> 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<sup>o</sup> 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'Ortler-dolomit, 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 Piz 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 écaillés 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'Ëtzthal 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'Ëtzthal (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'Ëtzthal 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 Schlinigertal comme une fracture, suivant laquelle la masse de l'Ëtzthal 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'Ofenpass.

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'écaillés 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 Schumbräida, 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 divergence 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 Rutschobel 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 complexe 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 levés 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. Carboniférien.** — 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 probablement 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 Bérissal 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. TRÜESCH (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 ou 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 complexe 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'écaillés 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. Trösch 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. Trösch 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. Thoursense*, 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<sup>o</sup> 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<sup>o</sup> Grès à ciment calcaire qui contiennent des Orbitoïdes avec de grandes Nummulites et qui représentent le Parisien.

2<sup>o</sup> Couche de 3 à 4 m. de grès glauconieux à *Dentalium*.

3<sup>o</sup> 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<sup>o</sup> Les marnes schisteuses, jaunâtres à Globigerines de Leimern.

5<sup>o</sup> 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  $\frac{1}{2}$  m., de calcaire noir sableux à *Cerithium cf. plicatum*, *Cytherea Villanovae*, *Cyrena vaspicana*, 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. Trösch ont été publiés conjointement 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. Trösch, 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 Rälligstöcke, 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 Cöschinen-Mürren-Sefinen comme charriées, y compris la zone des Rälligstöcke-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 Rälligstöcke 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 Hohgant 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 Brienerrothorn, 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 Brienerrothorn 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 Brienerrothorn 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 pré-alpine 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 Silberner 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 Silberner, les formations crétaciques de la nappe de l'Axen sont repliées en cinq grands plis chevauchants.

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 Silberner 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 Silberner, 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 Silberner. 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'amoncèlement 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 écaillés. 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 Silberner 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 Prigel et du

Klœnthal sur la nappe du Mürtschenstock, le front de la nappe de l'Axen ne dépassant pas au N le pied du Silberstein 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 Silberstein 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. helvétique 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 Rigi-hochfluh telle qu'elle existe aux environs de Seewen (Schwytz).

Dans ce travail l'auteur commence par rappeler qu'une seule des écaillés de la Rigi-hochfluh 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'Ortho-phragmina et de Pecten, parmi lesquels on peut reconnaître :

Assilina exponens J. de C.	Nummulina cf. Montis-fracti Kauf.
» mamillata d'Arch. et H.	Ortho-phragmina 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 Rigihoehfluh 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 Orthophragma. 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. TORNUST 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 constitutifs 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 sous-bassement 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 Sântis. 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* Gumb. *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'Aquitanién, 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 Fährern 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 Flysch.

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

et la combe du Petit Mont, M. Schardt signale la réapparition vers cette chaîne de l'anticlinal méridional du Vanil Noir, qui y prend une forme très disloquée. Puis il revient à la chaîne des Gastlosen pour décrire la coupe qu'on observe en traversant la Perte à Bovay. Ici l'écaille chevauchante est séparée du Flysch de Vert-Champ par un anticlinal de Couches rouges ; elle est d'autre part affectée par de nombreux décrochements transversaux ; enfin elle est coupée longitudinalement par une faille verticale suivant laquelle elle est brusquement relevée vers son extrémité NW, de telle sorte que l'érosion l'a totalement ou presque totalement supprimée aux environs du Col de la Perte à Bovay.

L'itinéraire décrit par l'auteur nous amène finalement à Rougemont en passant auprès du bloc exotique de diabase noyé dans le Flysch des Fenils et en traversant le front de la zone de brèche de la Hornfluh au Vanel.

Ensuite commence la partie la plus importante de ce rapport, qui est consacrée à l'étude du massif du Rubli et de la Gummfluh. Elle commence par la description de la zone de Brèche des Siernes et de la Tête de Cananéen, qui est enfoncée synclinalement dans le Flysch. A la base de la série de la Brèche on trouve ici des calcaires spathiques contenant une faune que M. Schardt attribue au Charmouthien et qui comprend : *Waldh. punctata* Sow., *Rhynch. belemnica* Qu., *Rhynch. gryphitica* Qu., *Avicula sinemuriensis* d'Orb., *Hildoc. aequiumbilicatum* Bettoni, *Harp. ex af. serpentinum* d'Orb. Les couches rouges qui sont intercalées entre la Brèche et le Flysch représentent, ici comme partout ailleurs dans cette zone, une lame de charriage arrachée à la série sous-jacente de la chaîne du Rubli. La Tête de Cananéen est le seul point de la région où l'on trouve dans la série de la Brèche des termes équivalents à la Brèche supérieure et aux schistes bariolés moyens du Chablais.

M. Schardt décrit la série mésozoïque qui forme la chaîne du Rubli et qui est caractérisée par la puissance des calcaires et des dolomies triasiques, par l'absence de Lias et par le développement schisteux et charbonneux du Dogger à Mytilus. Cette série chevauchante s'appuie au S sur du Flysch, dans lequel sont enfoncés les paquets de Brèche de la Videman et du Dürrihubel. De nombreuses complications interviennent, qu'il est impossible de décrire ici.

Du col de la Videman on jouit d'une vue étendue sur la Tête de la Minaudaz, formée par un dernier reste chevauchant de Brèche, sur la Pointe des Salaires, où le Malm et le

Crétacique supérieur de la zone de la Gummfluh sont imbriqués en plusieurs écailles verticales, et sur le Rocher du Midi, formé de Trias et prolongeant la chaîne du Rubli. A propos de cette région M. Schardt indique que le Flysch sous-jacent aux formations mésozoïques de la Gummfluh et du Rubli perce en faux anticlinal au S du Rocher du Midi, près du Col de Base. Il explique d'autre part la position du Trias du Rocher du Midi sur le Flysch et l'absence du Jurassique dans le versant N de ce sommet par une faille horizontale, suivant laquelle le Trias a été poussé au N sur le Tertiaire.

Enfin, parlant de la traversée de la chaîne de la Gummfluh par la combe de Comborsin, l'auteur décrit la superposition évidente de la Brèche de la Videman sur le Flysch du Kalberhoni et le chevauchement de la série mésozoïque de la Gummfluh sur le Flysch du Niesen.

La dernière journée de course a été consacrée à la traversée du Col de la Douve, aux abords duquel le Trias, le Jurassique et le Crétacique de la zone de la Gummfluh sont imbriqués d'une façon compliquée, et du Col de la Base, où apparaît un faux anticlinal de Flysch séparant les deux masses chevauchantes de la Coumattaz et du Rocher du Midi.

En descendant vers les Moulins les excursionnistes ont traversé l'écaille chevauchante de Malm et de Couches rouges de « Sur le Grin », prolongement de la grande écaille des Gastlosen et la voûte jurassique-crétacique sous-jacente des gorges de la Torneresse, qui raccorde l'anticlinal des Tours d'Aï au pli inférieur des Rochers de la Raye et à l'écaille inférieure des Gastlosen.

A la suite de la publication de M. Schardt il convient de citer celle plus volumineuse et plus détaillée que M. F. JACCARD a consacrée à la **région de la Gummfluh et du Rubli** (71).

L'auteur fait d'abord, ici comme pour la région de la Hornfluh et des Spielgarten, un examen stratigraphique complet des deux séries des Préalpes médianes et de la Brèche qui sont superposées mécaniquement l'une à l'autre.

En fait de roches cristallines, on ne trouve dans tout le territoire étudié qu'un affleurement d'ophite associé à des schistes quartzeux foncés, tout à fait équivalents aux pointements ophitiques du Rinderberg, et qui se trouve au S de Flühmaad entre Gstaad et le Muttenkopf.

Le **Trias** de la série de la Brèche commence généralement à la base par des cornieules qui supportent des calcaires dolomitiques souvent bréchiformes. Vers le haut se développent

des alternances de bancs dolomitiques et de schistes qui passent au Rhétien.

Dans la série des Préalpes médianes le Trias comprend le plus souvent de haut en bas :

- f) Calcaires noirs à Gyroporelles et Gastéropodes ;
- e) Calcaires noirs veinés de calcite ;
- d) Calcaires bleutés vermiculés ;
- c) Calcaires dolomitiques gris, pulvérulents ;
- b) Cornieules ;
- a) Gypses.

Le **Lias**, qui manque dans la série des Préalpes médianes, commence dans celle de la Brèche par des couches rhétiennes fossilifères. Ce sont des alternances de calcaires dolomitiques, de calcaires marneux, de lumachelles et de marnes, d'une épaisseur totale d'environ 15 m., et dans lesquelles on trouve *Terebr. gregaria*, *Lima valoniensis* (?), *Pentacrinus bavari-cus*, *Bactryllium striolatum*. Le reste du Lias est représenté par la partie inférieure du complexe de la Brèche, dans lequel il est du reste impossible de déterminer des niveaux précis.

Le **Dogger** des Préalpes médianes est représenté ici par la série décrite par MM. de Loriol et Schardt sous le nom de couches à Mytilus. Comme faits nouveaux concernant ce niveau, M. Jaccard signale la présence au sommet du Dogger de calcaires plaquetés, épais d'une trentaine de mètres et remplis de polypiers, et en second lieu l'intercalation dans le niveau à fossiles triturés, à polypiers et à *Astarte rayensis* d'une couche essentiellement composée de fragments de petites nérinées.

Le **Malm** a le faciès de calcaires coralligènes riches en *Diceras* et en Nérinées et souvent oolithique. Dans le Malm de « sur le Grin » et du bois de Ramaclé, M. Jaccard a trouvé des *Calpionella alpina* Lor.

La série de la **Brèche jurassique** commence au-dessus du Rhétien par les schistes et calcaires inférieurs, qui supportent la Brèche inférieure, formée tantôt de gros éléments calcaires, tantôt presque exclusivement de débris de Pentacrines (*Pent. tuberculatus*).

Au Rubli et à la Gummfluh le Malm des Préalpes médianes est directement recouvert par les **Couches rouges** supracrétaciques, dans lesquelles on distingue un niveau inférieur plus calcaire et plus gris et un niveau supérieur plus marneux et plus rouge. Aux rochers de Sur le Grin, par contre, on voit s'intercaler entre le Malm et les Couches rouges des calcaires

plaquetés, gris-bleu, à silex, qui représentent probablement le **Crétacique inférieur**.

Quant au **Flysch**, M. Jaccard distingue le Flysch de la zone du Niesen, caractérisé par l'abondance de ses brèches polygéniques et qui s'enfonce au NW sous le Trias de la Gummfluh et le Flysch du Hundsrück et des Saanenmöser qui forme, d'une part, une zone continue au NW de la chaîne du Rubli, d'autre part, le territoire triangulaire compris entre la chaîne du Rubli, la Pointe de Videman, la chaîne de la Gummfluh, Gstaad et Gessenay. Ce Flysch comprend des grès quartzeux et des schistes cendrés à Fucoïdes, auxquels s'ajoutent, au Muttenkopf, des schistes marneux rouges, rappelant les Couches rouges et qui semblent occuper un niveau relativement bas dans les couches tertiaires.

Enfin, les **dépôts pléistocènes** comprennent, d'une part, des moraines, dont les unes sont déposées par le glacier de la Sarine, d'autres par les petits glaciers locaux du Meyelsgrund, du Kalberhöni, de la Videmanette, etc..., d'autre part, les éboulis et les éboulements. Parmi ces derniers, le plus important est un éboulement descendu du versant N du Rubli, jusqu'aux Pierres-Blanches, en face de Rougemont.

