Zeitschrift: Eclogae Geologicae Helvetiae
Herausgeber: Schweizerische Geologische Gesellschaft
Band: 11 (1910-1912)
Heft: 5: Paléontologie et stratigraphie

Artikel: Pour l'année 1910 : Partie III, Tectonique : descriptions régionales
Autor: [s.n.]
Kapitel: Alpes
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-157093

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

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

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

Download PDF: 14.12.2025

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

comment le pli intérieur est contracté et comment la forme du synclinal périphérique se complique.

La dernière série d'expériences de M. Vogt a consisté à étudier l'effet de la superposition de deux plissements suivant des directions différentes. Ayant d'abord opéré avec des poussées formant entre elles un angle de 45°, il a constaté que les plis sous l'effet de la poussée secondaire ont pris une direction perpendiculaire à celle-ci, en se serrant les uns contre les autres mais sans se tordre ou modifier notablement leur forme. Lorsque par contre les deux poussée sont des directions perpendiculaires, diverses complications interviennent ; parfois c'est simplement l'axe anticlinal qui est tordu ; d'autres fois on voit naître perpendiculairement aux anticlinaux primaires une ou plusieurs arêtes anticlinales transversales ; d'autres fois encore ces arêtes transversales prennent l'importance de véritables anticlinaux transverses traversant plusieurs plis primaires et séparés par des ensellements accusés. Enfin M. Vogt a obtenu des formes très compliquées et irrégulières en agissant par une compression brusque dans l'axe de plis préexistants.

Alpes.

Alpes valaisannes et piémontaises. J'ai déjà rendu compte dans la Revue pour 1906 d'une note de M. C. de Stefani, dont l'auteur expliquait la géologie de la **chaîne du Simplon** par le simple bombement anticlinal d'une série normale. Depuis lors M. de Stefani a entrepris une nouvelle série d'observations dans le Val Devero, la vallée de la Cairasca, les environs de Grodo, le Monte Cistella et les abords d'Iselle, et, se basant sur ces observations, il a maintenu dans une publication récente le même point de vue (**87**).

L'auteur commence par affirmer de nouveau que la succession des assises que l'on connaît dans le Val Devero et le versant S de la chaîne du Simplon en général est une série simple et normale, dans laquelle alternent des complexes gneissiques, du reste nettement distincts entre eux, et des complexes de calcschistes, de schistes granatifères, de cipolins, de gypses etc..., et dont la base est formée par le gneiss de Grodo, le sommet par le gneiss du Monte Leone. Cette succession est d'après lui bombée en un dôme elliptique, allongé du SW au NE, dont la voûte est large, dont les jambages sont redressés verticalement ou même renversés et dont les irrégularités s'expliquent par les différences de plasticité existant entre les diverses roches constituantes.

Ensuite M. de Stefani cherche à prouver que la liaison anticlinale que Gerlach et la plupart des auteurs actuels admettent entre les schistes de Baceno et les schistes du Devero devant le front d'un pli couché de gneiss d'Antigorio n'existe pas, que le gneiss d'Antigorio forme une zone continue entre les deux complexes de calcschistes et que ceux-ci correspondent à deux niveaux complètement différents. Il dessine deux profils transversaux conformes à l'idée d'une succession normale bombée anticlinalement, pris dans la région du Val Devero.

Dans un second chapitre M. de Stefani décrit plus spécialement l'allure de la zone des gneiss d'Antigorio dans le soubassement du Monte Cistella, dans les versants de la vallée de la Cairasca et sur le parcours du tunnel de Varzo. Il s'efforce de montrer qu'il sagit bien du flanc S d'un anticlinal, s'abaissant lentement vers la Toce et la Diveria et affecté par un bombement transversal dans l'axe du Monte Cistella.

Le troisième et dernier chapitre de cette notice est consacré aux observations faites dans le grand tunnel du Simplon. Pour l'auteur le renversement du gneiss d'Antigorio par dessus la zone sus-jacente des calcschistes et des calcaires n'implique en aucune façon une charnière frontale de pli couché, il est le fait d'un renversement de jambage d'anticlinal, semblable à ce que l'on constate dans la zone méridionale dite des racines et dans le versant N du Simplon.

Puis, en terminant, M. de Stefani s'élève avec énergie contre l'idée presque généralement adoptée que toutes les zones de gneiss du massif du Simplon correspondent à autant de plis anticlinaux couchés, séparés par des synclinaux triasico-jurassiques de calcaires et de calcschistes. Il se base sur les différences pétrographiques, qui existent entre les diverses zones de gneiss et qui contrastent avec l'uniformité du gneiss d'Antigorio. Il se refuse à admettre la possibilité mécanique de cet empilement de plis, et conteste en partie les raccords établis entre les nappes cristallines supposées et les racines. Il conclut donc de nouveau à l'existence au Simplon d'une série normale et il admet pour cette série un âge très probablement prépaléozoïque.

La bibliographie du Simplon s'est en outre enrichie d'une courte notice rédigée par M. K. Pressel (**83**). L'auteur y donne une description résumée des conditions géologiques dans lesquelles s'est faite la percée du tunnel ; il y compare

les profils établis avant les travaux et celui que ces travaux ont révélé; il y réunit enfin les principales données qui ont été acquises soit sur les venues d'eau, soit sur les conditions géothermiques du tunnel.

M. V. Novarese (**78**) a fait paraître en 1910 une nouvelle notice, qui concerne la **Grivola** entre le massif du Grand Paradis et celui du Grand Nomenon.

Après un exposé détaillé de l'historique de la question l'auteur distingue parmi les éléments constituants de la chaîne de la Grivola :

1° Le complexe des calcschistes et des schistes verts du Mésozoïque, qui recouvre un Trias, dolomitique et schisteux avec gypse intercalé vers le haut, quartzitique vers le bas.

2° Un ensemble de psammites passant à des gneiss psammitiques et de schistes lustrés ou graphitiques passant à des phyllades qui, s'intercalant entre le Trias et le gneiss du Grand Paradis, représente vraisemblablement le Carbonifère.

3° Les gneiss et les micaschistes du Grand Paradis.

M. Novarese aborde ensuite le point de vue tectonique ; il décrit le synclinal de la Grivola, formé de calcaires et de calcschistes mésozoïques, s'appuyant au S sur le massif gneissique du Grand Paradis et recouvert au N par l'anticlinal de diorite du Grand Nomenon et le jambage renversé carbonifèrien de ce pli ; il montre cette zone de schistes lustrés, bordée de part et d'autre par une bande de Trias, se continuant vers le SW dans le Valsavaranche, puis se divisant en deux synclinaux resserrés au Col del Rossetto, passant par le Val di Rhême et finalement par le Val de Tignes. L'auteur a suivi d'autre part vers l'E les deux jambages triasiques qui encadrent le synclinal de la Grivola et a relevé des replis secondaires dans ces deux jambages.

Dans un troisième chapitre, M. Novarese discute l'idée émise par MM. Lugeon et Argand, d'après laquelle le massif du Grand Paradis correspondrait au dos d'une nappe de charriage sus-jacente aux nappes du Grand Saint-Bernard et du Simplon, tandis que l'anticlinal du Grand Nomenon serait un pli en retour de la nappe du Grand Saint-Bernard et que la zone des schistes de la Grivola appartiendrait au synclinal horizontal séparant l'une de l'autre les nappes du Grand Saint Bernard et du Grand Paradis. Il montre l'anticlinal du Grand Nomenon disparaissant vers le NE sous une couver-

ture de schistes lustrés, qui fait elle-même partie du soubassement des gneiss du Mont Emilius. Puis il insiste sur l'impossibilité à la fois lithologique et tectonique qu'il y a à relier ces gneiss du Mont Emilius soit avec le Grand Nomenon, soit avec le Grand Paradis, soit avec la Dent Blanche, en même temps que sur la nécessité de considérer les schistes cristallins du Mont Emilius comme appartenant non à un lambeau de recouvrement mais à un dôme.

M. Novarese fait ressortir aussi des analogies pétrographiques et stratigraphiques, qui existent entre des régions cristallines actuellement voisines, mais considérées comme appartenant à des nappes différentes, analogies qui sont peu conciliables avec l'idée de grandes distances primaires entre ces régions pétrographiquement analogues. Enfin il corrige une observation faite par Rovereto et d'après laquelle les schistes lustrés apparaîtraient en plein massif du Grand Paradis le long du chemin du Valsavaranche entre Bien et Maisonette. En réalité il n'y a là que des micaschistes et des gneiss.

L'auteur persiste ainsi à considérer comme probable que les calcschistes de la Grivola représentent un simple synclinal incliné au NW, appuyé sur le dôme elliptique du Grand Paradis et recouvert par l'anticlinal déjeté au S du Grand Nomenon.

Dans une notice consacrée à la configuration tectonique de la **vallée d'Aoste**, M. E. Argand (**60**) a mis en lumière le fait que l'orientation de cette vallée a été influencée d'une façon manifeste par le grand ensellement transversal, qui affecte dans cette région les nappes du Mont Rose, du Grand Paradis et de la Dent Blanche. Il a évalué la déclivité longitudinale du plan de superposition de la nappe de la Dent Blanche a 46 ‰ entre le Weisshorn et la vallée d'Aoste, à 175 ‰ en sens inverse de la vallée d'Aoste à l'extrémité SW du Mont Emilius. Cet ensellement ne comporte du reste aucune grande faille dans la région du Mont Mary.

La direction de l'ensellement transversal est à peu près EW, comme celle du tronçon correspondant de la vallée de la Doire Baltée et l'origine tectonique de cette vallée ne peut pas faire de doute.

M. E. Argand (**61**) a d'autre part rendu compte de nouvelles observations qui confirment l'idée que la **racine de la nappe rhétique** doit être cherchée entre la zone du Piémont et celle d'Ivrée. Il rattache indirectement à la même origine les galets de granite rouge et de radiolarites si abondants dans

la Nagelfluh subalpine, qui seraient d'après lui des débris d'une nappe rhétique autrefois trés étendue.

Alpes Grisonnes. M. O. WILCKENS (**92**) a consacré à la **tectonique du massif de l'Adula** une note, dans laquelle, après avoir rappelé que le gneiss de ce massif représente une énorme nappe de charriage, il décrit les multiples replis secondaires que cette nappe comporte et qui donnent lieu à plusieurs intercalations de Schistes lustrés et de Trias dans la masse des schistes cristallins.

Le front de la nappe de l'Adula a dû se digiter un grand nombre de fois, les digitations principales se sont encore divisées en plusieurs replis et certaines formations montrent jusque dans le détail d'intenses microplissements.

En terminant, M. Wilckens réfute l'idée, émise récemment par M. Freudenberg, d'après laquelle le gneiss de l'Adula serait plus jeune que le Trias, dans lequel il aurait pénétré intrusivement. Les pénétrations du gneiss dans le sédimentaire sont purement tectoniques et le métamorphisme qu'a subi le Trias, ne doit certainement pas s'expliquer par un contact avec un magma intrusif.

Dans la Revue pour 1909 j'ai rendu compte de deux publications intéressant les 2 versants de la vallée du Schams ; l'une, de M. O. Welter, concernait les Alpes calcaires du Splügen, l'autre de M. H. Meyer traitait du massif du Piz Curver. Depuis lors MM. MEYER et WELTER (**77**) ont exposé brièvement les pricipaux résultats, qui découlent de leurs observations. Ils ont fait ressortir d'abord le fait du chevauchement du massif de la Rofna, partie intégrante de la nappe cristalline de Suretta, sur les Schistes lustrés de Splügen et du Schams, puis le recouvrement tectonique soit des gneiss de la Rofna, soit des Schistes lustrés par un empilement de cinq nappes : deux nappes préalpines, la nappe de la Brèche, la nappe rhétique et la nappe austroalpine. Ces masses chevauchantes ont, à l'exception de la dernière, subi des laminages intenses, qui les ont morcelées ; elles ont, par places, été enfoncées dans des synclinaux de leur soubassement, ainsi au Piz Gurschus. Quant à la couverture normale du gneiss de Suretta, elle consiste en des cornieules triasiques et des Schistes lustrés, mais elle a été fréquemment supprimée et toujours réduite par laminage.

De cette tectonique il résulte clairement que la zone des Schistes lustrés devait s'intercaler entre celle des faciès helvétiques et celle des faciès préalpins.