Abordant l'étude tectonique du territoire considéré, M. Jaccard commence par définir le rôle que jouent les masses de Brèche jurassique intercalées entre les deux chaînes du Rubli et de la Gummfluh. Il montre qu'elles se divisent en deux têtes de plis enfoncées dans le Flysch, et bordées par places, ainsi au Col de la Videman, par des lames de charriage de Couches rouges. L'un des plis de Brèche se suit de la Tête de la Minaudaz par les Tza-y-Bots, la Videman, Comborsin, jusqu'au NE du Muttenkopf, où on le voit s'effiler avant d'atteindre le ruisseau du Meyelsgrund; sa base triasique, plongeant au N, s'appuie sur les Couches rouges et le Malm de la série de la Gummfluh, ou bien, comme cela est le cas à l'E du Muttenkopf, sur du Flysch. Le second pli s'étend de la Videmanette, par Rubloz, jusqu'au Dürriberg; il repose au S sur le Flysch du Kalberhöni et s'enfonce au N sous la série mésozoïque du Rubli, dont il est séparé au Dürriberg par une mince zone de Flysch, à la Videmanette par une écaille de Dogger à Mytilus.

L'auteur décrit ensuite la zone de Brèche jurassique qui se suit sur le versant N de la chaîne du Rubli, depuis la Pointe de Cananéen jusqu'à la Tête des Planards, et qui se continue sur le versant N de la vallée de la Sarine du Vanel jusqu'au-dessus de Saanen. Il montre que cette zone est formée par

la tête d'un troisième pli, enfoncée de haut en bas dans le Flysch du Hundsrück, dont elle est séparée par une lame continue de Couches rouges. Ces dernières ne sont évidemment pas non plus ici le revêtement normal de la Brèche ; elles représentent une lame de charriage arrachée aux nappes sous-jacentes des Préalpes médianes.

La chaîne de la Gummfluh est formée par une série de terrains triasiques, jurassiques, crétaciques et éogènes, développés suivant le faciès qui règne dans toute la partie interne des Préalpes médianes, série qui chevauche pas sa base sur le Flysch du Niesen au S. Le plongement, qui se fait généralement au NNW, tend à se redresser vers le bas, de façon à devenir vertical ; dans la partie occidentale de la chaîne il se renverse même et toute la série prend alors l'apparence d'une tête de pli plongeant dans le Flysch. Entre la Pointe des Salaires et le Col de Base le Malm et les Couches rouges sont imbriqués d'une façon compliquée en quatre écailles. Aux deux extrémités de la chaîne, la série mésozoïque s'effile ; ainsi au Meyelsgrund on voit disparaître d'abord le Trias, puis le Dogger et finalement le Malm ; entre le Sex Mossard et l'arête de Coumattaz le Malm cesse le premier, puis le Dogger, en sorte que le Trias subsiste seul, formant comme un coin de couches presque verticales enfoncé dans le Flysch. La série mésozoïque qui constitue la chaîne de la Gummfluh doit donc être considérée aussi comme figurant une tête anticlinale pli-faillée reposant sur le Flysch.

Dans le prolongement vers l'E de la chaîne de la Gummfluh, vers le débouché du Meyelsgrund dans la vallée de la Sarine, M. Jaccard a constaté la présence d'une importante masse de gypse, de cornieules et de calcaires triasiques, qui commence brusquement à l'E de la combe de Mühlenstein, qui, au-dessous de Flühmaad est divisée en deux replis ou écailles et qui disparaît ensuite sous les éboulis de Flühmaadvorsässe. Il voit dans ces affleurements de nouveau une tête de pli s'insinuant en coin dans le Flysch. Un peu au-dessus apparaît, au milieu du Flysch, le gisement d'ophite signalé plus haut. Le Flysch contient également une écaille lenticulaire de Couches rouges ; d'autre part on voit, dans les pentes qui dominant Gstaad au SW, le Flysch normal, formé de schistes gris et de grès quartzeux, contenir trois zones successives plongeant au NW de schistes rouges et verts qui paraissent un faciès de l'Eocène. Dans toute cette région, le pendage du Flysch et des diverses écailles qu'il contient se fait au NW avec des angles, il est vrai, assez variés.

L'écaille de Trias de Flühmaad, qui n'a aucune relation directe avec le chaînon de la Gummfluh, appartient, ainsi que les écailles crétaciques situées plus haut, aux Préalpes médianes ; tout cet ensemble imbriqué forme le prolongement de la région d'écailles de l'Amselgrat, que chevauche la Brèche de la Hornfluh.

D'après M. Jaccard, la chaîne du Rubli est notablement plus compliquée que ne l'avaient supposé M. Rittener et M. Schardt. Elle comprend d'abord, comme élément principal, la zone du Rubli proprement dite, qui commence à l'W, au Rocher du Midi, par un énorme paquet de Trias, replié plusieurs fois sur lui-même et nageant sur le Flysch, qui se continue au Rocher Plat et au Rubli par une série normale plongeant fortement au NW de Trias, Dogger, Malm et Couches rouges et qui s'effile ensuite par amincissement graduel de ses différents termes, de façon à disparaître complètement à l'E du Gauderlibach. La partie orientale de la chaîne, celle qui forme la Dorfflüh, n'est donc pas le prolongement du Rubli ; elle représente une grosse écaille inférieure à la série du Rubli. L'on trouve du reste dans la même position, mais dans d'autres parties de la chaîne, des écailles analogues ; ainsi au Creux de la Videmanette on voit une écaille de Dogger à Mytilus enfoncée sous le Trias du Rubli et du Rocher Plat, qu'elle sépare de la Brèche, et entre la Gérine et le Col de Base on constate la présence, sous le Trias du Rocher du Midi, d'une mince zone de Flysch et d'une bande importante de dolomies et de cornieules triasiques. Il y a donc sous l'écaille principale du Rubli-Rocher du Midi un régime d'écailles parallèles moins considérables.

Passant ensuite aux plis qui se développent entre la chaîne du Rubli et la zone de Flysch de Château-d'Œx, M. Jaccard montre qu'on peut distinguer au SE de Château-d'Œx quatre anticlinaux déjetés au NW de Malm et de Couches rouges, qui s'abaissent longitudinalement vers le NE et dont aucun ne représente en réalité le prolongement de la grande écaille Gastlosen-Laitmaire ; celle-ci chevauche, en effet, vers le pont de Gérignoz, sur le plus élevé de ces plis, et ne tarde pas à s'effiler jusqu'à disparition complète sur la rive droite de la Sarine. Vers l'W on retrouve ces mêmes plis aux abords des gorges de la Tourneresse, où le pli supérieur a pris la forme d'une écaille chevauchante et laminée, tandis que le pli sous-jacent dessine une voûte régulière de Malm et de Crétacique et qu'un troisième pli apparaît sous forme de boutonnière de Couches rouges perçant le Flysch un peu au-dessus des Moulins.

Plus au SW encore, le pli supérieur ne tarde pas à disparaître, tandis que la voûte régulière sous-jacente se continue jusqu'aux Monts Chevreuils et est relayée ensuite par un autre anticlinal jurassique-crétacique plongeant longitudinalement au NE, qui forme le sommet de la Schuantz et que l'Hongrin coupe un peu à l'W de la Lécherette.

Au SE de ces plis crétaciques s'étend la zone de Flysch de la Lécherette et des Mosses, et au milieu de cette zone on rencontre plusieurs petites Klippes de Trias (gypse, cornieules, calcaires, dolomies), les unes nageant sur le Flysch, d'autres enfoncées en coin dans celui-ci, qui se prolongent finalement vers le SW dans le grand coin triasique du Mont-d'Or. Ce n'est qu'hypothétiquement qu'on peut rattacher ces Klippes à la zone du Laitmaire ou à celle du Rubli.

Le travail de M. Jaccard l'a amené aux conclusions suivantes :

1<sup>o</sup> La nappe de la Brèche Chablais-Hornfluh forme, dans le territoire considéré, trois digitations déversées au NW et chevauchant sur le Flysch des Préalpes médianes ; ces trois digitations ne correspondent qu'aux deux plis supérieurs de la région de la Hornfluh.

2<sup>o</sup> Les terrains des Préalpes médianes forment, au Rubli, à la Dorfflüh, à la Gummflüh, non des plis réguliers, mais d'énormes écaillés lenticulaires, souvent replissés ou imbriqués et accompagnés d'un système d'écaillés plus petites. Tous ces paquets lenticulaires nagent sur le Flysch comme des épaves sur les flots ; ils ont certainement des relations indirectes et impossibles à préciser pour le moment avec la zone des Gastlosen-Laitmaire. D'autre part, la masse replissée du Rubli Rocher du Midi paraît devoir se prolonger dans le massif triasique du Mont-d'Or, tandis que les plis de la rive gauche de la Sarine, au S de Château-d'Œx doivent appartenir à l'anticlinal des Tours-d'Aï.

3<sup>o</sup> Pour expliquer la position étrange de la nappe de la Brèche et celle des écaillés des Préalpes médianes que cette nappe chevauche, l'hypothèse la plus satisfaisante consiste à supposer, avec M. Lugeon, que les Brèches du Chablais et de la Hornfluh ont une origine moins lointaine que les Préalpes médianes et qu'elles ont formé un pli de seconde poussée, alors que les Préalpes médianes avaient non seulement déjà fait un chemin considérable vers le N, mais avaient encore été détachées de leur racine. Ce pli de Brèche, arrivant, dans son mouvement vers le N, sur le bord radical

déjà morcelé de la nappe des Préalpes médianes, l'a replié, imbriqué et porté en avant.

4° Quant à la nappe rhétique supposée par M. Steinmann, M. Jaccard ne peut ni en contester, ni en confirmer l'existence, n'ayant aucun argument vraiment probant ni dans un sens, ni dans l'autre.

M. A. ROTHPLETZ (83) a consacré un troisième volume de ses « Alpenforschungen » à la **Tectonique des Préalpes**. En tête de cette nouvelle publication il place un exposé succinct des théories émises successivement sur cette tectonique par MM. Schardt, Lugeon et Schmidt. Puis il donne un aperçu de la stratigraphie des régions préalpines, dans lequel il s'attache surtout à faire ressortir le peu d'importance des différences de faciès qui se manifestent d'une zone à l'autre et dans lequel il développe l'idée qu'une partie du Flysch du Niesen et du Flysch des Préalpes externes pourrait être supra-crétacique. Il se représente la sédimentation préalpine comme profondément influencée par des phénomènes tectoniques, qui se seraient échelonnés entre la période liasique et l'Oligocène. C'est ainsi que les faciès littoraux du Dogger, qui existent dans la série de la Brèche de la Hornfluh et dans celle des Gastlosen, se seraient formés autour de horsts triasiques et liasiques. Les lacunes stratigraphiques qu'on constate dans plusieurs régions des Préalpes au niveau du Crétacique inférieur et moyen proviendraient d'un mouvement d'émersion, pendant lequel l'érosion, attaquant les horsts, y aurait découvert les soubassements cristallins; puis une nouvelle transgression aurait précédé la période de sédimentation des Couches rouges et finalement se seraient déposés les grès et les conglomérats du Flysch, dont les matériaux seraient dérivés de horsts cristallins voisins. Ces horsts devaient se trouver en partie sur l'emplacement des chaînes externes à faciès helvétiques et des Préalpes, en partie sur celui du plateau molasique.