Dans une seconde notice M. O. WELTER (91) a insisté particulièrement sur ce second point ; du fait que les nappes préalpines recouvrent dans les Grisons le pli couché de Suretta il déduit que le faisceau des nappes cristallines, qui se suit depuis les Grisons jusque dans le Valais, doit s'intercaler tectoniquement entre la zone radicale des nappes helvétiques et celle des nappes préalpines.

Les observations de MM. Meyer et Welter ont du reste été contestées par M. F. ZYNDEL (93). D'après ce dernier auteur les unités tectoniques que MM. Meyer et Welter attribuent aux nappes préalpines et rhétiques représentent en réalité des éléments plus profonds; seule la partie supérieure de la masse hétérogène des Schistes lustrés peut être considérée comme équivalente à la zone du Flysch du Niesen, dont la racine doit être cherchée au S. des grandes nappes gneissiques.

Quant aux nappes préalpines de la ceinture du Praetigau, M. Zyndel a constaté qu'elles s'effilent vers le S. Enfin aux Bergüner Stöcke c'est le Trias austro-alpin qui est empilé sur lui-même, en formant quatre nappes superposées.

L'année 1910 a vu paraître une importante monographie, complétée par une carte au 1 : 50 000 et une planche de profils et consacrée à la géologie de la **Basse Engadine**. A ce travail ont collaboré M. CH. TARNUZZER pour la partie concernant les terrains sédimentaires, la tectonique des nappes lépontines, rhétiques et austro-alpines et la morphologie générale, et M. U. GRUBENMANN (88) pour la partie concernant les roches cristallines.

Dans un premier chapitre M. Tarnuzzer décrit le complexe des schistes de la Basse Engadine ; il rappelle d'abord le caractère pétrographique très varié des schistes qui forment tout le versant gauche de la vallée et comprennent soit des calcschistes, soit des phylites divers, tantôt chloriteux ou sériciteux, tantôt riches en quartz et passant même à des quartzites, soit encore des schistes argileux francs ; puis il montre que cet ensemble est affecté par de multiples plis serrés, qui en augmentent considérablement l'épaisseur. Quant à l'âge de ces formations, l'auteur le considère comme probablement mésozoïque, tout en reconnaissant que tout argument paléontologique fait jusqu'ici défaut.

Au dessus de ces schistes de la Basse Engadine l'auteur distingue un niveau de schistes associés à des calcaires bréchoïdes et à des calcaires clairs. C'est dans cette série, déve-

loppée surtout au Piz Tasna, au Piz Minschun, au Piz Champatsch, au Piz Sœr et au Piz Spadla, qu'ont été récoltés d'une part des fossiles liasiques, d'autre part des fossiles crétaciques. Il s'agit donc d'une série compréhensive s'étendant peut-être, d'après M. Paulcke, jusqu'au Flysch et appartenant à une ou plusieurs nappes préalpines. Ici aussi les replis et les imbrications ont considérablement compliqué la question.

Puis M. Tarnuzzer distingue une unité tectonique supérieure, dans laquelle les calcschistes gris sont associés à d'abondants schistes verts, résultant du métamorphisme de diverses roches basiques intrusives. Enfin c'est comme élément chevauchant sur la masse principale des schistes lustrés que M. Tarnuzzer décrit quatre gisements de gypse, qui se placent à proximité d'affleurements de schistes verts et de roches ophiolitiques ou serpentineuses, qui contiennent de nombreux débris de calcaires triasiques et qui, au moins par places, comportent une stratification alternante de gypse et de calcschistes, semblant ainsi appartenir au Lias ou au Trias supérieur.

Passant aux chaînes calcaires qui bordent la Basse Engadine au SE, M. Tarnuzzer définit comme suit les caractères de la série autro-alpine de ces chaînes :

1° A la base un complexe de gneiss, dans lequel sont englobées des lentilles de granite et de roches amphiboliques.

2° Une zone de Verrucano, gneissifié par places, qui comprend des schistes gréseux probablement infratriasiques.

3° Le Muschelkalk à *Diplopora pauciforata*, avec des débris de Crinoïdes, de Brachiopodes, de Gastéropodes, épais d'environ 100 m.

4° Les marnes de Partnach, très peu épaisses, avec *Bactryllium Schmidi*.

5° Les dolomies de l'Arlberg ou du Wetterstein avec *Diplopora annulata*, épaisses de 300 m.

6° Les couches de Raibl ou cornieules supérieures, en général peu épaisses.

7° La dolomie principale, dont l'épaisseur normale paraît varier beaucoup (100-500).

8° Le calcaire de Steinsberg, très riche en débris de Crinoïdes (*Pentacrinus cf. scalaris*, *Apiocrinus* ind. etc...) tantôt échinodermique, tantôt compact, tantôt bréchiforme, qui correspond à l'Infralias et au Lias inférieur. Des trainées de

silex rougeâtres y sont fréquentes et en constituent un caractère très typique. Epaisseur (100-200 m.)

9° Schistes calcaires et marneux du Lias moyen et supérieur (Algäuschiefer) avec Crinoïdes, Belemnites et quelques Harpoceratidés.

10° Calcaires gris compacts, à *Aspidoc acanthicum*. Vers le haut ces calcaires s'enrichissent en concrétions siliceuses radiolaritiques et contiennent de nombreux Aptychus ; cette zone supérieure représente le Tithonique.

Quant à la tectonique de ces chaînes, M. Tarnuzzer la définit en établissant une série de profils depuis le Piz Lavetscha jusqu'au Piz Lad ; il montre ainsi les complications qui se manifestent à la base de la masse chevauchante austro-alpine et la stucture spéciale de cette nappe.

Le Trias est plissé depuis le Piz Schalambert da dora jusqu'au Piz Lavetscha en un synclinal presque régulier, qui est bordé vers le SE par une voûte passant par Uina da dora.

Sur ce Trias ainsi plissé se superposent dans le massif du Piz Lischanna, du Piz Triazza et du Piz Rims les calcaires du Lias et du Malm, mais, comme l'a montré déjà M. Schiller, il ne s'agit pas ici d'une simple superposition stratigraphique ; le Jurassique a glissé du SE au NW sur le Trias qu'il a raboté, et il s'est lui-même replissé et imbriqué d'une façon compliquée.

Au S du Val d'Uina ce complexe imbriqué du Jurassique est recouvert directement par la masse gneissique de l'Oetztal, qui forme les hauteurs du Mittlerberg et de l'Ausserberg. Plus au NE par contre, on voit s'intercaler entre la zone jurassique et le gneiss d'abord une simple bande de Trias ; puis cette bande, prenant plus d'importance, se développe au Piz Schalambert en un véritable pli couché, qui recouvre le Jurassique précité sur plus de quatre kilomètres de largeur et qui porte une nouvelle zone de Jurassique. Mais cet élément tectonique est peu continu ; il est momentanément interrompu entre le Piz Schalambert et le Piz Ajuz et il ne réapparaît dans la région culminante de ce dernier que sous la forme d'une série renversée de Trias.

Les grands chevauchements qui affectent cette région de l'Engadine sont au nombre de trois :

Le premier est celui qui a amené les terrains austro-alpins sur les schistes de la Basse Engadine et les roches basiques qu'ils contiennent ; on en suit le plan d'abord sur la rive droite de l'Inn dans le bas du Val Torta et vers Raschvella,

puis, sur la rive gauche, le long des rochers granitiques à à l'E de Remüs, par Crüsch et le bas du Val de Müglins au S de Sent. De là le plan de chevauchement traverse de nouveau l'Inn et s'élève rapidement sur la rive droite le long du Val Chazet, en même temps que le gneiss de la base de la masse chevauchante disparaît brusquement; aussi depuis le Val Chazet vers le SW, le plan de chevauchement passe-t-il peu au dessous du pied des rochers triasiques du Mot Saint-Jon et du Piz Lavetscha, au dessus des roches basiques de la Clemgia, contrairement aux idées admises jusqu'ici.

Le second chevauchement est celui des couches jurassiques sur le Trias au Piz Saint-Jon, au Piz Lischanna, au Piz Triazza, etc...

Le troisième chevauchement est celui de la masse gneissique de l'Oetztal, dont la limite vers le NW passe dans le versant occidental du Rassassergrat et du Spi da Russenna, mais dont des lambeaux plus externes subsistent au Piz Rims et jusque dans les chaînes du Lischanna et du Saint-Jon.

M. Tarnuzzer consacre un chapitre spécial à de curieux amas de calcaires en partie triasiques, en partie jurassiques, qui sont ou bien encastrés dans le gneiss, ou bien intercalés entre celui-ci et les schistes de la Basse Engadine 1° dans le territoire compris entre Giarsun et Guarda, 2° aux environs d'Ardez, 3° près de Remüs. Il s'agit ici évidemment de paquets de la série mésozoïque autro-alpine, qui sont restés pris dans le plan de chevauchement inférieur ou dans son voisinage immédiat et qui y ont été broyés avec leur entourage de façon souvent fort compliquée.

Vient ensuite un chapitre de géologie régionale, dans lequel l'auteur commence par rappeler l'interprétation moderne de la géologie des Grisons en général, de la Basse Engadine en particulier, considérée comme une fenêtre creusée au travers de la nappe austro-alpine jusque dans le système des nappes lépontines. Il montre ensuite que le complexe lépontin est bien tectoniquement hétérogène, comme l'ont admis M. Steinmann et ses élèves, et comprend une série basale de Schistes lustrés, un terme moyen préalpin et deux termes supérieurs correspondant aux nappes de la Brèche et rhétique, cette dernière étant caractérisée par l'abondance des roches basiques. A propos de la nappe austro-alpine M. Tarnuzzer insiste sur la correction à faire à l'interprétation donnée jusqu'ici du versant droit de la vallée de l'Inn en amont du Val Chazet, les soi-disant gneiss qui étaient supposés sous la grande zone des serpentines étant en réalité des schistes mé-

tamorphiques de la nappe rhétique, et n'appartenant pas à la base de la nappe austro-alpine.

M. Tarnuzzer décrit aussi sommairement quelques exemples de moraines, qu'il a pu observer soit dans l'Engadine même, soit dans les vallées latérales; il cite une série de blocs erratiques ou d'amas de blocs et parle des roches moutonnées qu'il a eu l'occasion de voir. Dans un chapitre spécial il traite de la vallée de l'Inn, la définissant comme une vallée d'érosion typique et décrivant un système de cinq terrasses qui coupent ses pentes sur différents points, en particulier dans les environs de Lavin, de Tarasp, de Remüs et Raschvella. L'auteur fournit également une série de renseignements sur les différentes vallées qui affluent à la Basse Engadine, montrant l'influence de la nature lithologique et tectonique de la région sur les formes créées par l'érosion ; il fait ressortir le fait que ces vallées, surtout celles du versant droit, ont leur maximum de pente aux abords de la vallée principale, là où elles passent des formations austro-alpines à leur soubassement lépontin.

M. Tarnuzzer consacre un chapitre aux éboulements et aux glissements de terrain ; il rappelle les mouvements importants qui se sont produits dans la région de Gross Fetan et de Sainas entre 1865 et 1881, sous l'influence des eaux abondantes qui imprégnaient là la moraine de la surface ; il signale des mouvements de descente, qui affectent depuis plusieurs années la région de Vallatscha à l'W de Tarasp, et qui sont dus à l'action d'eaux abondantes circulant dans un ancien éboulement de Schistes lustrés. Il parle d'autre part de glissements de terrains récents, qui se sont produits entre Guarda et Ardez, à Magnacum, et d'éboulements qui ont gravement menacé la petite localité de Raschvella au pied du Piz Ajuz.

Après avoir fait ressortir l'importance que prennent les dépôts de tuffs sur les pentes imperméables que forment les calcschistes de la Basse Engadine, M. Tarnuzzer passe à l'examen des lacs compris dans la région qu'il a étudiée. Ces lacs sont en grand nombre, mais toujours de petites dimensions ; sur le versant gauche de la vallée ils sont échelonnés sur les pentes entre le Val Tuoi et le Val Tasna, ainsi que dans le district du Val Urschaï : le plus souvent leur origine est due à un barrage de moraine ou d'éboulement, parfois leur bassin paraît avoir été creusé par une érosion glaciaire. Sur le versant droit de la vallée il y a d'abord le lac de Tarasp et d'autres petits bassins rapprochés, dont l'origine est

évidemment en relation avec un moutonnement des roches par les glaciers ; puis, plus haut, dans les régions calcaires qui s'étendent du Piz Lischanna au Piz Rims, de nombreux petits lacs existent, dont les uns sont dus à des barrages, dont la plupart sont d'origine glaciaire, tandis que deux ou trois sont en relation avec des effondrements en dolines.

M. Tarnuzzer traite assez longuement la question des sources de la Basse Engadine, en particulier des sources minéralisées de la région de Schuls-Tarasp et de Fetan. Il redonne d'après des travaux antérieurs les caractères chimiques et physiques de ces eaux, puis il examine leurs conditions géologiques ; il montre que la sortie des sources ne se fait pas, comme on le crut longtemps, le long d'une faille parallèle au cours de l'Inn, mais qu'elles sont en relation avec l'état de dislocation intense qu'ont pris les schistes de la Basse Engadine pendant leur chevauchement par les nappes sus-jacentes. Quant à la minéralisation de ces eaux, M. Tarnuzzer adopte la théorie de M. Nussberger, qui fait intervenir d'abord une oxydation des pyrites contenues dans les schistes, puis une réaction de l'acide sulfurique ainsi formé sur les carbonates, d'où formation de sulfates et dégagement d'acide carbonique libre.

Après cette étude des sources minéralisées, M. Tarnuzzer examine la distribution des sources en général, en montrant les différences qui se manifestent ici entre la région SE, où les calcaires triasiques et liasiques forment toutes les régions culminantes, et la région NW où les schistes forment la plus grande partie des pentes. Il consacre quelques pages à la source intermittente du Val d'Assa, qui sort des couches du calcaire de l'Arlberg entre Mot Spadla bella et Piz Schalamberg-dadora. La sortie de ces eaux se fait par un système très compliqué de grottes et de galeries ; leur intermittence est probablement due à un jeu de siphon réglé par des variations de débit, qui sont déterminées elles-mêmes par les alternatives de fusion intense ou nulle sur les glaciers du bassin d'alimentation.

Dans la seconde partie du livre c'est M. V. Grubenmann qui prend la plume, pour décrire spécialement les régions formées de roches cristallines. Il commence son exposé par un aperçu géologique de la zone cristallophyllienne, qui s'élève depuis Giarsun et les environs de Sur En jusqu'au Piz Cotschen ; il montre cette zone, formée de termes pétrographiques variés et enfoncée avec un plongement au NW entre les calcschistes du Val Tasna et ceux du Val Tuoi supérieur.

Puis M. Grubenmann passe à la zone granitique, qui commence au SW d'Ardez, prend rapidement une grande largeur et se continue au N jusque dans le pied du Piz Minschün. Ce granite dessine comme une voûte sous-jacente aux calcschistes de la Basse Engadine ; il est séparé le plus souvent de ceux-ci par des schistes cristallins qu'il a injectés par places, et par des schistes séricitiques.

M. Grubenmann fournit quelques renseignements sur les affleurements granitiques et gneissiques de la rive gauche de l'Inn sous Sent et Crusch, puis entre Remüs et Saraplana. Il montre là la roche granitique associée aux schistes cristallins de la base de la série austro-alpine, en contact ou à proximité des calcschistes de la Basse Engadine.

Passant ensuite à la rive droite de l'Inn, M. Grubenmann donne de la région de Fontana, Tarasp et Pradella une interprétation toute nouvelle. D'après lui les deux zones de serpentine bien connues, qui suivent ce versant, sont encadrées avec un fort plongement au SE entre deux complexes de calcschistes de la Basse Engadine, tandis qu'elles sont séparées l'une de l'autre par une série de ces mêmes calcschistes, mais intensément métamorphisés par injection. A travers tout cet ensemble on constate bien de multiples plans de glissement, mais aucun plan de chevauchement fondamental. L'auteur conteste donc absolument l'existence, le long de l'Inn, d'un chevauchement inférieur de schistes cristallins anciens sur les calcschistes, tel qu'on l'admettait généralement ; il admet un seul chevauchement, celui qui a amené le Verrucano et le Trias austro-alpin du Val Lischanna et des régions voisines sur les calcschistes et les roches ophiolithiques de la Basse Engadine. A propos du territoire compris entre le Val Chazet et le Val Torta, M. Grubenmann montre l'apparition ici sous le Verrucano d'une zone cristallophyllienne importante formée de roches gneissiques variées, au milieu desquelles sont intercalées des lentilles amphibolitiques. Enfin l'auteur termine par quelques indications sur la position chevauchée des gneiss du plateau de Rims et des hauteurs de la frontière austro-suisse.

La dernière partie du volume, rédigée par M. Grubenmann, est consacrée à l'étude pétrographique des roches critallines comprises dans le territoire de la carte. Elle commence par une description des gneiss d'origine sédimentaire, qui prennent un grand développement soit dans le massif Dreiländerspitz-Piz Urschai, soit au Piz Cotschen et dans les pentes qui en descendent au S jusqu'à l'Inn, soit dans le versant S

de la Basse Engadine, soit encore au Piz Rims, au Rassassergrat et au Munt Russenna. Partout il s'agit de roches dérivées de dépôts argileux ou de grès quartzitiques métamorphisés et, par places, fortement injectés par des venues aplitiques.

Dans ces complèxes de paragneiss s'intercalent en premier lieu des masses peu considérables de roches endogènes; ce sont d'abord des granites devenus schisteux par métamorphisme et intensément cataclastiques, comme ceux que l'on trouve entre Ardez et Giarsun, ou bien près de Gross Lager dans le haut du Val d'Uina; ce sont ensuite des gneiss caractérisés par leur acidité générale et leur richesse en mouscovite, qui dérivent de roches aplitiques ou pegmatitiques et qu'on trouve soit au Piz Cotschen et au Piz della Clavigliadas, soit dans le Val d'Uina, soit au Rassassergrat, soit dans le bas du Val d'Assa; ce sont encore des schistes amphiboliques, qui dérivent manifestement en partie de diorites, en partie d'amphibolites et qui sont intercalés dans les schistes cristallins du versant droit de la vallée de l'Inn entre Sur En et le Val d'Assa.

Les schistes cristallins de la région considérée sont en outre coupés par des roches filonniennes variées, parmi lesquelles M. Grubenmann décrit successivement des aplites et des pegmatites qui existent soit au N du Griankopf, soit au Piz Cotschen et au Piz dellas Clavigliadas, puis des porphyrites à labrador et augite et des roches un peu plus riches en silice, comprenant une pâte feldspathique formée d'orthose et de plagioclase et des cristaux de hornblende, d'augite et de biotite, qui doivent être classées comme vogésites porphyriques à hornblende et biotite. Ces roches basiques coupent les gneiss du Rassassergrat; elles y sont accompagnées de filons porphyriques appartenant à une roche dioritique profondément altérée. Enfin M. Grubenmann signale encore des filons de quartzporphyres au Rassassergrat et des filons d'amphibolites variées soit dans les massifs du Piz Cotschen et du Piz dellas Clavigliadas, soit au Inner Nockenkopf.

A côté des amas peu importants de granite, les schistes cristallins de la Basse Engadine englobent aussi de véritables massifs granitiques. Tel est le cas par exemple sur la rive gauche de l'Inn, à l'E de Remüs, où apparaît une large zone granitique, dont la roche se compose d'une orthose rose, d'un oligloclase verdâtre, d'une biotite partiellement chloritisée et de quartz et correspond à un granite acide; à la roche normale sont associés ici des produits de ségrégation, les uns aplitiques, les autres lamprophyriques.

Un second massif granitique se trouve un peu en amont, directement au S de Sent et Crusch, et la roche qui le constitue, très voisine de celle de la Plattamala, montre les mêmes variétés acides et mélanocrates. Un peu au SW du château de Tarasp, vers le hameau de Chaposch, on voit pointer un petit massif granitique, qui appartient au même faciès que les précédents avec une structure porphyroïde accusée. Mais le principal massif granitique de la région est celui qui s'étend des bords de l'Inn au S d'Ardez jusque dans le versant S du Piz Minschun, en comprenant le bas du Val Tasna avec les hauteurs du Sass majen et du Mot del hom. Cette extension visible ne représente du reste qu'une partie de l'extension véritable, le granite formant le soubassement des schistes du Piz Minschun et se prolongeant jusque dans le haut du Val Urschai. La roche normale est ici un granite à orthose blanche et oligoclase verdâtre, riche en quartz, pauvre en biotite, qui se rapproche beaucoup du granite de l'Albula par son apparence extérieure, mais s'en distingue par sa pauvreté en chaux et sa plus grande richesse en alcalis. A côté de ce type normal, on rencontre diverses variétés, les unes dues simplement à un cataclase intense, les autres résultant de ségrégations, tantôt acides tantôt basiques, et prenant ainsi un caractère tantôt aplitique ou quartz-porphyrique, tantôt lamprophyrique.

Passant ensuite à la série des schistes mésozoïques de la Basse Engadine, M. Grubenmann commence par donner un rapide aperçu sur les éléments sédimentaires de cette série, puis il étudie plus en détail les roches éruptives qui y sont comprises sous forme soit de filons, soit de nappes ou de lentilles. Parmi ces roches l'un des groupes les plus importants comprend des gabbros variés quoiqu'étroitement parents entre eux, qui contiennent, à côté d'un plagioclase complètement saussuritisé, des quantités variables de biotite, de hornblende et de pyroxène et qui possèdent tous un caractère mixte entre les gabbros francs et les diorites. A côté des faciès typiques il faut distinguer dans ce groupe divers types marginaux, entre autres de curieux gabbros pegmatitiques et des hornblendites à texture plus au moins parallèle. Cet ensemble de roches est particulièrement bien représenté sur la rive droite de l'Inn entre Fontanna et le Val Chazet, où il est intercalé dans des schistes injectés de la série de la Basse Engadine; on en retrouve des gisements sur la rive gauche au SW de Fetan.

A côté de ces gabbros on trouve des diabases à grain fin,

montrant souvent un clivage prononcé et parmi lesquels on reconnaît, à côté de diabases normaux, des variétés contenant un excès d'augite, d'autres dans lesquelles l'augite a au contraire disparu en donnant naissance à de la chlorite, de la titanite et de la calcite, et d'autres encore dans lesquelles l'augite est remplacée par de l'amphibole. Par places la structure de ces roches devient porphyroïde grâce au développement de gros individus d'augite.

Ces diabases sont accompagnés de spilites au grain extrêmement fin avec une tendance prononcée à la schistosité, et de variolites à varioles tantôt sphérolithiques, tantôt microgrenues. Ces deux catégories de roches se rattachent du reste étroitement au magma diabasique par leur caractère minéralogique et chimique.

Le dernier chapitre de l'étude de M. Grubenmann est consacré aux serpentines qui sont intercalées dans les schistes de la Basse Engadine. Ces roches forment d'abord une large zone continue depuis le Val Plavna jusqu'au Val Chazet un peu au-dessous du plan de chevauchement de la série austro-alpine ; elles se retrouvent sous forme d'affleurements isolés suivant une zône passant par le Lai Nair, le pont sur l'Inn au SE de Schuls, Pradella et Remüs ; elles forment troisièmement une série d'affleurements entre le bas du Val Tasna et Fetan ; enfin elles prennent un développement particulièrement important dans les pentes au N de Fetan, dans le haut du Val Clozza et le Piz Nair, et vont former le soubassement des schistes mésozoïques du Piz Tasna. Ces roches sont constituées presque exclusivement par de la serpentine ordinaire, verte, de teinte plus ou moins foncée, au milieu de laquelle se détachent des individus corrodés de diallage et d'enstatite avec peu de magnétite. La composition chimique reste très constante et ne comporte point du tout d'alcalis, ce qui est du reste conforme à l'absence complète de feldspath dans la roche. Ces serpentines doivent donc être considérées comme dérivées de roches péridotiques à diallage et enstatite, qui elles-mêmes devaient être des ségrégations basiques du même magma auquel se rattachent les roches gabbroïdes précitées.

De son côté M. W. Paulcke (**81**) a complété les études qu'il avait faites antérieurement dans la **Basse Engadine** par de nouvelles excursions et a publié un bref compte-rendu de ses observations.

Au point de vue de la stratigraphie spéciale des nappes empilées dans cette fenêtre il a pu établir les faits suivants :

Dans le complèxe inférieur, formé par les Schistes lustrés, il a constaté la présence de couches à Orbitolines et à *Diplopora Mühlbergi*, sûrement crétaciques et de couches à Orthophragmines, sûrement tertiaires. Il a pu se convaincre en outre que l'énorme épaisseur de ces schistes est due à des plissements et des imbrications.

Sur les Schistes lustrés vient une nappe, correspondant à la nappe des Klippes et caractérisée par l'importance qu'y prennent des brèches polygéniques, probablement équivalentes à la Brèche du Falkniss.