Dans la partie tectonique de son travail, M. Rothpletz décrit en commençant un profil passant par le Gurnigel, le Gantrisch et Weissenburg. Il envisage les klippes de terrains secondaires qui apparaissent au milieu du Flysch du Gurnigel comme des émergences d'anciens horsts noyés dans un Flysch transgressif. Il signale les trois plans de chevauchement que coupe son profil et qui séparent, le premier la Molasse du Flysch du Gurnigel, le second le Flysch du Trias et du Jurassique du Gantrisch, le troisième le Malm et le Néo-

comien de la chaîne du Stockhorn du Malm des Gastlosen. Il montre que l'intensité du plissement augmente progressivement de la Molasse à la chaîne du Stockhorn, il suppose que les plissements ont précédé les chevauchements précités et il considère ces derniers comme peu profonds.

L'auteur étudie ensuite dans le prolongement de cette coupe un profil passant par Reidenbach, le Niederhorn et Schwenden dans le Diemtigtal. Il confirme sur la plupart des points les observations récentes de M. Jaccard, mais il conteste absolument l'existence au Spitzhorn d'une charnière frontale de Brèche de la Hornfluh fermée au N et enfoncée dans le Flysch et surtout il donne de cette région une interprétation fondamentalement différente de celle de M. Jaccard. Il se représente le Flysch du Simmenthal comme un synclinal supporté par des Couches rouges et des calcaires jurassiques, dont les deux jambages ont chevauché sur les chaînes voisines. Du côté du N ce sont les deux écailles jurassiques-crétaciques du Kienhorn et du Klushorn (zone des Gastlosen) qui ont été refoulées sur le flanc S de la chaîne du Stockhorn ; du côté du S ce sont la Brèche et les Couches rouges du Spitzhorn, de Bunscheler Alp, de Seeberg, etc., qui sont venues recouvrir par un mouvement N-S la série jurassique-tertiaire du Niederhorn et des Spielgerten. Entre ces deux chevauchements dirigés en sens inverse à partir d'un même axe synclinal une différence importante se manifeste en ce que vers le S la Brèche recouvre son soubassement suivant un plan peu incliné et sur une grande largeur, tandis que les écailles de la zone des Gastlosen sont fortement redressées ; d'autre part le faciès de la Brèche, jambage S du synclinal imbriqué, s'écarte considérablement de celui du Jurassique du Klushorn, jambage N du même synclinal ; enfin plusieurs failles dirigées du SW au NE coupent la Brèche et son soubassement et les morcellent en compartiments étagés du NW au SE.

L'étude d'un profil passant un peu plus à l'W par le Luchern, la Dürrifluh, le Krachihorn et Laubegg, a confirmé M. Rothpletz dans sa manière de voir. Au Krachihorn l'auteur croit avoir trouvé la Brèche de la Hornfluh sous le Dogger à Mytilus, auquel elle paraît liée stratigraphiquement. Entre le Krachihorn et Laubegg le Flysch est disposé synclinalement ; puis à Laubegg on peut voir le chevauchement de la série de la Brèche, des Couches rouges et du Flysch, sur le Malm de la zone du Niederhorn. Dans la région de Lehn, au bord de la Simme et au N de Zweisimmen, la série chevauchante de la Brèche est imbriquée en deux écailles superposées.

A propos de la géologie du Fluhwald, à l'W de Zweisimmen, M. Rothpletz, tout en confirmant la plupart des observations de M. Jaccard, conteste absolument le bien fondé de son interprétation. Il considère la zone de Brèche du bas de la pente comme un synclinal enfoncé au NW dans le Trias, il admet par conséquent que la large zone triasique du milieu de la pente forme le soubassement stratigraphique de la Brèche, tandis que M. Jaccard l'attribue à la série des Préalpes médianes, et il explique l'absence de la Brèche entre ce Trias et le Malm qui le recouvre par une faille. L'auteur défend en outre énergiquement l'idée de la superposition stratigraphique des Couches rouges sur la Brèche et il arrive de nouveau ici à envisager toutes les formations jurassiques, crétaciques et tertiaires du Fluhwald comme appartenant au jambage S du grand synclinal du Simmenthal-Hundsrück, imbriqué et coupé par deux grandes fractures. Les deux écailles principales de ce jambage se retrouvent au Rinderberg, où apparaît une série de Trias, de Brèche, de Malm, de Couches rouges et de Flysch et à l'Amselgrat, où on peut voir une série de Trias, Dogger à *Mytilus*, Malm, Couches rouges, Flysch. M. Rothpletz ne peut admettre ni l'existence d'une charnière frontale de la Brèche au Rinderberg, ni le caractère de klippe des gisements de roches ophitiques pointant au milieu du Flysch. Pour lui la Brèche du Rinderberg doit se raccorder sous le Flysch des Saanenmöser avec celle du Fluhwald; les roches ophitiques représentent des filons traversant le Flysch.

M. Rothpletz passe ensuite à la description d'un profil dirigé du Laitmaire par le Rocher plat et le Col de Videman, vers la Gummfluh et le Gummburg. Dans la chaîne du Laitmaire il voit les deux mêmes écailles jurassiques du jambage septentrional du synclinal du Simmenthal qu'il avait constatées déjà au Kienhorn et au Klushorn, mais doit pour cela attribuer au Malm la paroi inférieure du Laitmaire qui a été reconnue comme triasique. A la base du Dogger à *Mytilus* de son écaille supérieure il place un niveau de Brèche de la Hornfluh et il admet que cette Brèche se continue en synclinal par dessous le Flysch de la vallée de la Sarine avec la Brèche qui forme, sur le flanc NW de la chaîne du Rubly, la Tête de Cananéen. Il montre que la Brèche de la Tête de Cananéen chevauche sur les Couches rouges et le Malm du Rubli, comme celle du Spitzhorn chevauche sur les Couches rouges et le Malm du Niederhorn. La réapparition de la Brèche le long du pied SE de la chaîne du Rubli lui paraît

être due à une grande faille, le long de laquelle toute la région SE s'est affaissée et suivant laquelle l'écaille inférieure a dû disparaître en profondeur, tandis que l'écaille supérieure a été épargnée par l'érosion. Une autre faille, dirigée à peu près ESE-WNW et passant un peu au S du Col de Videman, a provoqué une nouvelle chute de la partie S et a favorisé la conservation des gros amas de brèche qui s'appuient contre le pied N de la Gummfluh. Quant à cette dernière chaîne, elle appartient toujours, dans l'idée de M. Rothpletz, à l'écaille inférieure du jambage S du synclinal du Simmenthal-Hundsrück et ses formations secondaires, prolongement de celles de l'Amselgrat, chevauchent comme elles sur le Flysch de la zone du Niesen.

Parlant des Préalpes internes dans la région de la Lenk, qu'il a parcourues avec M. Bayley-Willis, M. Rothpletz commence par simplifier beaucoup la question de la stratigraphie de ce territoire en attribuant pêle-mêle au Flysch des grès et des schistes du Lias, des calcaires gréseux du Dogger, des marno-calcaires supra-crétaciques, etc. Après quoi il interprète la tectonique de ce tronçon des Préalpes internes comme suit :

1° Le Flysch du Niesen, plongeant en général au NW sous la masse chevauchante des Spiegelerten-Amselfluh, s'appuie au SE sur une nappe formée essentiellement de gypse et de cornieules triasiques, qui passe [au Hahnenmoos ; celle-ci doit traverser la vallée de la Simme un peu en amont de Matten et remonter de là au SW jusqu'au Tauben ;

2° Sous ce Trias se développe une seconde zone de Flysch, qui s'appuie aussi sur une série incomplète de Trias et de Malm et qui affleure entre le Hahnenmoos et le Metschhorn, traverse la Simme entre Matten et la Lenk et forme plus au SW le Mülkerblatt et les Stüblenen. Le Trias de cette série affleure au Metschhorn où il supporte du Malm (qui par parenthèse est du Crétacique supérieur) ; on le retrouve accompagné aussi de Malm le long du chemin qui conduit de la Lenk à Metsch. En l'honneur de son compagnon de course l'auteur appelle Willis-Decke cette succession de Flysch qui s'enfonce au NW sous la Niesen-Decke ;

3° Cette Willis-Decke repose du côté du SE sur une troisième nappe ou écaille, la Obere Laubhornschuppe. La base de cette écaille serait marquée par le Dogger et le Malm du Regenbolshorn et la paroi de Dogger qui domine Oberried ; elle se retrouverait à l'W de la Simme dans le versant droit

de la vallée du Kindbach. Des lambeaux de Dogger et de Malm appartenant à cette même nappe se retrouveraient en outre plus au S, au Pommerngrat, à l'Ammerten Alp et surtout à l'Ober Laubhorn ;

4° Enfin une écaille inférieure, la Untere Laubhorn Schuppe, se moulerait sur le Flysch et le Nummulitique haut-alpin de la Lenk et d'Oberried. Formée, comme les trois autres écailles, surtout de Flysch, elle comprendrait les affleurements de Malm du Simmenfall et de l'Unter Laubhorn et s'enfoncerait finalement au SE sous le jambage renversé du pli couché haut-alpin du Rawyl.

A propos de cette nappe inférieure du Laubhorn, M. Rothpletz montre que les calcaires suprajurassiques qui affleurent vers le Ritzberg, en superposition sur le Nummulitique haut-alpin, devaient se continuer par dessus la charnière du pli du Rawyl et se raccorder avec le Malm qu'on trouve sous forme de lambeaux chevauchants au-dessus du Laufboden. Il montre d'autre part que ces mêmes calcaires se suivent longitudinalement depuis l'Iffighorn, par le Ritzberg et le Unter Laubhorn jusqu'à l'Ammerten Alp, mais que sur ce parcours ils sont affectés par un ensellement transversal très accusé dont l'axe suit à peu près les gorges de la Simme.

M. Rothpletz parle aussi du versant S de la chaîne du Wildstrubel et des lambeaux de Jurassique supérieur qui recouvrent les formations à faciès helvétique du Wildhorn au Sex Rouge, au Rawylhorn, au Laufbodenhorn, au Mont Tubang, etc. Il envisage ces formations chevauchantes comme les restes d'une nappe supérieure à celles du Wildhorn, inférieure à celle des Préalpes internes, qui se prolongerait vers l'E dans la chaîne du Lohner et la nappe du Kienthal et comprendrait donc des sédiments à faciès helvétique. Pour expliquer que le Lohner n'est pas le prolongement de l'Ammertengrat, l'auteur est obligé de supposer deux plans de chevauchement se coupant suivant un angle aigu, dont l'un ramènerait par un mouvement S-N la nappe du Wildstrubel sur le pli du Wildhorn jusque près de Sion, dont l'autre, beaucoup plus incliné, déterminerait la superposition des formations haut-alpines du Wildhorn sur celles de la zone des Cols.

Après avoir examiné ces coupes locales, M. Rothpletz décrit, à sa manière, un profil d'ensemble s'étendant du Gurnigel à Sion. Il commence par montrer la nature imbriquée de la région interne des Préalpes entre la zone des Gastlosen et

celle du Wildhorn; puis il suppose l'existence, dans les Préalpes et les Hautes Alpes calcaires, de cinq failles longitudinales principales, dont le plan est incliné au S et dont la lèvre méridionale chevauche sur la lèvre septentrionale; ces failles se trouvent : 1° au contact de la Molasse et des Préalpes externes; 2° au contact des Préalpes externes et médianes; 3° entre la zone du Stockhorn et celle des Gastlosen; 4° au contact des Préalpes internes et des Hautes Alpes; 5° au contact des plis helvétiques et des Schistes lustrés. Le jeu de ces failles n'a dû réduire la largeur du territoire préalpin et haut-alpin que de 8 km. soit de 14 0/0.