Ensuite se développe une nappe, dont l'élément le plus typique consiste en des brèches échinodermiques, très fossilifères du Lias (nappe de la Brèche).

La nappe rhétique est également représentée dans la Basse Engadine, composée toujours de roches basiques associées à des schistes argileux. Enfin le tout est recouvert par la nappe austro-alpine.

L'on retrouve donc dans la Basse Engadine les mêmes éléments, superposés dans le même ordre, que partout ailleurs dans les Grisons et les tranchées creusées dans la périphérie de la fenêtre par l'érosion permettent de se convaincre de la réalité des gigantesques chevauchements. Les plans de contact entre les nappes superposées comportent de nombreuses irrégularités dues aux inégalités du soubassement, aux laminages subis par le corps des nappes et aussi, semble-t-il, à des dislocations postérieures aux grands charriages. En outre on constate un plongement périclinal des nappes autour de la Basse Engadine, qui représente ainsi un grand dôme éventré, dont les jambages N et E sont particulièrement inclinés.

En terminant l'auteur décrit sommairement des dislocations locales, qui affectent particulièrement le complexe basal des Schistes lustrés et qu'il attribue à des poussées subséquentes à la mise en place des nappes, probablement même postérieures à l'ouverture de la fenêtre de la Basse Engadine et qui paraissent avoir agi concentriquement vers celle-ci.

Dans une seconde note M. W. Paulcke (**80**) a insisté sur l'importance de la découverte faite par lui d'un Orthophragmina dans un grès bréchiforme de la série supérieure de la Basse Engadine sous les nappes préalpines. Il a conclu de cette découverte qu'une partie importante des schistes et grès de la Basse Engadine, du Praettigau et du Rhæticon appartient au Tertiaire et représente tectoniquement l'équivalent de la zône du Flysch du Niesen dans les Préalpes.

Comme du reste divers auteurs ont été tentés d'envisager

le complexe des schistes et grès du Niesen comme représentant une série compréhensive s'étendant du Trias au Tertiaire, M. Paulcke est disposé à appliquer la même interprétation aux schistes et grès de la Basse Engadine, qui occupent une position tectonique semblable et présentent un faciès remarquablement analogue.

M. Paulcke propose pour l'unité tectonique que constituent ces schistes et grès le nom de « Bündnerdecke ».

Les déductions un peu hâtives de M. Paulcke ont été bientôt contestées par M. R. J. Schubert (**84**), qui a simplement remarqué que la découverte d'un Orthophragmina non déterminable spécifiquement constitue une base bien peu solide pour établir l'âge tertiaire de la formation ambiante.

M. W. Paulcke (**82**) a du reste reparlé de cet Orthophragmina et des relations des grès et schistes de la Basse Engadine avec le Flysch du Niesen dans une troisième publication, dans laquelle il a cité d'autre part deux gisements nouveaux de néphrite découverts dans la nappe rhétique de la Basse Engadine et un gisement fossilifère dans le Rotidolomit d'Innertkirchen. Dans ce dernier gisement les fossiles découverts sont une *Myophoria* cf. *vulgaris* et une *Nucula* cf. *gregaria*, qui permettent d'assimiler le Rötidolomit au Muschelkalk du Trias allemand. Or la présence du Trias de ce faciès dans la série autochtone des Alpes suisses constitue un argument définitif contre l'idée d'une chaîne vindélicienne préalpine.

A l'occasion d'une solennité jubilaire fêtée par la section de Strassbourg du club alpin allemand à la cabane qu'a construite cette section sur le versant NW de la **Scesaplana**, M. W. von Seidlitz (**85**) a publié une description de la partie avoisinante du Rhæticon.

Après avoir donné un aperçu sommaire sur les formations triasiques, qui constituent en grande partie le massif de la Scesaplana, il définit comme suit les caractères de la série jurassique :

1° Sur les calcaires du Dachstein viennent d'abord des calcaires ammonitiques du type d'Adnet (1 à 3 m.).

2° Ensuite se développe un système de marnes tachetées avec bancs calcaires, qui contiennent de nombreuses ammonites caractéristiques de différents niveaux du Lias (Allgäuer Fleckenmergel).

3° Ces marnes supportent une zone, épaisse d'une dizaine de mètres, de couches rougeâtres ou verdâtres, riches en

silex, qui passent vers le haut à des marnes de teinte rouge clair avec des bancs de calcaires également rouges. Pas de fossiles; vers le haut ces alternances marno-calcaires se transforment en des calcaires gris avec intercalations schisteuses, qui font penser aux calcaires à Aptychus des Alpes septentrionales, puis toute cette série se termine par un nouveau niveau schisteux, gris.

4° Les formations sédimentaires les plus récentes de la région sont des schistes gris ou bruns, à Globigerines, qui contiennent des bancs échinodermiques et dont l'âge pourrait être aussi bien suprajurassique que crétacique.

Par contre on trouve dans le massif plusieurs gisements de roches éruptives basiques d'âge récent, en particulier de diabases et de porphyrites.

Passant à la partie tectonique, M. von Seidlitz montre comment dans le massif de la Scesaplana le Trias et le Jurassique de la nappe austro-alpine sont plissés en :

1° Un synclinal au jambage méridional redressé ou même renversé, qui constitue la partie culminante de la Scesaplana ;

2° Un anticlinal écrasé et couché au NW, dont le cœur est en Hauptdolomit et qui forme l'arête de Panül ;

3° Un synclinal écrasé également, dont les deux jambages plongent isoclinalement vers le SE et dont le cœur est en schistes liasiques. Ce dernier pli passe dans le versant N du Panüler Sattel, qui forme le haut des pentes de la vallée de Gamperdona.

Ces formations austro-alpines plissées chevauchent dans le versant S de la Scesaplana sur les schistes jurassiques, les brèches crétaciques et les roches ophitiques de la nappe rhétique.

L'auteur donne ensuite une description géologique des différents itinéraires que l'on peut suivre pour faire l'ascension de la Scesaplana depuis le sud, l'est, l'ouest et le nord ; il attire en particulier l'attention sur les failles à faible rejet et les replis qui, au Mottakopf, affectent les calcaires suprajurassiques du synclinal le plus méridional.

Enfin M. von Seidlitz termine son travail par un beau panorama colorié géologiquement de la vue de la Scesaplana et cherche à faire comprendre à son lecteur la superposition des nappes helvétiques, préalpines, rhétique et austro-alpine dans cette région du Rhæticon, de la grande coupure du Rhin et des Alpes glaronnaires, où cette superposition est particulièrement claire.

Dans une autre publication M. W. von Seidlitz (**86**) a établi le fait que dans les Grisons, le Vorarlberg et l'Allgäu la base de la nappe austro-alpine et celle de la nappe des Klippes sont presque constamment jalonnées par des zones de granites écrasés ou mylonites, associés souvent à des brèches de friction. Ces mylonites, qui représentent de véritables lames de charriage, sont d'autant plus triturées et déchiquetées qu'elles ont été entraînées plus au N ; elles se rattachent vers le S. au massif du Julier (nappe austro-alpine) et au massif de la Rofna (nappe des Klippes). Vers le N, leurs zones se résolvent en blocs exotiques isolés, dont le transport est ainsi manifestement tectonique.

M. W. Hammer (**72**) a étudié dans le Rojenthal, un peu à l'E. du Rassassergrat que suit la frontière austro-suisse, une série calcaire formée de dolomies triasiques, de brèches et de calcaires liasiques et de schistes gris probablement tithoniques, qui est surmontée par les gneiss du Rassassergrat. Ce recouvrement est évidemment le même qui a ramené le Cristallin sur le Trias et le Jurassique au Piz Rims et dans le haut du Val d'Uina ; c'est le chevauchement de la masse cristalline de l'Oetzthal sur la série austro-alpine de la Basse Engadine.

A la fin de ce chapitre il convient de citer une notice, dans laquelle M. V. Uhlig (**90**) traite de la tectonique générale des Alpes autrichiennes.

Partant des Alpes suisses et des systèmes superposés des nappes helvétiques et lépontines, l'auteur met en lumière le caractère nécessairement charrié des Alpes orientales. Il décrit la zone des Alpes calcaires septentrionales, y montrant la réapparition des nappes helvétiques et lépontines sous forme de lames imbriquées et étirées devant le front de la nappe austro-alpine, puis il examine la tectonique générale de la gigantesque fenêtre des Tauern, dans laquelle l'érosion a mis au jour plusieurs unités superposées du système austro-alpin et, au-dessous d'elles, les schistes mésozoïques des nappes lépontines.

Massif de l'Aar. — Dans une récente publication, M. A. Baltzer (**63**) a notablement modifié l'interprétation qu'il avait donnée antérieurement du massif granitique de l'Aar. Il considère actuellement ce massif comme une unité génétique, dont les formes variées ont été créées après coup par des déformations tectoniques ; il renonce à appliquer au cœur granitique de ce massif le terme de laccolithe et admet comme

probable la pénétration du magma dans des voussoirs créés par les efforts orogéniques. Il constate l'abondance des enclaves dans le granite ; d'autre part il suppose que les schistes encaissants n'ont subi qu'un métamorphisme de contact très limité et il nie tout phénomène d'injection. Pour lui la discordance des schistes sur le granite est dûe à un entraînement des premiers sur le second sous les grandes nappes de charriage. Enfin M. Baltzer considère que l'intrusion du granite n'a pas pu se produire après les temps paléozoïques.

M. J. Kœnigsberger (**75**), dont j'ai déjà analysé à plusieurs reprises des travaux intéressant la géologie ou la minéralogie du **massif de l'Aar**, a publié en 1910 une carte géologique au 1 : 50 000 de la partie orientale de ce massif depuis Dissentis et l'Oberalpstock jusqu'au Spannort et au Kühplankenstock. Cette carte est destinée à mettre avant tout en lumière la constitution lithologique de la chaîne, ce qui fait que ses teintes correspondent à des types pétrographiques plutôt qu'à des termes stratigraphiques. L'auteur y établit une distinction entre les contacts francs et les transitions d'une formation à une autre ; les plongements sont indiqués quant à leur direction et quant à leur angle ; la partie topographique a été rectifiée en ce qui concerne l'enneigement et la glaciation ; les gisements minéralogiques sont marqués ; les formations quaternaires ne sont mentionnées que là où sont accumulés en quantité considérable des moraines, des éboulements ou des alluvions.

Cette carte est accompagnée d'un bref commentaire, dans lequel l'auteur traite successivement de la pétrographie du massif, de sa tectonique, de ses richesses minéralogiques et de son hydrographie.

Dans la partie pétrographique de son exposé M. Kœnigsberger envisage en première ligne les schistes cristallins précarboniférien du versant N. Parmi ceux-ci il distingue d'abord le gneiss sériciteux, qui prend un si grand développement dans la zone du Maderanertal et qui paraît dériver en partie de sédiments détritiques fins (schistes argileux-grauwackes), en partie de conglomérats, en partie de porphyres et de pophyrites. Au contact du granite qui le borde au S ce gneiss a subi une recristallisation partielle, il est en outre coupé par de nombreuses apophyses, mais celles-ci ne se prolongent pas profondément dans sa masse et il est évident que sa structure cristalline était déjà établie avant l'intrusion du magma granitique.

Dans ce même complexe schisteux, M. Kœnigsberger distingue divers types de roches intrusives basiques énergiquement métamorphisées ; ce sont : 1° des roches dioritiques, ayant appartenu soit à des massifs dioritiques, soit à des filons de porphyrite ou de diabase et ayant pris par métamorphisme l'aspect de schistes amphiboliques ; 2° des différenciations aplitiques des diorites constituées principalement par des plagioclases sodiques, de l'orthose, du quartz secondaire, de l'épidote, du grenat, de la séricite ; 3° des roches correspondant à un magma gabbroïde-péridotique et transformées en amphibolites massives, en éclogites, en schistes amphiboliques, en schistes talqueux et en serpentines ; 4° des roches dioritiques métamorphisées au contact du granite.

En corrélation avec ces formations, M. Kœnigsberger décrit le gneiss d'Erstfeld, qui forme la zone septentrionale du massif, comme un orthogneiss, dérivé d'un granite qui a fait intrusion dans les schistes à l'époque des premiers ridements varisciques, et qui leur a fait subir un métamorphisme profond. Ce gneiss correspond en effet absolument par sa composition à un magma granitique ; il est relié aux schistes sériciteux par une zone de transition graduelle.