Les Préalpes comportent en outre six plans de chevauchements inclinés du S au N et qui séparent entre elles les nappes du Laubhorn, inférieure et supérieure, la nappe de Willis, celle du Niesen, celle des Spielgarten, et celle de la Hornfluh. Enfin, les Préalpes médianes d'une part, les Hautes Alpes calcaires de l'autre, ont subi d'énergiques plissements. D'après l'auteur, ces diverses dislocations ont dû se succéder comme suit : 1° plissement des chaînes externes des Préalpes (Gantrisch-Stockhorn); 2° formation des nappes de la Hornfluh, des Spielgarten, et des Préalpes internes; 3° plissement des Hautes Alpes calcaires; 4° formation des failles obliques inclinées du N au S.

Quant à l'origine des nappes préalpines, M. Rothpletz cherche à persuader son lecteur qu'elle ne peut être que septentrionale et qu'aucun argument irréfutable ne peut servir de base à la notion de mouvements dirigés du S au N. Il ne peut d'autre part envisager la marche de ces nappes comme s'étant effectuée par le développement progressif de plis couchés et admet que le recouvrement des Préalpes a pris d'abord la forme d'un chevauchement unique suivant un plan de fracture très oblique, et qu'ensuite seulement la masse chevauchante s'est imbriquée en plusieurs écailles à cause des résistances qui se sont opposées à son mouvement.

Après cet exposé de ses observations personnelles, M. Rothpletz cherche la confirmation de ses idées dans un examen de la tectonique générale des Préalpes et des Hautes Alpes calcaires. Se basant essentiellement sur la carte géologique au 1 : 100 000 et sur quelques publications plus récentes, il montre la continuité, d'un bout à l'autre des Préalpes suisses, des plans de chevauchement qui séparent entre eux la Molasse, la zone de Flysch du Gurnigel et de la Berra, le faisceau de plis mésozoïques de la zone Stockhorn-Molésou et la chaîne chevauchante Tour-d'Aï-Gastlosen. Puis il voit un plan de

chevauchement continu, se prolongeant depuis le Pommerngrat jusqu'aux Rochers du Vent, suivant lequel les terrains haut-alpins ont été refoulés au N sur les nappes préalpines, et il explique la cessation brusque de ce chevauchement vers l'W par l'intervention d'une grande faille verticale dirigée d'abord de l'W à l'E, des Rochers du Vent à Derborence, puis coudée au S suivant le cours de la Liserne. Cette fracture marquant une descente d'environ 1000 m. du massif du Muveran relativement à celui des Diablerets explique, d'après l'auteur, en même temps le niveau élevé du Trias au pied de la paroi du Mont Gond relativement à la série du Muveran-Haut de Cry; il n'y a ainsi aucune raison de supposer au Muveran et aux Diablerets deux nappes superposées, comme l'a fait M. Lugeon. La lame de Néocomien à Céphalopodes, qui s'insinue sous les Rochers du Vent et les Diablerets, a dû être amenée par une poussée N-S dans sa position actuelle, avant la formation des plis haut-alpins et avant le chevauchement des Hautes Alpes vers le N.

Après avoir suivi longitudinalement de l'Aar au Rhône les diverses zones préalpines de la Hornfluh, des Spielgarten, du Niesen et des Cols, M. Rothpletz revient encore à la région des Hautes Alpes vaudoises, dans laquelle il admet une complète indépendance du chevauchement frontal et des plis. Ceux-ci, peu nombreux dans la région du Wildstrubel, se multiplient vers le S-W par l'apparition successive d'anticlinaux plus externes; en même temps ils s'élèvent, se couchent d'avantage et s'incurvent de façon à prendre finalement à la Dent de Morcles une direction N-S. Ainsi, le Wildhorn, les Diablerets, le Muveran et la Dent de Morcles appartiennent à un même faisceau de pli, dont la continuité est rompue, il est vrai, par des failles, en particulier par celle des Rochers du Vent, Derborence, vallée de la Liserne. Sur ce faisceau s'appuie la nappe du Wildstrubel, dont le plan de chevauchement passe à la Gemmi et à Kandersteg et à laquelle paraissent appartenir le Lohner, le Schilthorn, etc....

En résumé, l'étude des cartes a confirmé M. Rothpletz dans son opinion que les Alpes et les Préalpes occidentales de la Suisse ont été affectées, d'une part, par des chevauchements dirigés les uns au N, les autres au S, d'autre part par des plissements, qui ont en partie précédé les chevauchements N-S, qui se sont en partie intercalés entre ceux-ci et les chevauchements S-N.

Etendant ses investigations entre Arve et Rhône, notre confrère de Munich suit le chevauchement de la zone du

Gurnigel par le versant N des Voirons jusqu'aux collines du Faucigny, le chevauchement de la zone Stockhorn-Moléson par le pied du Grammont et par les Brasses jusqu'au Môle, le chevauchement des Gastlosen-Tour d'Aï par Vionnaz, Ville du Nant, la Pointe de Chalune et la Pointe d'Orchez ; il montre l'analogie qui existe entre la région de la Brèche du Chablais et du Val d'Illiez et celle de la Brèche de la Hornfluh et des Préalpes internes suisses. Quant au chevauchement des chaînes Wildstrubel-Diablerets, il est caché en profondeur depuis les Rochers du Vent par la grande faille supposée entre les massifs du Muveran et des Diablerets, faille qui doit se continuer par le Val d'Illiez et le Col de Coux ; mais il reparait à la surface entre le Col de Golèze et Samoens. Trompé par les cartes géologiques, M. Rothpletz croit pouvoir admettre l'existence, dans les Préalpes de Savoie, d'une part de la Molasse aux Voirons, d'autre part, du Crétacique à faciès helvétique dans les environs de Bonneville, et il en conclut que les caractères stratigraphiques d'une zone sont indépendants des relations tectoniques de celle-ci.

Cette dernière considération a permis à l'auteur de poursuivre les grandes lignes de dislocation des Préalpes au delà de l'Aar et jusqu'au Rhin. C'est ainsi que, d'après lui, le chevauchement de la zone du Gurnigel se continuerait à travers la zone de Molasse subalpine aux couches redressées, ramenant l'Aquitainien sur des couches plus récentes, et passerait par Thun, le pied N du Rigi et du Rossberg, la région du Ricken et Altstädten dans la vallée du Rhin ; c'est ainsi que le chevauchement de la zone du Stockhorn se continuerait suivant la limite du Plateau molassique et des chaînes calcaires externes, ramenant le Flysch sur la Molasse ; c'est ainsi que le chevauchement des Gastlosen se continuerait entre le Flysch et le Crétacique inférieur par le versant N du Sigriswilergrat, du Hohgant, du Pilate, de la Rigi-Hochfluh, de la chaîne des Aubrig, du Mattstock et du Säntis, et se confondrait finalement avec le chevauchement précédent entre Thur et Rhin. Quant à la fracture qui est supposée limiter au N les Alpes calcaires vaudoises et bernoises, M. Rothpletz la suit par l'Engstligenthal, le pied N de la Standfluh, la vallée de Habkern, Giswyl ; il la suppose ensuite passant entre le Buochserhorn et le Stanserhorn, puis par le versant S de la Rigi-Hochfluh, Iberg, la Friedlispitz, Urnen, puis entre le Durchschlägiberg et le Mattstock et entre le Stock et le Gulmen, puis le long du versant N du Häderenberg et enfin

à travers le faisceau du Säntis, pour aboutir près d'Oberried dans la vallée du Rhin.

Du reste, dans l'esprit de l'auteur, ces plans de dislocation se sont développés après la mise en place des nappes et tout à fait indépendamment de celles-ci, dont ils ne marquent par conséquent pas les limites. Le système de ces nappes, déterminé par une poussée dirigée du NNE au SSW, peut être défini comme suit :

1° Les régions préalpines, déjà plissées dans leur partie septentrionale, se sont détachées suivant un plan peu incliné de leur soubassement et ont été refoulées vers le S. Par ce déplacement elles se sont heurtées contre les plis haut-alpins déjà formés, et la résistance exercée par ces derniers a été la cause de l'imbrication répétée qui caractérise les Préalpes internes.

Cette nappe préalpine s'étendait primitivement vers l'E jusqu'à Iberg et les Klippes n'en sont que des restes isolés par l'érosion.

2° Le chevauchement de la nappe préalpine a eu comme effet de détacher de la bordure septentrionale de la zone à faciès helvétique sous-jacente, à la façon d'une gigantesque lame de charriage, les formations jurassiques et crétaciques qui constituent les lambeaux de recouvrement du Rawyl et du Wildstrubel, puis la chaîne du Lohner, la nappe du Kienthal et finalement toute la région comprise entre la zone éocène de Mürren, des Scheidegg, du Jochpass, d'Altdorf et de Linthal d'une part, la zone Sigriswilergrat-Pilate Rigi Hochfluh d'autre part.

La nappe du Wildstrubel se prolongerait ainsi dans la nappe d'Uri de M. Rothpletz et cette énorme masse chevauchante aurait été refoulée sous la nappe des Préalpes et des Klippes par-dessus les plis helvétiques.

3° Vers l'E, la tectonique se compliquerait d'abord par l'apparition d'une nappe helvétique supérieure entre la nappe d'Uri et celle des Préalpes et des Klippes ; ce serait la nappe de Schwytz, qui ne subsisterait qu'entre Reuss et Linth et comprendrait l'ensemble des chaînes comprises entre la zone de la Molasse subalpine et le synclinal de Flysch de Sisikon-Pragel-Klœnthal. Une seconde complication résulterait de l'apparition de la nappe glaronnaise, à laquelle appartiennent le Säntis, les Churfirten et les chaînes comprises entre la vallée de Wallenstadt et la Linth, et qui, mise en mouvement par une poussée dirigée de l'E à l'W, se serait insinuée sous

la nappe d'Uri. La rencontre de ces deux masses chevauchantes animées de mouvements différents aurait provoqué la formation des complications bien connues des environs de Glaris.

3<sup>o</sup> Après la mise en place de ces nappes et même après une longue période d'érosion qui coïnciderait avec la sédimentation des Nagelfluh miocènes, ce système de nappes empilées aurait été finalement affecté par les grandes fractures longitudinales au plan incliné vers le S du Gurnigel, du Gantrisch-Moléson, des Gastlosen, de la bordure du Wildstrubel. Ces fractures, ayant déterminé chacune le chevauchement de leur lèvre S sur leur lèvre N, auraient pris l'apparence de limites entre différentes nappes et joueraient encore actuellement un rôle prépondérant dans la topographie et l'hydrographie.

Ajoutons pour finir que la publication de M. Rothpletz comprend cinq planches de profils, une carte des environs de la Lenk, à grande échelle, et une carte d'ensemble des Alpes suisses.

La publication de M. Rothpletz a provoqué de la part de M. CH. SARASIN une réplique (84) qui ne s'attache pas tant à réfuter les idées générales du savant géologue bavarois sur l'origine de la tectonique préalpine, qu'à rectifier un certain nombre de points de détail concernant spécialement la **haute vallée de la Simme**, que M. Rothpletz a imprudemment établis après une exploration trop sommaire.

L'auteur montre que parmi les formations schisteuses ou gréseuses attribuées par M. Rothpletz au Flysch des Préalpes internes il y a des calcaires gréseux à zoophycos et à grandes bélemnites du Dogger, des schistes noirs toarciens et des grès du Lias moyen. Il montre également que M. Rothpletz a confondu avec le Malm des calcaires supracrétaciques à Globigerines et à *Pulvinula tricarinata*, qui avaient déjà été très justement reconnus comme tels par Ischer et qui affleurent à l'E du Hahnenmoos. Enfin M. Sarasin attire l'attention sur l'interprétation tout à fait erronée proposée par M. Rothpletz pour la série sédimentaire de la voûte de l'Iffigenfall, dans laquelle notre confrère de Munich veut voir du Flysch surmonté tectoniquement par du Malm, tandis qu'il y a en réalité de l'Hauterivien recouvert normalement par de l'Urgonien et du Nummulitique.