Sur le versant S du massif, M. Kœnigsberger a retrouvé des schistes cristallins tout à fait comparables aux différents termes de la zone des schistes sériciteux. Ces formations constituent d'abord l'importante zone schisteuse qui se suit depuis Rarogne en Valais jusque dans le versant N du Val Tavetsch. Là on peut voir des gneiss sériciteux, qui dérivent en partie de grauwackes, en partie de conglomerats tout comme au N ; on trouve en outre dans ces paragneiss des amas de roches amphiboliques variées, dérivées les unes de magmas dioritiques, les autres de magmas gabbroïdes. Dans la partie septentrionale de cette zone le métamorphisme de contact est très nettement accentué et les injections aplitiques et microgranulitiques prennent un grand développement.

Plus près de l'axe de la chaîne des paragneiss de même caractère et probablement de même origine forment deux zones étroites pincées dans le granite, dont l'une, très courte, apparaît dans le versant S du Piz Giendusas, dont l'autre passe par le Crispalt, le Piz Ner, le Piz Ault et le Piz Carvardiras. En contact avec les schistes de cette dernière zone se développe la trainée de roches syénitiques du Piz Giuf, que M. Kœnigsberger envisage comme le produit d'une intrusion intermédiaire entre celle des diorites et des gabbros et celle de la masse granitique principale, modifié dans la

suite soit par l'influence du granite intrusif voisin, soit par le dynamométamorphisme développé par les ridements tertiaires.

Quant au granite axial du massif de l'Aar, il se rattache au type des autres granites acides des massifs centraux. Sa nature intrusive est mise en lumière d'une façon particulièrement nette par ses relations avec les schistes qui le bordent au N. Dans la zone de contact en effet, le granite pénètre par de multiples coins et apophyses dans les schistes et parmi ces prolongements filonniens, on reconnaît facilement les divers produits de ségrégation qui se développent habituellement dans la périphérie des batholithes granitiques.

Ce granite forme une zone principale, limitée au N par les schistes sériciteux du Maderanertal, au S par la bande syénitique du Piz Giuf, et une zone plus méridionale et moins importante, qui constitue le versant S du Piz Carvardiras et se continue en s'amincissant jusque dans les pentes méridionales du Piz Giuf et du Crispalt. Dans cette seconde zone le granite est bordé par deux zones de schistes injectés et montre lui-même marginalement des faciès schisteux de rebrassement.

Les intrusions de la syénite et du granite ont été suivies par des venues les unes aplitiques, les autres pégmatitiques ou lamprophyriques, auxquelles correspondent de multiples filons, qui coupent aussi bien les roches intrusives elles-mêmes que les schistes encaissants.

Passant à l'étude des formations sédimentaires, M. Kœnigsberger décrit d'abord la zone de conglomérats et de grès carboniférien qui se suit au milieu du territoire des schistes sériciteux depuis le Fruttstock jusqu'à Färnigen dans le Meiental. Ces roches ont été profondément métamorphisées soit par les granites et les porphyres voisins, soit par les compressions suscitées par les ridements tertiaires ; des lits d'anthracite y sont intercalés par places ; des nappes de porphyre les recouvrent.

Les formations mésozoïques ne sont conservées que sur les bordures du massif et dans la zone septentrionale des schistes sériciteux. Vers le N se développe la série bien connue par les travaux de M. A. Tobler, qui a été intensément disloquée dans la région du Wendenjoch par des glissements au N. Dans la zone septentrionale des schistes sériciteux on trouve, à partir du Görnerental vers le SW, des formations jurassiques, adossées au N à la zone des terrains carboniférien et comprenant des schistes probablement opaliniens, une brèche

échinodermique bajocienne, une oolithe ferrugineuse et des schistes du Bathonien, l'oolithe ferrugineuse callovienne partiellement transformée en schistes chloriteux avec *Pelt. calloviense*, et finalement du Hochgebirgskalk qui touche au N aux schistes sériciteux. Vers le S, dans le versant méridional du Val Tavetsch, les schistes cristallins sont recouverts par un complexe de schistes assimilables aux schistes lustrés et associés à des calcaires dolomitiques.

Quant à la tectonique du massif de l'Aar, M. Kœnigsberger envisage les schistes sériciteux comme des sédiments précarbonifères, dans lesquels ont fait intrusion, d'abord pendant les temps siluriens-dévoniens, des magmas dioritiques et gabbroïdes, puis des magmas granitiques pendant le Dévonien ou le Dinantien ; ces intrusions ont déjà provoqué un premier métamorphisme. Ensuite est venue l'intrusion principale du granite de l'Aar, qui a non seulement effectué un nouveau métamorphisme, mais qui a en outre été accompagnée de phénomènes orogéniques considérables. Ces faits se sont apparemment produits entre la fin des temps carbonifériens et le début du Trias ; ils ont été suivis par une phase d'érosion et de nivellement, qui a préparé la superposition discordante des terrains secondaires. Enfin, après la phase de sédimentation et de calme qui a marqué les temps mésozoïques, sont intervenus les plissements alpins, qui ont à la fois métamorphisé et soulevé les formations paléozoïques et créé la tectonique actuelle du massif.

M. Kœnigsberger consacre ensuite quelques pages à la description des gîtes minéralisés ; il montre d'abord que la minéralisation des diaclases dans le massif de l'Aar a accompagné ou suivi les plissements tertiaires, ensuite que la composition des gîtes dépend essentiellement de la roche encaissante, dont leurs éléments sont dérivés.

Dans le granite de l'Aar les gîtes comprennent avant tout du quartz, auquel se mêlent souvent de la chlorite brune, de la calcite, ou de l'hématite. Dans les grands filons on trouve en outre par places de la fluorine, de l'apatite, de l'adulaire, de la desmine ou de la laumontite. La galène avec ses produits de décomposition se rencontre dans les plus grands filons ; l'épidote, l'albite, la brookite, l'anatase n'existent que comme raretés. Dans la zone méridionale du massif granitique de l'Aar la pauvreté de la roche en biotite et sa richesse en chaux déterminent une modification des filons minéralisés.

La syénite, en particulier celle du Piz Giuf, contient de beaux gîtes minéraux, dont les éléments les plus fréquents

sont l'adulaire, le quartz, la hornblende et l'amiante, le sphène, l'apatite, la chlorite, et qui contiennent en outre plus rarement de la calcite, différents zéolithes, de la pyrite, de la galène, de la wulfénite etc....

Les schistes sériciteux au voisinage des syénites comportent fréquemment des cavités lenticulaires coupant à angle droit la schistosité et plus ou moins complètement remplies par du quartz, auquel sont généralement associés de l'anhydrite, de l'adulaire et de la chlorite. Dans l'intérieur des complexes de schistes sériciteux les gîtes minéraux sont particulièrement caractérisés par le quartz, la brookite, l'anatase et une chlorite verte, auxquels se mêlent suivant les gisements divers minéraux.

Dans les roches dioritiques les gîtes minéraux contiennent essentiellement du quartz, de l'adulaire et un sphène rougeâtre ; dans les gabbros ou leurs dérivés on trouve, à côté du quartz et de l'adulaire, un sphène vert, de l'albite, de la calcite, divers zéolithes, de l'amiante ; dans les péridotites ou leurs dérivés amphiboliques on trouve de l'épidote, de l'amiante, de l'albite, de la prehnite.

Dans le gneiss d'Urseren les associations minérales habituelles comprennent l'adulaire, le quartz, l'apatite, la fluorine, l'albite et une chlorite verte.

Quant aux gîtes métallifères, ils se répartissent nettement en deux catégories ; les uns, en relation directe avec les intrusions basiques précarboniférienne, sont des filons avec minerais de cuivre et de zinc ou des produits de ségrégation magmatique riches en oxydes et en sulfures de fer et de cuivre ; les autres, liés à l'intrusion granitique postcarbonifé-rienne, sont caractérisés par les minerais de zinc et de plomb.

Pour finir son exposé, M. Kœnigsberger examine rapidement la région qu'il a étudiée au point de vue de l'agriculture et de l'économie générale, puis il cite quelques excursions spécialement instructives pour qui veut se faire une idée de la géologie du massif de l'Aar.

Hautes Alpes calcaires. — M. L.-W. Collet (69) dont je signalais il y a quelques années une publication concernant la chaîne du Tanneverge et de la Tour Sallière, a continué depuis lors ses recherches sur cette chaîne, en les étendant soit vers le SW jusqu'à l'Arve soit vers le N et l'W jusqu'à la zone de Flysch du Col de Cou-Samœns. Le résultat de ces recherches poursuivies pendant plusieurs étés est exposé en

une étude monographique des **Hautes Alpes calcaires entre Arve et Rhône,** complétée par de nombreuses figures, une carte géologique au 1 : 80 000 et dix planches.

L'auteur débute par un exposé stratigraphique ; après avoir rappelé les faits déjà connus concernant le **Carbonifé-rien** de la zone de Servoz, il passe à la description du **Trias** formé, dans cette région des Alpes, de quartzites, de schistes rouges et verts et de calcaires dolomitiques associés à des cornieules. A propos des quartzites, il montre comment le ciment siliceux de celles-ci est le fait de dissolutions et de recristallisations effectuées dans le sein même du dépôt par les eaux d'imprégnation. Quant aux cornieules l'auteur les considère comme des brèches détritiques attaquées par la désagrégation athmosphérique.

Le **Lias** se divise entre Arve et Rhône en deux niveaux lithologiques très pauvres en fossiles : à la base des calcaires gréseux ou même bréchiformes, souvent très riches en débris d'Entroques, qui contiennent à leur partie supérieure *Bel. niger* et représentent le Sinémurien et le Charmouthien ; vers le haut des schistes noirs avec bancs calcaires et rognons siliceux, dont la partie supérieure a fourni au Buet *Ludw. Murchisoni.*

Le **Dogger** est représenté par un complexe uniforme de calcaires gris gréseux en bancs de 20 à 30 cm. pour ainsi dire sans fossiles. Au-dessus de ces calcaires se développe la série des schistes argileux à fossiles pyriteux, dont la base est probablement callovienne, mais dont la plus grande partie correspond par sa faune d'ammonites aux zones à *Quenst. Mariae* et *Card. cordatum.* Par places des lits de fer oolithique s'intercalent dans ces schistes, sans occuper, semble-t-il un niveau précis.

La partie supérieure du Jurassique est formée d'abord par des calcaires schisteux noirs à *Per. effrenatus,* qui représentent le Lusitanien de M. Haug, puis par la grande paroi des calcaires du Malm.

D'après M. Collet le **Crétacique** se décompose comme suit :

1° Schistes marneux noirs à *Thurm. Boissieri* et *Hopl. Callisto* (Infravalanginien).

2° Calcaires gris, pseudoolithiques du Valanginien supérieur.

3° Calcaires grenus, brunâtres à *Tox. complanatus* et *O. rectangularis* de l'Hauterivien.

4° Les calcaires massifs, organogènes de l'Urgonien avec *Req. ammonia.*

5° Des calcaires jaunâtres à *Orbit. lenticularis* (Bedoulien) à la base desquels apparaît, dans les Dents Blanches de Champéry, une lumachelle à petites Rhynchonelles.

6° Des brèches à gros éléments calcaires de l'Aptien supérieur, qui peuvent être remplacées par des calcaires grenus bruns et qui manquent aux environs de Criou, ainsi du reste que l'Aptien inférieur.

7° Les grès noirs glauconieux de l'Albien, riches en fossiles d'ammonites et qui correspondent aux zones à *Hopl. tardefurcatus*, à *Hopl. dentatus*, à *Morton. Hugardianum* et à *Morton. inflatum.*

8° Un banc mince de calcaire gris à grain fin avec glauconie disséminée. Cette couche, qui existe sous le sommet des Avoudrues et près des chalets de Bostan, contient *Acanth. Mantelli, Schlœnb. varians* et *Tur. costatus.* Dans la chaîne des Fiz elle est remplacée par un grès siliceux avec glauconie qui renferme les mêmes espèces.

9° Les calcaires sublithographiques du Crétacique supérieur (Turonien-Sénonien), qui commencent souvent par une zone bréchiforme et glauconieuse et qui semblent comprendre un niveau inférieur surtout riche en Orbulines et un niveau supérieur caractérisé par l'abondance des Globigérines.

Passant aux formations nummulitiques, M. Collet commence par redonner la coupe décrite par M. Douxami et relevée dans le massif de Platé, puis, à propos du vallon synclinal de Bostan, il montre que l'Aptien rouge, que Maillard et M. Jacob avaient cru y reconnaître, est en réalité du Nummulitique inférieur, comme Alph. Favre l'avait admis. La série renversée qui forme le pied des pentes du Tuet comprend ici au-dessous du Crétacique :

1° Des brèches rougeâtres à éléments sénoniens, probablement priaboniennes.

2° Des marnes rouges et noires, grumeleuses.

3° Des calcaires à petits Gastéropodes holostomes.

4° Des calcaires à petites nummulites priaboniennes.

Dans le Flysch helvétique de cette région l'auteur distingue de bas en haut :

1° Des schistes jaunes à Fucoïdes.

2° Des grès siliceux et micacés, variés, qui comportent entre autres le faciès des grès de Taveyannaz, passant vers le haut à des schistes noirs.

3° Les couches sableuses de la Molasse rouge.

A propos de cette série sédimentaire, M. Collet discute les idées récemment émises par M. Alb. Heim sur les causes de la stratification ; il ne croit pas pouvoir se rallier à ces idées, qui ne tiennent pas assez compte des multiples conditions qui influent sur la sédimentation ; il admet que dans une masse uniformément calcaire la stratification résulte d'arrêts dans la sédimentation, qui sont provoqués par des oscillations climatiques. Quant aux alternances de bancs calcaires et de lits schisteux ou siliceux, elles sont dues tantôt à des venues de matériaux détritiques, tantôt à des courants froids qui favorisent l'expansion des organismes siliceux.

D'autre part M. Collet se rallie à la notion du géanticlinal helvétique existant entre le géosynclinal valaisan et le géosynclinal vindélicien et il montre que son influence s'est nettement fait sentir sur la sédimentation mésozoïque au SW du Rhône.

La partie la plus importante du travail en question est celle qui traite de la tectonique des Hautes Alpes calcaires entre Arve et Rhône. Cette description commence par un chapitre consacré à la Tour Salière, dans lequel l'auteur décrit à nouveau le grand pli couché jurassique qui forme cette chaîne, et montre le synclinal sous-jacent à ce pli diminuant de profondeur de l'E. à l'W.

A propos du Mont Ruan, M. Collet expose comment le pli de la Tour Salière y est divisé en quatre replis frontaux de Malm et comment ces replis se répercutent plus au NW dans les formations crétaciques du Sagerou et des Dents Blanches de Champéry, tandis qu'au SE, dans les pentes du fond de Barberine n'apparaît plus qu'une masse uniforme de Lias portant le Dogger, l'Oxfordien et le Malm. Puis, suivant la crête qui conduit du Ruan au Pic de Tanneverge par les Rosses, l'auteur montre comment les plis du Ruan, s'enfonçant longitudinalement vers le SW, sont recouverts au Tanneverge par deux nouveaux plis de Malm et de Valangien.

Au S de cette chaîne suprajurassique, M. Collet a étudié la chaîne qui s'étend de la Pointe de la Feniva, au Grenairon et au Buet. Ici aussi il a constaté un empilement de plis qui s'abaissent du NE au SW en se relaiant ; ainsi à la

Pointe de la Feniva la série basale qui recouvre le Cristallin et s'étend du Lias au Dogger supporte une seconde série chevauchante formée de Lias et de Dogger; puis une nouvelle écaille se superpose aux deux précédentes dans la région du Cheval Blanc, tandis qu'au Buet apparaît un quatrième pli de Lias et de Dogger, qui chevauche sur la combe oxfordienne du Grenairon. Au synclinal couché d'Oxfordien qui sépare le pli du Buet de l'écaille du Cheval Blanc correspond plus au N le synclinal de Malm et de Valangien, qui forme le sommet du Grenairon; la série normale jurassique, qui supporte le Malm, chevauche sur un autre synclinal formé d'Oxfordien et terminant vers le haut la série jurassique du Cirque du fer à Cheval, équivalant de celle de la Tour Salière.

Le pli du Buet a été retrouvé par M. Collet dans le versant SW du cirque des Fonds ; là il est encore couvert par sa couverture crétacique et tertiaire qui forme l'arête des Fiz; il recouvre visiblement un autre pli couché de Lias et de Dogger, enveloppé par la charnière de Malm des Faucilles de Chantet. D'autre part l'auteur a constaté que dans le versant SE du Buet la série de Lias et Dogger qui forme le sommet chevauche directement sur la série basale qui recouvre le Cristallin ce qui prouve que l'érosion n'a pas entamé ici les racines des plis inférieurs.

Quant à la série crétacique qui recouvre normalement le pli du Buet à la Tête de Salles, elle est compliquée par un repli anticlinal déjeté, qui, vers l'W, s'accentue en un véritable chevauchement et ramène l'Urgonien sur le Sénonien au-dessous des chalets de Salles. Cette série crétacique se suit par la paroi des Fiz jusqu'à l'Aiguille de Varens, où M. Ritter a cru voir deux plis superposés par chevauchement, mais où il y a en réalité une seule série disloquée par une faille longitudinale.

Revenant aux environs de Sixt, M. Collet commence par rectifier la coupe de la Pointe de Sambet, telle qu'elle ressort de la carte géologique de France, en montrant qu'ici la série normale jurassique du Fer à Cheval, dont le Malm et l'Oxfordien forment les environs de Vogealle, est recouverte d'abord par un revêtement normal de Valangien, puis par une grosse écaille de Malm, qui se suit depuis le sommet de Sambet jusqu'à Nambride près de Sixt en s'abaissant rapidement vers le SW, et qui représente le soubassement normal de la série crétacique de la Pointe Rousse et de la Pointe de Ressachat.

Entre le vallon de Salvadon et l'arête de l'Avondrue l'au-

teur a constaté un plissement du Crétacique moyen et supépérieur en deux plis couchés superposés, formés évidemment sous la masse chevauchante de Sambet-Pointe Rousse. Au-dessous de ces deux plis la série crétacique et éocène se développe dans la direction du NW ; on la suit sous le chevauchement de Pointe Rousse jusque dans le vallon de Clévieux ; c'est dans son sein que naissent d'autre part quatre anticlinaux, qui augmentent rapidement d'importance du SW au NE, les anticlinaux du Foilly et de Barmes d'abord, puis, plus extérieurement, les anticlinaux de Tuet et de Bostan, qui forment le front des chaînes helvétiques. Dans une description spéciale de ces plis externes M. Collet montre comment les deux anticlinaux du Tuet et de Bostan non seulement s'élèvent du SW au NE, mais encore se déversent de plus en plus vers l'avant-pays, et se divisent l'un et l'autre en deux digitations secondaires. A propos du synclinal de Bostan qui les sépare, il corrige les coupes établies par Maillard et par d'autres, qui donnaient à tort pour aptiennes les couches rouges du Nummulitique inférieur ; ce synclinal est bien digité, mais avec une forme différente de celle qui fut généralement admise.

Cette description de la zone des Dents Blanches de Champéry amène tout naturellement l'auteur à dire quelques mots des Dents du Midi, dans lesquelles se retrouvent les mêmes éléments tectoniques.

Dans un chapitre synthétique M. Collet reprend ses diverses observations et celles de ses prédécesseurs, MM. Maillard, Haug, Ritter, de façon à en tirer les grandes lignes de raccord. Parlant d'abord du soubassement de l'Aiguille de Varens, le long du versant droit de la vallée de l'Arve et rappelant la coupe établie suivant cette ligne par M. E. Ritter, il insiste particulièrement sur la discordance de plissement qui se manifeste ici entre les plis du Lias, du Malm et de l'Urgonien.

Les deux plis supérieurs de Lias et Dogger de la vallée de l'Arve sont les mêmes qu'on retrouve dans le versant gauche de la vallée des Fonds, entre le col d'Anterne et les Fonds, et auxquels correspondent la charnière couchée de Malm des Faucilles de Chantet et le pli chevauchant d'Oxfordien et de Malm qui la recouvre. Quant au contre-coup de ces plissements dans l'Urgonien et les couches sous-jacentes, il paraît se réduire à un pli visible au SW de Sixt dans la Pointe des Places.

Après avoir décrit le profond ensellement transversal, que

suit à peu près la vallée du Giffre des Fonds à Samoëns, M. Collet raccorde l'anticlinal de Malm des Faucilles de Chantet avec le Malm de la base du Grenairon, qu'il suit de là jusqu'au Mont Ruan. C'est au-dessous de ce pli que se développe l'anticlinal du Jurassique de la vallée du Fer à Cheval et de Vogealle, qui, en se digitant et en se déversant de plus en plus dans la direction du NE, va devenir le pli de la Tour Salière. D'autre part ce pli moyen du Grenairon est relié par le synclinal du sommet de cette crête avec un pli supérieur développé au sommet du Buet et qui correspond au pli supérieur de M. Ritter.

Quant aux quatre anticlinaux crétaciques qui émergent de dessous le Flysch et le pli chevauchaut de Pointe Rousse-Clévieux, ils se prolongent d'une part vers l'E dans les digitations des Dents Blanches et des Dents du Midi, d'autre part vers l'W, d'une façon plus difficile à préciser, dans les plis du Rocher de Cluse et de la grotte de la Balme.

M. Collet termine sa description par quelques observations sur la morphologie des vallées et des cirques creusés dans la région considérée et par l'énoncé de quelques données intéressant les variations de l'enneigement dans ces dernières années.

Dans cette même région des Hautes Alpes calcaires de Savoie M. Ed. Hitzel (**74**) a étudié et décrit un repli secondaire couché qui affecte le Valangien, l'Hauterivien et l'Urgonien dans le soubassement de la Pointe de Platé.

M. A. Buxtorf (**65**) a publié en 1910 le rapport d'une expertise qu'il avait effectuée en 1909 en vue du nouveau tracé suivi par le **tunnel du Lœtschberg** dans sa partie septentrionale.

L'auteur décrit d'abord dans son rapport le môle que forme le granite de Gastern, dont l'uniformité n'est guère troublée que par quelques filons aplitiques du reste peu considérables.

Quant à la série sédimentaire, elle comprend d'après M. Buxtorf les éléments suivants :

I. Des brèches granitiques passant vers le haut à des quartzites (5-15 m.) (Verrucano auct.)

II. Des calcaires dolomitiques jaunâtres (Rötidolomit) qui manquent du reste souvent et dont l'épaisseur ne dépasse jamais 5 m.

III. Le Malm, qui dans le territoire restreint du Lötschberg recouvre directement le Trias et qui se divise en trois

complexes: 1° à la base des calcaires correspondant au Schiltkalk de la Suisse orientale, 2° des calcaires schisteux qu'il faut homologuer aux couches d'Effingen, 3° le Hochgebirgskalk épais de 100 m. environ.

IV. Le Berriasien comprend un niveau inférieur schisteux, un niveau supérieur calcaire et massif, tous deux épais de 80 à 100 m.

V. Le Valangien est formé de couches en partie calcaires, en partie marneuses.

VI. L'Hauterivien est représenté par le Kieselkalk.

VII. Les formations éogènes, qui recouvrent directement l'Hauterivien, débutent par des dépôts sidérolithiques et sont constituées surtout par des calcaires à lithothammies associés à des grès (Hohgantsandstein).

Dans un court chapitre tectonique M. Buxtorf montre ensuite comment les formations jurassiques-crétaciques, qui couvraient normalement le massif de l'Aar, s'en sont décollées de façon à former un grand pli digité, couché et même culbuté au N, qui se suit par le Doldenhorn et les Fisistöcke, le Balmhorn et le Rinderhorn. Le cœur cristallin de ce pli doit être cherché directement au S de la bande de calcaire suprajurassique de Satellegi-Telligletscher-Breithorn.

Pour déterminer les conditions de la traversée du tunnel sous la vallée de la Kander, M. Buxtorf a fait une étude détaillée du tronçon de cette vallée situé directement en aval de Gastern. Là la rivière coupe successivement deux seuils granitiques, qu'elle traverse par deux gorges de formation relativement récente et au travers desquels son parcours a dû être plusieurs fois modifié par des obstructions morainiques. Du reste aucune des tranchées creusées ainsi successivement dans le granite ne doit atteindre une grande profondeur et aucune ne menace par conséquent le tunnel dévié.