Passant ensuite au caractère tectonique de ce tronçon de la zone des Cols, M. Sarasin expose pourquoi la notion des

quatre écaillés successivement superposées et s'enfonçant uniformément au NW, formées chacune de Trias, de couches jurassiques très incomplètes et de Flysch en série normale, qui a été proposée par M. Rothpletz, n'est pas admissible dans la forme que lui a donnée cet auteur. Il y a bien dans la région du Hahnenmoos des plis imbriqués et laminés, mais leur allure est tout à fait différente de celle qu'a supposée M. Rothpletz.

Continuant vers l'E l'étude faite par MM. C. Sarasin et L. Collet de la **zone des Cols** entre la Lenk et Adelboden, M. ED. BERNET (59) a publié la carte géologique au 1 : 50 000 de la vallée d'Engstligen en aval d'Adelboden et du versant N de la chaîne du Lohner avec une description très complète de la région.

Dans une première partie de son travail, l'auteur décrit successivement les terrains haut-alpins et préalpins qu'il a rencontrés dans son champ d'étude. A propos des premiers il s'arrête surtout aux formations tertiaires qui, recouvrant directement l'Urgonien, se subdivisent comme suit :

1° Grès quartzeux à ciment calcaire qui contient des Nummulites, des Orthophragmina et d'autres Foraminifères ;

2° Une lumachelle à *Orthophragmina radians* et *O. stellata* ;

3° Un calcaire gris-bleu pétri de *Lithothamnium nummuliticum* Gumb., qui renferme des Orthophragmina (*O. Marthæ* Schlumb.), des Textilaria, des Triloculina, des Quinqueloculina et des Bryozoaires ;

4° Des schistes marneux jaunâtres à Globigerines et Pulvinales ;

5° Un complexe de schistes, de grès polygéniques et de conglomérats qui représente le Wildflysch.

Les niveaux 1, 2 et 3 correspondent au Lutétien et au Bartonien, les niveaux 4 et 5 au Tongrien.

La série préalpine qu'on rencontre dans cette partie de la zone des Cols est formée en grande partie par du Trias et surtout par du Jurassique supérieur. L'auteur y a reconnu les termes suivants :

1° Le **Trias**, trop disloqué pour qu'on puisse en faire une coupe exacte, comprend d'une part des calcaires dolomitiques plus ou moins métamorphisés et passant par places à des cornieules, en second lieu des argilites rouges et vertes, en troisième lieu du gypse en amas lenticulaires ;

2° On doit faire rentrer dans le **Lias** les formations suivantes :

a) Un calcaire noir bien lité contenant de nombreux spicules de spongiaires qui surmonte directement le Trias et semble correspondre au Rhétien ;

b) Des grès quartzeux et micacés, tantôt fins, tantôt grossiers, qui sont associés à des calcaires foncés échinodermiques et à des calcaires lumachelliques à *Gryphea arcuata* (Sinémurien-Liasien) ;

c) Schistes argileux noirs, micacés, du Toarcien.

Le **Dogger** n'existe que sur le versant NW de la vallée et dans la Cholerenschlucht sous forme de calcaires gréseux, plus ou moins schisteux, semblables au Dogger à zoophycos.

Le **Malm** débute par une épaisse série formée de calcaires marneux, de schistes marneux et de schistes argileux, dans laquelle on récolte d'assez nombreux fossiles, entre autres : *Rhacoph. tortisulcatus*, *Rh. Kobyi*, *Oppelia trimarginata*, *Opp. Richei*, *Perisph. bernensis*, *Perisph. Tiziani*, *Bel. hastatus*, *Bel. Fleuriausius*. Ces couches correspondent au Callovien et à l'Oxfordien.

Au-dessus vient le Malm proprement dit formé par une série calcaire compacte ; l'auteur y distingue : a) des calcaires lités clairs à silex ; b) des calcaires siliceux très bien lités ; c) des calcaires en gros bancs avec une stratification indistincte, qui constituent la masse principale des parois de Malm.

Quant au **Crétacique**, il n'est représenté que par des lambeaux de calcaires marneux à Globigerines et à *Pulvinula tricarinata* qui se rattachent au faciès des Couches rouges.

Dans la partie inférieure des pentes de la chaîne du Niesen M. Bernet a distingué de bas en haut un épais complexe de grès polygéniques, de brèches à éléments cristallins et de schistes à Fucoïdes, puis une zone de schistes ardoisiers, qu'il attribue tous deux provisoirement au Flysch, tout en reconnaissant la possibilité d'autres interprétations.

Les formations pleïstocènes sont très développées dans la vallée d'Engstligen, soit sous forme de moraines, soit sous forme d'éboulis et d'éboulements. Les dépôts morainiques s'élèvent jusqu'au-dessus de 1500 m., mais ils contribuent surtout à former sur les deux versants de la vallée deux terrasses dont le niveau s'abaisse de 1400 m. aux environs d'Adelboden à 1300 m. aux environs de Reinisch et qui représentent évidemment les moraines latérales du glacier d'Engstligen pendant le stade de Gschnitz. Des moraines locales

existent en outre à Laeli et sur d'autres points de la chaîne du Lohner. Enfin un beau cirque morainique, datant du retrait du stade de Gschnitz, ferme la vallée entre Adelboden et Boden.

Dans la partie tectonique de son travail M. Bernet décrit successivement une série de coupes orientées transversalement à la vallée d'Engstligen, en commençant par un profil dirigé d'Adelboden au Mittaghorn. A propos de ce profil il montre comment le versant NW de la vallée est formé, au-dessous du Flysch du Niesen, d'abord d'une épaisse écaille de Trias, puis d'une série normale s'étendant du Lias au Malm, le tout plongeant au NW sous le Flysch. Sur l'autre versant le Jurassique supérieur dessine deux têtes d'anticlinaux enfoncées au SE dans le Nummulitique et le Flysch haut-alpin.

Un peu plus au NE, soit dans la région comprise entre Adelboden et le Tschentenbach d'une part, dans les pentes descendant du Nünihorn et de la Bonderspitz de l'autre, on retrouve une coupe tout à fait conforme. Séparée du Flysch du Niesen par une zone discontinue de Trias, une série normale d'Oxfordien et de Malm forme le versant gauche de la vallée, tandis que, sur le versant droit, on peut voir ces mêmes couches suprajurassiques recouvrir, en plongeant toujours au NW, du Dogger, du Lias, du Rhétien et du Trias très réduits en épaisseur. Vers le S, à partir de Losegg, l'Oxfordien forme à lui seul toute la surface et s'incurve de façon à s'enfoncer au SE dans le Nummulitique haut-alpin; la large zone qu'il forme est divisée en deux par une zone effilée de Malm, qui suffit à prouver la persistance au pied de la Bonderspitz des deux têtes de pli ou plus exactement des deux digitations anticlinales constatées plus au SW.

Plus au NE encore une coupe particulièrement intéressante se suit par la Cholerenschlucht et le haut du Pochtenkessel jusqu'au Metschhorn. Dans la Cholerenschlucht la série normale de Jurassique qui prolonge celle d'Adelboden est compliquée par une imbrication, qui donne lieu à trois lames de Malm alternant avec les schistes oxfordiens et à une véritable zone de broyage de Malm d'Oxfordien et de Dogger. Cette série, dont la base paraît être suivant les points tantôt en Oxfordien; tantôt en Dogger, tantôt en Lias, chevauche sur du Nummulitique et de l'Urgonien intensément laminés et métamorphisés, qui affleurent à l'W du Pochtenkessel en plongeant fortement au NW et qui s'appuient sur les calcaires gréseux de l'Hauterivien. Sur le versant droit de la vallée, le Crétacique haut-alpin disparaît bientôt sous les moraines

d'Inner Achseten, mais on peut le suivre vers le NE jusqu'à l'Elsigbach et à la Schnittenfluh et on peut facilement se convaincre qu'il est recouvert directement, ou avec une intercalation de Nummulitique, par l'Oxfordien et le Malm préalpins. L'Oxfordien, en effet, affleure tout le long du Marschgraben et jusqu'au sommet du Metschhorn et sa surface est jonchée de débris de Malm. Au Metschhorn l'Oxfordien et le Malm forment quatre têtes de plis imbriqués et empilés qui s'enfoncent ici encore dans le Nummulitique et le Wildflysch de l'Allmengrat. Les formations préalpines reposent donc entièrement sur les terrains haut-alpins, dont la partie supérieure a été énergiquement rabotée jusqu'à la suppression par places du Nummulitique et même de l'Urgonien. En somme la principale différence entre ce profil et les précédents réside dans une élévation rapide du socle haut-alpin dans la direction du NE.

Le Jurassique supérieur de la Cholerenschlucht se retrouve de part et d'autre de l'Engstligenbach aux abords du Pont de Steg, où l'Oxfordien et le Malm sont encore repliés en au moins deux plis imbriqués. Ici le Jurassique supérieur paraît chevaucher directement sur l'Hauterivien, le Dogger, le Lias et le Trias préalpins, ainsi que le Nummulitique et l'Urgonien haut-alpins ayant été localement supprimés par laminage.

Sur le versant SE de la vallée le ravin du Lochbach et l'arête qui sépare les chalets d'Elsigen de ceux d'Eggen se prêtent remarquablement bien à l'étude du contact entre les terrains préalpins et leur soubassement haut-alpin. Le ravin du Lochbach, au-dessus de la vieille route d'Adelboden, est creusé dans les schistes oxfordiens, sous lesquels pointent sur deux points des paquets de Trias et sur un point du Lias. Mais de là les couches se relèvent rapidement vers le NE, si bien que sur l'arête qui domine la Schnittenfluh apparaissent le Wildflysch et les schistes tongriens à Globigerines sous-jacents. Au SE d'Elsigen, entre les chalets et le Metschhorn, l'arête permet même de constater un enchevêtrement d'Oxfordien et de Wildflysch, le premier pénétrant en quatre coins aigus dans le second.

Grâce au relèvement des plis haut-alpins vers le NE on ne trouve plus trace de formations préalpines dans la région de l'Elsighorn, du Hohwang et du First. Cette partie de la chaîne est formée exclusivement par un grand pli couché de Néocomien, d'Urgonien et de Nummulitique, dont le jambage renversé affleure dans le bas du versant gauche de la vallée de la Kander entre Reinisch et Mittholz. Le dos de ce pli,

qui constitue l'Elsighorn, est digité par un synclinal assez accusé passant au Kirchhorn ; il se termine au S dans un profond synclinal déjeté qui s'enfonce au SE sous le jambage renversé du pli du Lohner, dans le soubassement du Hohwang. Malgré son importance ce synclinal, dans lequel est creusé le ravin de Collitschen, ne peut nullement prendre la valeur d'une limite entre deux nappes distinctes ; les plis de l'Elsighorn et du Lohner sont deux digitations d'une même nappe.