Dans un dernier chapitre, rédigé à un moment où la galerie N du tunnel du Lœtschberg avait atteint le granite de Gasteren, M. Buxtorf constate que les observations faites dans le tunnel ont cadré avec les prévisions jusqu'au kilom. 3500, où l'on a constaté, comme cela était prévu, le contact anormal du Malm renversé du pli du Doldenhorn avec son soubassement; mais à partir de là l'entreprise du tunnel a rencontré de nombreux faits inattendus. Tandis en effet qu'à la surface au dessus du tunnel le Malm n'est séparé du granite

que par une mince zone de Trias, la galerie a rencontré sous le Malm une épaisseur considérable de gypse triasique, dont rien ne pouvait faire prévoir l'existence ; au milieu de ce gypse est apparue une sorte de voûte formée d'argiles grises avec bancs et lentilles de grès, qui paraissent représenter du carboniférien ; puis le complexe gypseux et dolomitique a cessé brusquement suivant un plan probablement tectonique et la galerie s'est engagée dans des quartzites triasiques, qui appartiennent vraisemblablement à la couverture normale du massif granitique ; enfin la série cristalline commence en profondeur d'abord par une zone de roches porphyriques, d'aplites et de schistes injectés, que le tunnel a traversée entre les kilom. 3960 et 4660 avant d'atteindre le granite.

M. Buxtorf admet que le gypse triasique et les schistes carboniféries du tunnel représentent un amas d'éléments charriés, arrachés probablement à la bordure méridionale du dôme granitique de Gasteren. Il considère du reste que cette bordure, qui est marquée par le coin enfoncé au S des calcaires suprajurassiques de Sattellegi, correspond à une zône tectonique de première importance, qui se continue d'une part dans le versant N de la Jungfrau, de l'autre jusque dans le synclinal de Chamonix.

Enfin M. Buxtorf cherche à établir le fait de la prolongation du pli couché du Doldenhorn dans celui des Dents de Morcles et Dents du Midi, tandis que la nappe susjacente du Gellihorn représenterait le prolongement du pli des Diablerets.

M. Ed. Gerber (**71**) a terminé en 1910 une nouvelle série de recherches sur le petit **massif de la Standfluh**, situé immédiatement à l'E du Kienthal inférieur.

Ce massif est constitué par l'empilement de trois éléments tectoniquement et stratigraphiquement distincts : la nappe du Niederhorn, la nappe des Préalpes internes, la digitation du Gerihorn.

La stratigraphie de ces divers éléments paraît devoir être établie de la façon suivante :

A. Nappe du Niederhorn.

Le Valangien est représenté, semble-t-il, dans cette série par 1° Les schistes inférieurs, le calcaire inférieur (48 m.), les schistes supérieurs (25 m.), le calcaire supérieur (28 m.)

L'Hauterivien comprend essentiellement des calcaires siliceux et lités du type du Kieselkalk.

Le Barrêmien commence avec une zone, épaisse de 20-30 m., de schistes du Drusberg qui supporte le massif calcaire de l'Urgonien (80-100 m.)

Ici cesse le Crétacique et l'Urgonien est directement couvert par les grès du Hohgant avec leurs amas de petites orthophragmines, qui supportent les schistes marneux et micacés du Flysch (Priabonien). Dans ces schistes apparaissent des intercalations de calcaires à lithothamnies.

B. Terrains préalpins.

M. Gerber classe sous cette rubrique :

1° Des calcaires gris, plus ou moins marneux, souvent tachetés, contenant des Belemnites, qui affleurent spécialement au Renggrat et paraissent représenter le Néocomien.

2° Des couches rouges du Crétacique supérieur préalpin.

3° Des alternances de schistes micacés et de grès très tourmentés qui correspondent au Wildflysch.

4° Des blocs isolés de cornieules, de dolomies, de quartzites, de brèche du Niesen etc...

C. Terrains de la digitation du Gerihorn.

Ces formations comprennent essentiellement les grès de Taveyannaz et les schistes du Flysch, qui apparaissent au dessous des formations crétaciques de la Standfluh sur les versants du Kienthal et du Suldthal. A ces dépôts tertiaires se mêlent d'une façon compliquée des terrains préalpins et d'autres lambeaux qui paraissent provenir de la nappe du Niederhorn.

D. Formations quaternaires.

M. Gerber donne une description générale des formations morainiques, qui couvrent tout le bas des pentes de la Standfluh soit au SW, soit au NW, et dont l'accumulation inégale a donné lieu à un système bien net de quatre terrasses superposées. Il décrit également un grand éboulement détaché du flanc SW de la Standfluh et descendu de là jusque dans la vallée de la Kien.

Enfin M. Gerber fournit accessoirement quelques rensei-

gnements nouveaux sur le Crétacique et le Tertiaire de la Dreispitz.

La partie tectonique du travail se divise en trois chapitres, consacrés chacun à la description d'un profil dirigé du SE au NW. Dans le premier chapitre M. Gerber, partant de la série renversée et faillée du versant N de la Dreispitz, montre d'abord comment les terrains préalpins s'enfoncent en un synclinal irrégulier et très disloqué entre le pli couché de la Dreispitz et les formations crétaciques de la Wetterlatte, puis il passe à la description de ces formations elles-mêmes, qui sont brusquement relevées à la Wetterlatte le long d'une faille longitudinale, puis sont de nouveau affaissées suivant d'autres failles, pour se relever de nouveau, toujours, par faille au Hochgalm.

Le second profil étudié passe plus au SW par la Höchstfluh et le Kienthalerhorn; il montre d'abord la charnière frontale du pli de la Dreispitz reposant sur les grès de Taveyannaz du fond du Kienthal, puis il traverse une zone dans laquelle sont enchevêtrés les différents termes de la série préalpine et qui est brusquement interrompue vers le NW par une grande faille. Le Kienthalerhorn est du reste coupé dans son versant SE par une série de failles longitudinales, marquant chacune un relèvement des formations crétaciques helvétiques vers le NW. Le versant NW du Kienthalerhorn est plus simple; les couches crétaciques et tertiaires y plongent régulièrement vers le NW, leur abaissement étant partiellement compensé par des failles à rejet inverse.

La troisième coupe établie par M. Gerber suit à peu près le Suldthal, montrant le déversement de plus en plus accusé du pli de la Dreispitz au Morgenberghorn et les terrains préalpins pénétrant profondément dans le synclinal qui sépare ce pli de la petite voûte de la Hutmaad. La zone synclinale de terrains préalpins du Rengg-Grat se retrouve ici encore et est de nouveau limitée au NW par une faille le long de laquelle reparaissent les formations crétaciques et tertiaires de la Standfluh. Comme dans les profils précédents ces formations s'abaissent progressivement vers le NW et sont coupées par une succession de failles dirigées du SSW au NNE; elles sont couvertes à la Letze par un lambeau de terrains préalpins.

En résumé M. Gerber est arrivé à préciser les caractères stratigraphiques du Crétacique et de l'Eogène de la Standfluh comparativement à ceux des mêmes formations à la Dreispitz. Il a d'autre part démontré l'existence d'une nappe

préalpine moulée sur les plis helvétiques et a fait ressortir le rôle que joue tout un réseau compliqué de failles dans le massif de la Standfluh.

Les études que poursuivent les élèves de M. Baltzer dans les Alpes calcaires de l'Oberland bernois sera bientôt complétée par une nouvelle publication, due à M. Seeber que M. A. Baltzer (**62**) nous a annoncée par une très brève notice. M. P. Beck (**64**) a, de son côté, terminé en 1910 la carte des **chaînes calcaires externes au N du lac de Thoune.** La région qui est ainsi figurée géologiquement à l'échelle du 1 : 50 000 s'étend depuis le territoire de Nagelfluh de Siegriswil et du Zulgbach jusque et y compris la chaîne du Harder au N du lac de Brienz et d'Interlaken.

A côté de la plus grande précision dans le repérage des divers niveaux stratigraphiques des chaînes helvétiques, le principal intérêt de cette carte réside dans la délimitation qu'y a établie l'auteur pour la première fois entre la série helvétique et les lambeaux de recouvrements préalpins qu'elle supporte.

Ces lambeaux sont constitués en majeure partie par des brèches polygéniques et des grès du Flysch, associés à des marnes rouges supracrétaciques. Le principal d'entre eux remplit le fond du synclinal qui sépare la chaîne du Harder de celle du Guggisgrat-Hohgant, le long de la vallée de Habkern. Deux lambeaux moins étendus apparaissent entre le Beatenberg et Habkern, l'un formant l'arête de Leimern, où se trouve un paquet considérable de Couches rouges, l'autre se montrant directement à l'W de Habkern.

Enfin l'auteur définit exactement une zone de Flysch préalpin englobant de nombreuses petites klippes de Trias et de Jurassique, qui est étroitement pincée entre les formations helvétiques du Sigriswilergrat et la Nagelfluh subalpine.

Quant au front des nappes helvétiques dans ce secteur, M. Beck figure soit au Sigriswilergrat, soit dans le versant NW de la chaîne du Hohgant une série normale crétacique chevauchant, sans l'intermédiaire d'aucun jambage renversé, sur la zone précitée de terrains préalpins et sur la Molasse.

Cette carte est complétée par une planche de profils montrant du NW au SE le chevauchement de la zone des Klippes sur la Molasse, et du front des chaînes helvétiques sur la zone des Klippes, puis la zone synclinale des Ralligstöcke et l'anticlinal du Justithal, la large zone de Nummulitique et de Flysch du Beatenberg et de Habkern, ondulée par

la voûte de Waldegg et couverte par les lambeaux de recouvrement préalpins, enfin la chaîne crétacique Harder-Ausgtmatthorn, où M. Beck distingue nettement deux éléments tectoniques, 1° la charnière frontale bien connue constituée de Hauterivien et d'Urgonien couvert directement de Flysch qui forme le Harder, 2° au dessus de ce pli une charnière culbutée et digitée par places, qui comprend surtout des couches de Wang enveloppant un noyau de Seewerkalk et d'Urgonien, et qui apparaît en face de Habkern sur le versant SE de la vallée pour s'élever ensuite vers l'Augstmatthorn.

M. Beck a reconnu enfin dans la région qu'il a étudiée de nombreuses failles, dont plusieurs, longitudinales, se poursuivent sur une grande longueur.

Une petite carte spéciale au 1 : 20 000 du haut Justithal et de la partie NE du Sigriswielergrat ajoutée encore à la publication de M. Beck permet de se rendre compte de la multiplicité des failles qui coupent cette région.

M. A. Buxtorf a publié en 1910 une carte au 1 : 25 000 de la **chaîne du Bürgenstock** (**66**) qui est accompagnée d'une planche de profils et d'un texte explicatif (**67**).

Dans ce dernier l'auteur commence par rappeler que les chaînes calcaires externes, qui s'étendent du lac de Thoune par le Pilate et le Bürgenstock jusqu'à la Rigihochfluh, représentent le front d'une digitation inférieure du système des nappes helvétiques supérieures, qu'elles sont formées essentiellement par les terrains crétaciques et éogènes, chevauchant, par l'intermédiaire d'une zone charriée de Flysch, sur les bancs redressés de la Molasse. Ces masses chevauchantes ont été étirées longitudinalement par leur mouvement vers le N à cause de l'incurvation en arc de cercle qu'elles ont subie.

La zone des chaînes calcaires externes entre le lac de Thoune et la coupure de Schwytz comprend en réalité trois éléments tectoniques distincts :

1° La nappe du Niederhorn, prolongement de celle de l'Elsighorn, du Gerihorn et de la Standfluh, diminue d'importance progressivement du Niederhorn vers le NE et vient mourir dans le bas du versant N du Pilate. Elle est caractérisée par l'absence de tout le Crétacique moyen et supérieur à partir de l'Urgonien ainsi que des termes inférieurs de l'Eocène.

2° La nappe du Pilate, qui relaie la précédente, atteint son maximum d'importance et de complication au Pilate, puis

disparaît au N du Bürgenstock sous les eaux du lac des Quatre Cantons, pour réapparaître à l'E de Vitznau et former depuis là la zone septentrionale du Vitznauerstock et de la Rigihochfluh. Ces deux nappes peuvent être considérées comme deux digitations d'une même grande unité, mais elles sont séparées par un véritable plan de chevauchement.

Stratigraphiquement cette nappe se distingue de la précé- par la présence de l'Urgonien, l'Aptien et le Gault, et même, vers l'E, d'un peu de Crétacique supérieur. L'Eocène moyen y apparaît par places sous la forme de calcaire gréseux, tandis que dans l'Eocène supérieur les grès du Hohgant sont remplacés par un faciès schisteux.

3° La nappe du Bürgenstock, qui commence sous la forme d'une voûte régulière au Muetterschwandenberg, puis atteint son maximum d'importance au Bürgenstock et se continue comme série chevauchante supérieure au Vitznauerstock et à la Rigihochfluh, pour disparaître finalement près de Seewen sous le Flysch et les Klippes des Mythen.