Comparant les deux versants de la vallée de la Kander, M. Bernet montre clairement que le pli frontal de l'Elsighorn, se continue dans celui du Gerihorn, que le petit anticlinal déjeté du Stand au S du Kirchhorn se prolonge à l'E de la Kander, dans la lame urgonienne d'Ober Giesenen, qui chevauche sur un synclinal nummulitique et que finalement le pli du Lohner est le même que celui de l'Aermighorn. Le synclinal tertiaire du Farnithal, dans lequel sont encore pincés des débris de Trias et de Jurassique préalpins se trouve ainsi être exactement la continuation de la zone du Metschhorn où le Jurassique préalpin s'enfonce aussi dans le Nummulitique des Hautes Alpes.

Cette interprétation, qui envisage les plis de l'Elsighorn-Gerihorn et du Lohner-Aermighorn comme deux simples digitations d'une même nappe, s'écarte notablement de celle proposée par M. Trösch et diffère surtout, d'une façon fondamentale, de celle qu'a mise en avant M. Douvillé. Mais M. Bernet se croit en droit d'affirmer que c'est arbitrairement que notre confrère français a séparé son système H et son système BG et qu'en tous cas les terrains préalpins, nappe K de M. Douvillé, sont partout superposés au système BG.

Dans son chapitre final, l'auteur fait ressortir les faits suivants :

1° La région de la zone des Cols comprise entre la Kander et la Simme correspond à un profond ensellement transversal des plis frontaux haut-alpins.

2° Les formations préalpines sont en recouvrement général et sur une grande largeur sur les plis haut-alpins.

3° Les termes les plus anciens de ces formations sont surtout accumulés dans la partie la plus profonde de l'ensellement transversal.

4° Les formations préalpines devaient déjà recouvrir les terrains haut-alpins avant les derniers plissements qui ont affecté ceux-ci.

Enfin, tout en reconnaissant que son étude n'a apporté aucun argument absolu en faveur de l'une ou de l'autre des interprétations tectoniques des Préalpes, M. Bernet se rallie à la notion des nappes de charriage développée par MM. Schardt et Lugeon; il accepte du reste, comme probable, l'amendement apporté récemment à cette théorie par MM. Sarasin et Collet, qui consiste à voir dans la zone des Cols une nappe préalpine rebroussée au S et comme enroulée autour de la zone du Niesen, celle-ci représentant une tête de pli plongeant au N, formée par la couverture tertiaire de la nappe haut-alpine supérieure.

MM. C. Sarasin et L.-W. Collet ayant proposé pour la tectonique de la **zone des Cols** une nouvelle interprétation (voir Revue pour 1907) qui consisterait à considérer les formations mésozoïques de cette zone comme appartenant à une nappe rebroussée sous la zone de Flysch du Niesen, et à envisager ce Flysch comme formant un pli plongeant décollé du front crétacique et nummulitique du pli du Wildhorn, M. M. LUGEON (77) s'oppose à cette manière de voir, en alléguant d'abord que l'âge d'une partie du Flysch du Niesen doit être mésozoïque, ensuite que la notion proposée par MM. Sarasin et Collet est contraire à celle de l'emboîtement des charnières, qui doit rester à la base de la tectonique du pays de nappes.

MM. C. SARASIN et L.-W. COLLET (86) ont brièvement réfuté cette critique, en insistant en particulier sur le fait que des écaillés à fossiles mésozoïques peuvent fort bien être emboîtées tectoniquement dans la zone du Niesen, sans que la masse principale de ce Flysch cesse pour cela d'être, dans son ensemble, plus jeune que le Nummulitique haut-alpin. Mais M. M. LUGEON (78), ne pouvant admettre que les couches à Bélemnites de la zone du Flysch du Niesen soient des écaillés ou des lames de charriage, maintient son opinion qu'une partie de la série du Niesen doit être crétacique et que cette série ne peut par conséquent pas appartenir à la couverture de la nappe du Wildhorn.

J'ai signalé plus haut le fait que M. Buxtorf et M. Schmidt considèrent les affleurements de calcaires marneux et schisteux englobés dans le Flysch aux environs de Leimern (zone de Habkern) comme des lambeaux de Couches rouges et de Crétacique inférieur préalpin, enfoncés de haut en bas dans leur soubassement tertiaire. M. P. BECK (58) a soumis à un

nouvel examen cette question des **schistes de Leimern**. Il a observé des affleurements tout semblables à ceux de Leimern suivant trois zones parallèles.

La première de ces zones correspond à la bande de Flysch écrasée entre le Crétacique chevauchant des Ralligstöcke et la Molasse; des calcaires identiques à ceux de Leimern y pointent à différents endroits au milieu du Flysch, souvent à proximité de Klippes triasiques ou jurassiques.

Les schistes de Leimern se trouvent, en second lieu, le long de la grande faille longitudinale, qui suit d'abord le versant SE du Beatenberg, pour se continuer ensuite jusqu'au Hohgant. Le principal affleurement de cette zone est celui des environs de Leimern; un autre se trouve un peu plus au NE.

Enfin, on peut voir d'importants affleurements des mêmes calcaires marneux le long de la vallée inférieure du Lombach.

M. Beck n'hésite pas à considérer cet ensemble de couches de Leimern comme appartenant au Crétacique et correspondant aux Couches rouges des Préalpes. Ces Klippes sont pour lui en relation intime avec la présence dans le Flysch englobant de blocs granitiques exotiques.

Quant à l'origine de ces blocs exotiques, M. Beck montre l'imperfection de l'hypothèse qui fait intervenir un transport par des glaces flottantes; il remarque que, d'après les relations étroites qui existent entre les brèches du Flysch et les couches de Leimern dans la région de Habkern, on doit considérer comme très probable que ce Flysch appartient, comme les Couches rouges, aux nappes préalpines, d'autant plus que ces brèches sont souvent en contact discordant avec le Flysch incontestablement helvétique. Il y a du reste certainement deux catégories de dépôts du Flysch à blocs exotiques, l'une comprend les brèches des nappes préalpines inférieures, l'autre celles des nappes helvétiques que M. Arn. Heim a rencontrées dans diverses régions de la Suisse orientale.

A propos du rapport rédigé par MM. Schmidt, Buxtorf, Preiswerk j'ai cité, plus haut, quelques observations nouvelles faites dans les Klippes de Giswil par M. G. Niethammer.

### *Plateau molassique.*

M. H. SCHARDT (112) a consacré une courte notice à la géologie du **Mont Vully**, qui est formé de couches horizontales de molasses langhiennes et burdigaliennes. Délimitée par

l'érosion, cette petite chaîne porte quelques dépôts morainiques, surtout dans la région de Mur, Lugnorre et Joressant. Entre Mur et Motier, on peut voir un dépôt de graviers et de sables s'appuyant au NW contre une falaise molassique, qui semble s'être formé dans un petit lac barré par le glacier du Rhône.

M. F. MÜHLBERG (108) a été chargé de préciser les suites que pourrait avoir un abaissement du niveau du lac de Hallwyl. A ce propos il a décrit le tronçon correspondant de la vallée de l'Aa comme ayant été creusé dans la Molasse d'eau douce supérieure et la Molasse marine, puis tapissé par les moraines de la dernière glaciation. Ce sont en particulier des moraines qui barrent les deux lacs de Baldegg et de Hallwyl.

L'auteur a étudié en détail les cônes de déjection et les talus littoraux formés sous le niveau du lac par les ruissellements affluents, les marais tourbeux qui entourent le lac et les éboulements. Il a tenu compte des venues d'eau et a cherché à prouver que les sources sous-lacustres doivent être peu abondantes, puis il a fait ressortir le fait que l'oscillation maximum du niveau de l'eau a une valeur qui dépasse celle de l'abaissement prévu et que, d'autre part, le niveau a dû être élevé artificiellement à une époque qu'on ne peut préciser.

M. Mühlberg fait remarquer aussi l'évasement de la vallée de l'Aa vers l'amont, dans sa partie supérieure, et les formes peu découpées de ses versants dans cette partie, qui contrastent fortement avec la surface profondément ravinée des pentes existant plus en aval, en dehors des limites d'extension des glaciers de Würm. Pour conclure, il considère un faible abaissement du niveau du lac de Hallwyl comme ne pouvant avoir aucun inconvénient grave, contrairement à d'autres opinions émises antérieurement.

M. J. WEBER (116) continuant l'exploration géologique des environs de Winterthur, a publié, en 1908, la feuille de Turbenthal de l'atlas Siegfried (68), sur laquelle il a indiqué en détail les diverses formations molassiques ou pléistocènes qui forment la surface de ce territoire, et qu'il a complétée par un court commentaire.

La formation la plus ancienne qui affleure dans la région est la Molasse d'eau douce supérieure, dont les couches horizontales sont formées de grès, de conglomérats et de marnes,

au milieu desquels s'intercalent, par places, des bancs de calcaire d'eau douce ou des lits charbonneux.

Les formations quaternaires sont en majeure partie des apports effectués par le glacier Linth-Rhin pendant la dernière glaciation. La moraine de fond prend un grand développement des deux côtés de la vallée de la Töss et, dans la région comprise entre Seen, Eidberg et Kollbrunn, on constate l'existence de deux talus morainiques concentriques de la période de Würm, bordés extérieurement, du côté de Seen, par un beau paysage drumlinique. Vers l'intérieur, M. Weber cite plusieurs talus morainiques, dont le plus important forme la hauteur de Egg à l'W de Turbenthal.

Devant cette moraine de Egg, qui a sans doute été déposée pendant un arrêt du retrait de la dernière glaciation, s'est accumulé un important dépôt d'alluvions, qui repose sur la moraine de fond de Würm, à 100 m. environ au-dessus du niveau de la Töss et qui est morcelé, de nos jours, dans les trois terrasses de Wildberg, de Dettenried et de Langenhard.

Pendant la dernière glaciation, les hauteurs du Schauenberg et du Tüberg n'ont pas été couvertes par le glacier Linth-Rhin et ont marqué la limite entre celui-ci et le bras du glacier du Rhin qui, du lac de Constance, avançait par Wil jusque dans le bassin de la Töss.

Les moraines de Riss, souvent difficiles à distinguer de celles de Würm, paraissent être représentées par les lambeaux de dépôts morainiques qu'on rencontre dans la région du Schauenberg au-dessus de 700 m. et surtout par un beau talus morainique, qui forme la hauteur de Häsler entre Hofstetten et Waltenstein.

Pour finir, M. Weber fournit encore quelques renseignements sur les dépôts post-glaciaires du territoire de sa carte et insiste sur la date très récente à laquelle s'est creusée la vallée actuelle de la Töss.

M. C. REGELMANN (111) a établi une intéressante comparaison entre la séismicité relativement grande des **environs du lac de Constance** et les déformations topographiques qu'a subi ce territoire depuis une époque relativement récente.

Il rappelle dans son écrit que le lac en question se trouve à l'intersection de deux lignes tectoniques très importantes, d'une part la ligne axiale du synclinal molassique, qui passe par Zofingue-Frauenfeld-Constance-Ravensburg, d'autre part la ligne axiale d'un effondrement hercynien que jalonnent les localités de Dornbirn, Ludwigshafen et Stockach.

Les séismes qui affectent cette région se répartissent pour une bonne part suivant l'une ou l'autre de ces deux lignes et ils sont en relation avec des affaissements, qui ont été clairement constatés par les levés topographiques de ces trente ou quarante dernières années. C'est ainsi que dans le territoire de Rheineck, Bregenz et Lindau tous les points cotés se sont affaissés entre les levés de 1869 et ceux de 1895 et qu'une dénivellation constatée dans le port de Bregenz atteint 100 m. Les environs de Constance semblent s'être aussi abaissés d'une façon sensible, la dénivellation survenue depuis 1817 à 1864 pouvant être évaluée à 154 mm., celle survenue de 1864 à 1890 étant égale à 163 mm. et le niveau actuel d'une station lacustre des environs semblant indiquer un affaissement de 3,6 m. Le niveau du lac lui-même paraît avoir été affecté par ces mouvements de descente.

### *Jura.*

M. H. SCHARDT (114) a décrit deux profils à travers le Jura, dans le but spécial de montrer que le plissement de cette chaîne n'a affecté nulle part un terme plus ancien que le groupe de l'anhydrite du Trias moyen. Ces couches, particulièrement plastiques, semblent avoir joué le rôle de lit mobile pour les formations sus-jacentes.

Cette courte notice a paru soit en français, soit en allemand (115).

M. H. SCHARDT (113) a consacré en 1908 un article détaillé à un sujet qu'il avait traité sommairement en 1907, la géologie du **cirque de Saint-Sulpice**.

Ce cirque, creusé dans l'anticlinal Montlési-Montagne des Verrières, montre une curieuse dislocation des couches oxfordiennes et calloviennes, qui ne paraît pas se répercuter dans le Séquanien et le Kimmeridgien. En effet, tandis que vers le SW la voûte paraît être très régulière et que dans l'intérieur du cirque les deux jambages de Séquanien et d'Argovien paraissent devoir encadrer un cœur de pli formé de Callovien et de Bathonien, on voit près de la Linière, au pied des couches calloviennes plongeant au SE du jambage occidental, à l'endroit où devraient se trouver les marnes calloviennes, de l'Argovien fossilifère et indubitable en position horizontale. Il y a donc ici une faille longitudinale suivant laquelle le large sommet de la voûte s'est affaissé relativement au jambage occidental.

M. Schardt signale en second lieu un système de talus morainiques en forme de demi-cercles, qui se développe devant la combe de la Corbière et qui, formé exclusivement de matériaux jurassiens, recouvre de la moraine alpine.

MM. E. BAUMBERGER et A. BUXTORF (105) ont été chargés, en vue du forage du **tunnel Moutiers-Granges**, d'éclaircir quelques points douteux de la géologie des chaînes du Montoz et du Graitery.

Ils ont reconnu que le synclinal du Chaluet est un synclinal normal et simple rempli de Molasse et que les grands affleurements de Malm qui existent sur le versant gauche de la vallée sont dus, non à un chevauchement du cœur du synclinal sur son jambage septentrional, comme l'admet M. ROLLIER, mais à un glissement en masse du Kimmeridgien sur le flanc S du Graitery. Ils admettent donc que la traversée du tunnel sous le Chaluet ne sera pas menacée par d'abondantes venues d'eau. La galerie captera évidemment des eaux souterraines dans les deux traversées de Kimmeridgien-Séquanien des deux jambages du synclinal, mais ces venues d'eau n'ont aucune raison de dépasser en quantité celles qui se sont produites au tunnel du Weissenstein et elles ne provoqueront l'assèchement que des sources voisines de l'axe du tunnel.

MM. Baumberger et Buxtorf fournissent en second lieu plusieurs renseignements utiles sur les formations quaternaires qui couvrent le pied du Jura aux environs de Granges, et donnent trois coupes géologiques à travers le versant S du Grenchenberg, qui montrent le prolongement au-dessus de Granges, sous la forme d'un repli déjeté au S, de l'anticlinal du Stierenberg. Ils attirent l'attention sur les inconvénients que pourrait avoir le forage du tunnel au point de vue de la persistance des sources de Granges.

Ils concluent en conseillant d'ouvrir le portail N du tunnel vers la verrerie de Moutiers au niveau le plus bas possible, et en indiquant comme sans danger le fait de placer le point de rupture de pente du tunnel au N du Chaluet.

M. F. MUHLBERG (109), continuant son exploration détaillée des **chaînes jurassiennes dans le canton d'Argovie**, a terminé en 1908 la carte au 1 : 25 000 des environs d'Aarau et l'a publiée en même temps qu'une brochure la commentant (110).

Cette carte comprend les quatre feuilles 150, 151, 152 et 153 de l'atlas Siegfried ; sa limite septentrionale suit le versant N de la chaîne Geissfluh-Wasserfluh-Homberg-Gisliflüh ;

sa partie méridionale figure la région inférieure des vallées de la Suhr, de la Wina et de l'Aa ; de l'W à l'E son territoire s'étend à peu près de la ligne Olten-Kilchberg à la vallée de l'Aa et à la coupure transversale de la vallée de l'Aar en aval de Wildegg. On peut y voir la chaîne jurassienne de la Gisli-fluh se diviser vers l'W dans la zone anticlinale, chevauchante et imbriquée de la Staffelegg et de la Schafmatt et dans l'anticlinal du Brunnenberg. Au S de cette zone principale de plis s'élèvent encore l'anticlinal du Gugenberg, puis le repli jurassique qui longe l'Aar au S entre Schœnenwerth et Aarau, enfin le chaînon de l'Engelberg qui s'élève au SE d'Olten, mais ne tarde pas à plonger sous le plateau molassique.

Dans la partie stratigraphique de ses commentaires, M. Mühlberg définit comme suit la série des terrains qu'il a rencontrés.

Parmi les **formations postglaciaires** il faut distinguer les alluvionnements récents opérés par les cours d'eau, les cônes de déjection, les tufs, les éboulis et les éboulements ; parmi ces derniers les plus importants se trouvent sur le versant S de la Geissfluh, sur les versants SE et NE de la Wasserfluh, sur le versant N de la Gisliflüh.

Les alluvions de la **Basse terrasse** prennent une grande extension, non seulement dans la vallée même de l'Aar, mais encore dans les vallées de la Suhr, de la Wina et de l'Aa et, d'autre part, en territoire jurassien, dans les vallées d'Erlisbach et de Küttigen. Elles sont formées surtout de galets provenant des Alpes bernoises ou de la Suisse centrale et portent parfois des lambeaux de moraines de Würm. Quelques débris de mammoths y ont été découverts.

Les **moraines de la dernière glaciation** ne prennent la forme de talus morainiques qu'aux environs de Seon, où se développe un bel amphithéâtre avec plusieurs moraines frontales concentriques. Les matériaux de ces dépôts proviennent des chaînes calcaires de la Suisse centrale et du massif du Gotthard.

Le **Loess** est très développé au S d'Aarau ; il est caractérisé par les coquilles de *Succinea oblonga*, *Pupa muscorum*, *Helix arbustorum* et est souvent associé à des couches argileuses.

Les **moraines de la glaciation principale** sont abondamment répandues, en général comme moraines de fond, sur les collines qui séparent la vallée de l'Aar de celle de la Suhr, ainsi que sur le pied du Jura à l'W d'Aarau. On en trouve des lam-

beaux dans l'intérieur du Jura jusqu'à l'altitude de 800 m., en particulier sur le versant S de la Geissfluh, aux environs de Hard, sur le versant S du Homberg et sur le versant N de cette chaîne entre la Staffeleg et Thalheim. A ces moraines s'ajoutent quelques blocs erratiques, dont plusieurs proviennent du Valais. C'est à la même époque qu'il faut attribuer des alluvions, dont le niveau est supérieur à celui des Hautes Terrasses, tandis qu'il est tantôt moins, tantôt plus élevé que celui du Deckenschotter; l'épaisseur de ces dépôts est très variable et dépasse par places 100 m.; leur composition comporte de nombreux éléments rhodaniens.

Les alluvions de la **Haute Terrasse** ont leur base au-dessous des fonds de vallées actuels; leur surface a été intensément érodée avant le dépôt des moraines de la principale glaciation; leurs galets proviennent exclusivement des Alpes de la Suisse centrale.

Le **Deckenschotter** ne se trouve dans le territoire de la carte que dans le Winenthal, où il couronne la hauteur de la Fornegg et une petite sommité située au N.

Les **formations molassiques** se présentent dans l'ensemble du territoire considéré sous deux formes nettement différentes. Dans les environs d'Oltingen, qui appartiennent au Jura tabulaire, on y distingue :

1° Des grès et conglomérats marins, qui contiennent d'une part des galets jurassiens, de l'autre de nombreux éléments quartzeux et des fragments d'huîtres et qui correspondent au Vindobonien. Ces couches n'existent absolument que sur la voûte de Hauptrogenstein de Klapfen au SE d'Oltingen;

2° Un complexe formé de marnes rouges à *Helix moguntina*, de calcaires d'eau douce et de nagelfluhs jurassiennes, dont les profils de détail varient beaucoup d'un point à un autre et qui appartient au Tortonien.

Dans la partie du plateau molassique qui appartient au territoire de la carte se trouve la série classique du pied du Jura avec de bas en haut :

1° Les argiles rouges à pisolithes ferrugineuses du Sidérolithique, qui tantôt couvrent le Malm d'une couche continue, tantôt remplissent simplement des poches dans les calcaires suprajurassiques. Ces dépôts ont fourni d'assez nombreux restes de *Paleotherium* et appartiennent à l'Eocène supérieur;

2° Les marnes et grès tendres de la Molasse aquitaniennne, qui contiennent d'assez nombreux débris de plantes, même des lits charbonneux et en outre des restes de *Rhinoc. minu-*

*tus*, *Paleomerix Scheuchzeri*, *Emys Fleischeri*, avec des coquilles d'*Unio undatus*. Cette formation existe au N de l'Aar, en particulier au Hungerberg au N d'Aarau, et affleure au S de l'Aar depuis Aarau jusqu'à l'Engelberg, dont elle tapisse les deux versants. Il faut remarquer l'absence dans le territoire de la carte du calcaire d'eau douce oligocène, qui existe plus à l'E au Kestenbergl.

3° La molasse marine, qui comprend un niveau inférieur tendre et peu fossilifère, un niveau supérieur de grès en partie durs et coquilliers avec *Scutella paulensis*, *Tapes helvetica*, *Pecten ventilabrum*, *Cardium commune*. Ces grès constituent, au-dessus de la Molasse aquitaniennel, les hauteurs qui séparent entre elles les vallées de la Suhr, de la Wina et de l'Aa; leurs couches s'abaissent longitudinalement du SW au NE.

4° Les conglomérats polygéniques de la Nagelfluh, qui couronnent quelques sommets au S de l'Aar et sont surtout développés entre Teufenthal et Seon.

5° Les grès tendres et les marnes de la Molasse d'eau douce supérieure, qui n'existent guère sur le territoire de la carte qu'à l'W et au S de Seon et qui contiennent, dans leur partie supérieure, des intercalations de calcaire d'eau douce.

M. Mühlberg établit, pour le Jurassique, la classification suivante de haut en bas.

Kimmeridgien.	}	Couches de Wettingen. Calcaires blancs ou jaunâtres, riches en silice, avec <i>Perisph. eudoxus</i> , <i>Per. mutabilis</i> , etc...
		Couches de Baden. Calcaire compact ou grumeleux, glauconieux, avec <i>Opp. tenuilobata</i> , <i>Aspid. acanthicum</i> , etc...
		Couche de Wangen. Calcaires bien stratifiés, clairs, suboolithiques, à <i>Perisph. Achilles</i> , <i>Per. polyplocus</i> , etc...
Séquanien.	}	Couches calcaires, glauconieuses, à <i>Hemicid. crenularis</i> , <i>Stomechinus perlatus</i> , etc...
		Couches du Geissberg. Calcaires en bancs, devenant marneux à la base à <i>Pholadomya paucicosta</i> .
Argovien.	}	Marnes à bancs calcaires d'Effingen avec <i>Per. plicatilis</i> , <i>Thracia pinguis</i> , etc...
		Calcaires à spongiaires de Birmensdorf à <i>Oppelia arolica</i> , <i>Peltoc. transversarium</i> , etc...

- Oxfordien.  
Callovien.** } Complexe peu épais d'oolithes ferrugineuses, dans lequel on peut distinguer un niveau à *Macr. macrocephalus*, un niveau à *Pelt. athleta* et un niveau à *Cardioc. cordatum*.
- Bathonien.** } Calcaire marneux à oolithes ferrugineuses à *Rhynch. varians*, *Oppel. aspidoides*, *Macrocr. Morrissi*, etc...  
Calcaire spathique à *Park. ferruginea* passant à la base à des marnes à *Ostrea acuminata*.
- Bajocien.** } Complexe oolithique du Hauptrogenstein avec deux intercalations marneuses à *Ostrea acuminata*.  
Calcaires marneux à *Sphaer. Blagdeni*.  
Calcaires marneux à oolithes ferrugineuses avec *Steph. Humphriesi*.  
Calcaires spathiques à *Sonninia cf. crassispinata*.  
Calcaires marneux et marnes à *Cancellophycos*.  
Calcaires marneux et marnes à *Cancellophycos* et *Sonninia*.  
Calcaires spathiques à oolithes ferrugineuses avec *Sonninia Sowerbyi*.  
Marnes noires à *Inoceramus secundus*.  
Marnes et marno-calcaires à *Hyperlioceras Desori*.  
Marnes et calcaires à *Ludwigia Murchisonae*.  
Marnes micacées à *Lioceras opalinum*.
- Toarcien.** } Marnes sableuses à *Lyt. jurensis*, *Gram. radians*, etc...  
Schistes feuilletés à Posidonies avec *Lip. commune* et *Harp. serpentinum*.
- Liasien.** } Marnes grises grumeleuses à *Am. margaritatus*, *Der. Davæi*, etc...  
Couches marno-calcaires à nodules phosphatés avec *Dum. Jamesoni*, *Terebr. numismalis*, etc...
- Sinémurien.** } Calcaires sableux avec lits marneux à *Ar. raricostatus*.  
Calcaires spathiques et gréseux à *Ar. bisulcatus*, etc...

**Hettangien.**        { Marnes feuilletées, bitumineuses à *Psiloc.*  
                          }       *planorbe.*

Dans le **Keuper**, M. Mühlberg distingue les trois niveaux classiques de la Lettenkohle représenté par des schistes à *Estheria minuta* et des calcaires dolomitiques à *Myophoria Goldfussi*, du Gyskeuper formé essentiellement par du gypse et des marnes bariolées.

Le niveau le plus ancien du **Muschelkalk** est le groupe de l'anhydrite, puis viennent les marnes salifères et le Muschelkalk proprement dit avec ses deux niveaux dolomitiques séparés par le Hauptmuschelkalk à *Encrinus liliiformis*.

Dans un chapitre tectonique, M. Mühlberg traite successivement du Jura tabulaire, des chaînes jurassiennes et du plateau molassique. Il décrit, à propos de la première région, la voûte du Klapfen formée de Dogger, qui émerge au S d'Oltingen, tandis que vers l'W elle disparaît sous le Trias chevauchant des chaînes jurassiennes.

Le faisceau de plis qui constitue le Jura entre le Hauenstein et la Gisliflüh comprend :

1° L'anticlinal de l'Engelberg, qui s'élève au S de l'Aar et prolonge la chaîne du Born. Il est légèrement déjeté au S et le sommet de sa voûte est coupé par une faille longitudinale.

2° Une voûte peu élevée fait émerger à la surface le Séquanien et le Kimmeridgien entre Schönenwerth et Aarau.

3° L'anticlinal de la Rebenflüh et du Gugenberg est déjeté au N et érodé jusqu'au Keuper ; il se continue probablement dans un repli anticlinal visible sur le versant S du Homberg.

4° L'anticlinal du Brunnenberg, déjeté aussi au N, est ouvert jusqu'au Muschelkalk ; il se confond dans la région de la Staffelegg avec le suivant.

5° L'anticlinal de la Geissflüh-Gisliflüh est un grand pli chevauchant, dont le cœur triasique est compliqué par de nombreux replis et chevauchements secondaires et qui recouvre, sans interposition d'aucun jambage renversé, toute la bordure méridionale du Jura tabulaire. La zone de contact entre ces deux parties du Jura comporte de nombreuses variations et irrégularités dans le détail.

M. Mühlberg attire l'attention sur la forte plongée longitudinale que montrent tous ces plis vers l'E, et sur les conséquences de ce fait au point de vue du degré d'intensité du travail de l'érosion ainsi que des formes orographiques qui ont été ainsi créées.

A propos de la tectonique du Plateau molassique, l'auteur se contente d'insister sur le relèvement progressif des grès tertiaires vers le NE et sur leur superposition à peu près concordante sur les calcaires jurassiques. Puis il aborde la question de l'érosion subie par la région septentrionale du Plateau molassique et celle des alluvionnements qui se sont effectués sur le même territoire. Il suppose l'existence d'abord de vallées du Deckenschotter au niveau de 600-700 m., sur le fond desquelles se sont déposées les alluvions fluvioglaciaires anciennes, puis, après une nouvelle phase d'érosion, le dépôt des alluvions des Hautes Terrasses, qui ont été entamées jusqu'au-dessous des thalwegs actuels avant la grande glaciation de Riss. Il décrit la répartition des glaciers dans l'Argovie pendant la période de Riss ; il montre que, comme le dépôt de la Haute Terrasse a précédé la grande glaciation, de même celui de la Basse Terrasse s'est effectué avant la dernière glaciation. Enfin, il traite, en quelques pages, des phénomènes de l'érosion postglaciaire.

Dans un dernier chapitre, M. Mühlberg fournit quelques renseignements sur les sources des environs d'Aarau en relation les unes avec les nappes de fond des principales vallées, les autres avec des affleurements de calcaires fissurés et aquifères, tels que ceux du Muschelkalk, du Hauptrogenstein, du Séquanien.

Nous devons, à M. ED. GREPPIN, une carte géologique au 1 : 25 000 (106) et une description sommaire (107) de la petite chaîne du **Blauenberg**, qui forme, à l'W de Bâle, un dernier contrefort du Jura à la limite de la plaine du haut Rhin.

Le territoire de cette carte se divise tectoniquement comme suit :

1° Les environs d'Ettingen, qui représentent la bordure de la plaine du haut Rhin et sont formés par les marnes de l'Oligocène supérieur tapissées d'une mince couche de Lehm et de Löss.

2° La chaîne du Landskronberg, dont la direction d'abord WSW-ENE se modifie brusquement au N de Mariastein pour devenir WNW-ESE. Ce pli, ouvert jusqu'au Callovien au S du Landskronberg, prend ensuite la forme d'une voûte fermée de Rauracien, qui s'abaisse vers l'E en se rapprochant du pli plus interne du Blauenberg et disparaît finalement au SE d'Ettingen.

3° Le synclinal évasé de Hofstetten, qui se rétrécit rapidement vers l'E.

4° La chaîne du Blauenberg, qui prend la forme d'une voûte de Dalle nacrée, dessinant un arc de cercle convexe au N. Le jambage septentrional de cet anticlinal est en général redressé verticalement ou même renversé; par places on constate aussi un renversement du jambage méridional, en sorte que le pli prend une forme en éventail. Vers l'E, l'anticlinal du Blauenberg se confond avec celui du Blochmont; il est bordé au S par le bassin de Laufon, à la surface duquel affleurent les couches peu inclinées du Rauracien et du Séquanien, ou bien les molasses marines du Stampien.

Après avoir donné quelques indications sur les éboulements et sur les sources qui existent dans le territoire considéré, M. Greppin établit, pour la série stratigraphique du Blauenberg, le tableau suivant :

**Quaternaire.** — La Basse Terrasse, constituée par des alluvions de la Birse, forme la plaine de Dorneck. Le Lœss et le Lehm couvrent une grande partie du territoire de la carte. Des lambeaux de la Haute Terrasse, caractérisés par des galets exclusivement jurassiens existent aux environs de Schlatthof et de Zwingen.

**Tertiaire.** — La série tertiaire comprend les éléments suivants :

Nagelfluh jurassienne à l'état de petits lambeaux.

Grès à végétaux de la Molasse alsacienne.

Marnes à *Ostrea cyathula*.

Calcaires d'eau douce à *Limneus pachygaster* et *Planorbis cornu*.

Sables à Cyrènes.

Argiles schisteuses à écailles de poissons.

Grès durs, avec intercalations de conglomérats côtiers, à *Cerithium Lamarcki*, *Natica crassatina*, *Pectunculus obovatus*, *Ostrea callifera*.

Des calcaires d'eau douce associés à des grès quartzeux et des bolus sidérolithiques, qui sont surtout développés au S de Witterswil.

Le **Jurassique** ne comprend aucune couche plus jeune que le Séquanien; il se subdivise comme suit :

<b>Séquanien.</b>	}	Calcaires blancs, oolithiques vers le haut, de Sainte-Vèrène, à <i>Pygaster tenuis</i> .
		Marnes à <i>Zeil. humeralis</i> et <i>Hemicid. stramonium</i> .
		Alternances de marnes et de calcaires à <i>Nerinea Brückneri</i> et <i>Natica grandis</i> .

	}	Calcaires coralligènes à <i>Calamophyllia flabellum</i> .
<b>Rauracien.</b>		Calcaires oolithiques ou crayeux, blancs, avec polypiers et Nérinées roulés.
	}	Calcaires marneux à la base, compacts vers le haut, avec <i>Ciduris florigemma</i> , <i>Stomechinus perlatus</i> , <i>Glypticus hieroglyphicus</i> .
<b>Oxfordien.</b>		Marnes à chailles calcaires avec <i>Cardioc. cordatum</i> , <i>Pholad exaltata</i> , etc...
	}	Marnes à fossiles pyriteux de <i>Crenic. Renggeri</i> , <i>Hectic. chatillonense</i> , <i>Per. bernensis</i> , etc...
<b>Callovien.</b>		Alternances de marnes et de calcaires terminées vers le haut par un lit ferrugineux, avec <i>Rein. anceps</i> . <i>Cosmoc. Jason</i> .
	}	Dalle nacrée sans fossiles.
		Calcaires durs, roux, à <i>Macro. macrocephalus</i> .
	}	Marnes et marnocalcaires à <i>Rhynch. varians</i> .
<b>Bathonien.</b>		Calcaires oolithiques roux à <i>Park. ferruginea</i> .
		Complexe puissant du Hauptrogenstein divisé en deux par une zone marneuse à <i>Ostrea acuminata</i> .
	}	Marnes sableuses.
<b>Bajocien.</b>		Calcaires à polypiers avec <i>Rhynch. quadruplicata</i> .
	}	Calcaires spathiques à <i>Stephan. Baylei</i> .
<b>Aalénien.</b>		Calcaires spathiques ocreux à <i>Ludw. Murchisonæ</i> .
	}	Argiles foncées à <i>Estheria Suessi</i> .

#### IV<sup>e</sup> PARTIE — STRATIGRAPHIE ET PALÉONTOLOGIE

##### *Trias.*

M. FR. JACCARD (117) a reconnu parmi les Brachiopodes récoltés dans le calcaire triasique de Saint-Triphon, au-dessus des calcaires compacts exploités et au-dessous des calcaires à Gyroporelles, deux formes qu'il détermine comme *Terebr. Rennevieri* Haas et *Cruratula carinthiaca* Rothpletz, et qui lui permettent de classer la couche correspondante au niveau du Ladinien.

Entre cette zone à Brachiopodes et les calcaires à Gyropo-