Ici la série crétacique est complète jusqu'aux schistes de Seewen du moins dans la partie occidentale. L'Eocène moyen y est glauconieux, l'Eocène supérieur y prend un faciès schisteux.

Quant au prolongement de la nappe du Bürgenstock vers le SW et le NE, M. Buxtorf admet comme le plus probable que cette unité tectonique apparaît d'abord dans le versant N de la Dreispitz sous la forme d'une digitation frontale inférieure de la nappe du Wildhorn-Drusberg, qu'elle s'individualise nettement dans le Buchholzkopf et la Waldegg, disparaît momentanément sous un manteau de Flysch pour reparaître dans la région de Sarnen et se prolonger de là jusqu'à l'Urmiberg près de Schwytz. Vers l'E la nappe du Bürgenstock patraît se prolonger sous la forme d'une nappe charriée entre les nappes de l'Axen et du Drusberg (Richisauer-Zwischendecke de M. Oberholzer) jusqu'à la vallée de la Linth ; la chaîne des Aubrig, qu'on a généralement identifiée avec elle, représente probablement un pli supérieur, d'origine plus méridionale.

Si l'on considère maintenant la tectonique générale des chaînes calcaires externes, on constate que celles-ci sont formées successivement par des éléments tectoniques différents, qui se relaient du SW au NE : d'abord la nappe du Niederhorn, puis entre le Pilate et la Rigihochfluh la nappe du Pilate, puis, à l'Urmiberg, la nappe du Bürgenstock et aux

Aubrig la nappe du Säntis. Tous ces éléments figurent du reste des digitations de la grande nappe helvétique supérieure ou nappe du Wildhorn.

Passant ensuite aux relations existant entre les chaînes calcaires externes et la bordure du plateau molassique, M. Buxtorf montre d'abord que les nombreuses irrégularités que présente la zone de contact entre ces deux éléments ne sont pas expliquées d'une façon satisfaisante par l'hypothèse d'un plissement indépendant de la Molasse, suivi d'une phase d'érosion, qu'à proposée M. Arn. Heim. En réalité les causes sont ici multiples, ce sont d'abord les variations brusques de faciès qu'à comportées la sédimentation molassique, ensuite les poussées exercées sur la Molasse par les nappes helvétiques et les phénomènes d'entraînement, d'imbrication, de laminage qui en résultèrent, en troisième lieu des érosions opérées à la fin du Miocène. Du reste tout porte à supposer que le plissement de la Molasse, loin de s'être effectué indépendamment avant le développement des nappes helvétiques, a été au contraire le contre-coup des plissements et des charriages alpins.

A la fin de ce chapitre de tectonique générale M. Buxtorf exprime encore l'opinion que le manteau de Flysch, qui couvre les terrains mésozoïques dans le bassin des Schlieren, représente une nappe indépendante, la Schlierendecke, qui correspond à un élément préalpin, probablement à la zone des grès du Niesen.

L'auteur aborde ensuite la géologie spéciale du Bürgenstock et commence sa description par un aperçu stratigraphique. Dans le Crétacique il distingue de bas en haut les termes suivants :

A. Le **Valangien** se subdivise en :

1° Marnes valangiennes à *Ostrea Couloni* :

2° Le calcaire de Spitzern, sableux, brunâtre à la surface, en bancs peu épais séparés par des lits schisteux (20-30 m.).

3° Les marnes de Spitzern, brunâtres, avec lits de chailles calcaires (25 m.).

4° Le calcaire valangien schisteux vers le bas, puis spathique (15 m.).

5° La couche glauconieuse et ammonitifère de Gemsmättli qui, très bien développée au Pilate, est réduite à un lit discontinu au Bürgenstock.

B. L'**Hauterivien** comprend :

1° Des schistes partiellement glauconieux.

2° Les calcaires spathiques et siliceux, en bancs réguliers, du Kieselkalk (250-300 m.).

3° Des calcaires échinodermiques à *Tox. complanatus* et *Exogyra sinuata*.

C. Le **Barrêmien** est formé par :

1° Le calcaire glauconieux de l'Altmann avec des débris d'ammonites (0.1-1 m.).

2° Les marnes schisteuses de Drusberg (15 m.).

3° Des calcaires en bancs séparés par des zones schisteuses, siliceux vers le bas, avec *Ex. sinuata*, *Al. rectangularis*, (Sinuata-Schichten (60 m.).

4° L'Urgonien inférieur à *Requienia ammonia* épais d'une centaine de mètres.

5° Calcaires sableux alternant avec des marnes, contenant *Het. oblongus*, *Rhynch. Gibbsi* et *Orbit. lenticularis*. (40 m.)

D. L'**Aptien** se divise en :

1° L'Urgonien supérieur, brunâtre en surface oxydée, plus ou moins riche en éléments sableux (60 m.).

2° Les couches supérieures à Orbitolines, tantôt schisteuses, tantôt calcaires et compactes, avec des polypiers et des Réquiénies.

3° Grès verts à *Douvil.* ex. af. *Martini* et *Parahop.* ex. af. *crassicostatus* qui manquent par places.

4° Calcaires échinodermiques et calcaires glauconieux sans fossiles (20 m.).

E. L'**Albien** est représenté par :

1° La couche à *Inoc. concentricus*, *Parahop. Milleti*, *Douv. Martini* épaisse d'un mètre.

2° Des marnes schisteuses de quelques mètres de puissance.

3° Des calcaires glauconieux concrétionnés.

F. Le **Cénomanien** débute par les calcaires sableux et glauconieux à *Turril. Bergeri*, qui passent vers le haut au Seewerkalk.

C. Celui-ci forme encore la partie inférieure du **Turonien**; il termine la série crétacique au Bürgenstock, tandis que vers l'W, au Rotzberg, il est surmonté encore par les schistes de Seewen.

La série tertiaire débute avec les grès verts et les calcaires glauconieux à *Assil. exponens*, *Num. complanata* et grandes Orthophragmina, qui recouvrent les couches supracrétaciques

en transgression légèrement discordante. Vers le S ces grès sont remplacés par des marnes brunâtres.

Le second terme de l'Eocène, qui représente la partie supérieure du Lutétien, est le calcaire nummulitique en gros bancs, caractérisé par les coquilles innombrables de *Num. complanata* et *Num helvetica* et par l'abondance des Lithothamnies (24 m.). Ce complexe se termine souvent vers le haut par un niveau glauconieux très riche en grandes nummulites (1 m.).

L'Auversien est représenté par des marnes schisteuses contenant des débris de Pecten et correspondant aux Pectinitenschiefer du Pilate. Ces couches sont directement transgressives sur le Crétacique dans la nappe du Pilate ; elles sont surmontées par des schistes feuilletés, marneux, à Globigérines, les Stadtschiefer, dont l'âge doit être priabonien.

A propos du Quaternaire M. Buxtorf fait d'abord remarquer que, pendant la glaciation de Würm, le Bürgenstock a été encore entièrement couvert par les glaciers, dont la surface a dû s'élever jusqu'à 1200 m. Sa partie orientale a été couverte par le glacier de la Reuss, tandis que son extrêmité occidentale a été traversée par le bras unterwaldien du glacier de l'Aar, ou plutôt par les glaciers d'Engelberg et du Melchthal, qui formaient la bordure droite de celui-ci.

L'auteur décrit aussi les moraines déposées sur les flancs du Bürgenstock et aux alentours par les deux glaciers de la Reuss et de l'Aar pendant les premières phases du retrait de la dernière glaciation.

A propos des éboulements, M. Buxtorf signale la présence au bord du lac, aux environs d'Obermatt et d'Untermatt, de deux gros paquets éboulés, formés l'un d'Urgonien, de Crétacique moyen et supérieur et même d'Eocène, l'autre seulement d'Urgonien et couverts par les moraines de Würm.

Dans un dernier chapitre M. Buxtorf définit le caractère tectonique de la chaîne du Bürgenstock. Il montre comment la bordure septentrionale de cette chaîne est formée entre Stansstad et Kersiten par la nappe du Pilate, qui est ici plissée en synclinal et comporte de multiples complications dues à des étirements longitudinaux. Quant à la plus grande partie du Bürgenstock, elle appartient à la nappe du même nom ; vers l'E on y observe une série plongeant isoclinalement au S et comprenant le Crétacique et l'Eocène ; vers l'W les couches s'enfoncent synclinalement entre l'arête isoclinale du Bürgenstock et une voûte méridionale, qui s'accentue rapidement de l'E à l'W, qui se dédouble en deux anticlinaux

relayés, et atteint son maximum de développement dans l'extrémité SW de la chaîne.

Mais cette structure générale relativement simple est compliquée dans le détail par d'innombrables dislocations secondaires spécialement par des failles. Parmi ces dernières il faut distinguer une première catégorie, qui comprend des failles obliques avec décrochements horizontaux et qui résulte évidemment de l'étirement longitudinal subi par la chaîne. Une autre catégorie de fractures comprend des failles proprement dites, longitudinales, dont le plan coupe à peu près perpendiculairement les couches crétaciques.

En terminant son exposé, M. Buxtorf décrit encore sommairement quelques itinéraires particulièrement intéressants pour des excursions géologiques dans la chaîne du Bürgenstock.

Ces intéressants résultats ont été brièvement résumés par M. A. Buxtorf (**68**) devant la société géologique suisse.

M. P. Arbenz (**57**) explore depuis plusieurs années le **massif de l'Urirothstock** et a donné récemment un premier aperçu de ses observations. D'après lui les cœurs jurassiques de la nappe du Briesen-Drusberg se trouvent dans les plis du Hutstock-Widderfeld, qui n'apparaissent plus à l'E de la vallée d'Engelberg. Les plis jurassiques de l'Urirothstock représentent un élément inférieur, qui se trouve vers l'W. dans les plis du Jochpass-Scheidegg et est entouré par des formations infracrétaciques différentes de celles de la chaîne du Briesen ; ainsi les plis de l'Urirothstock correspondraient à la digitation inférieure de la nappe du Wildhorn.

MM. P. Arbenz et W. Staub (**59**) ont publié en collaboration une étude détaillée des affleurements des terrains helvétique qui apparaissent dans le fond de la **vallée du Rhin postérieur entre Bonaduz et Tomils**.

Aux environs même de Bonaduz apparaissent le Dogger et le Malm repliés sur eux-mêmes en un synclinal couché et fermé au N. Un peu plus au S, à Plazes, affleure le Verrucano, qui représente apparemment le cœur d'une voûte, puis, plus au S encore, vers la chapelle de Saint-Georges, on trouve le Dogger et le Malm très tourmentés, mais appuyés par la base contre le Verrucano précité et plongeant d'une façon générale au S.

Au-dessus de ces affleurements, les deux versants de la vallée sont formés par les Schistes lustrés qui, plongeant faiblement au S, chevauchent évidemment sur les terrains à

faciès helvétique. Entre la chapelle de Saint-Georges et Nundraus ces schistes descendent au-dessous du niveau de la vallée et forment comme un synclinal dans les dépôts jurassiques à faciès helvétique, puis ceux-ci reparaissent dans les environs de Nundraus, où l'on trouve, plongeant d'une façon générale au N, des dolomies et des schistes du Trias surmontés directement par le Jurassique moyen.

Notablement plus au S les auteurs ont constaté la présence de schistes et de dolomies triasiques plongeant au SE, à Pardisla près de Tomils. Ces couches sont sous-jacentes aux Schistes lustrés, mais ne représentent très probablement pas leur soubassement normal. A cause de leur analogie lithologique avec le Trias de Nundraus et à cause de leur état de dislocation beaucoup plus accentué que celui des Schistes lustrés, il faut les envisager comme appartenant très probablement encore à la série helvétique.

Les auteurs décrivent aussi quelques gisements douteux de terrains helvétiques situés à l'W de Bonaduz et dans les gorges de Versam. Ils font ressortir d'autre part la complication des dislocations subies par les terrains helvétiques en question, complication qui résulte en partie d'un ridement qui s'est fait suivant une direction NW-SE. Ils montrent que le chevauchement des Schistes lustrés sur ces formations helvétiques ne peut faire aucun doute, et qu'il n'existe aucune trace de terrains préalpins entre ces deux éléments tectoniquement superposés.

MM. Arbenz et Staub cherchent ensuite à préciser quel est l'élément des chaînes à faciès helvétique auquel les gisements de Bonaduz et environs doivent se rattacher. Pour cela ils établissent d'abord comme suit les caractères stratigraphiques de la série triasique-jurassique de Bonaduz :

Le **Trias** comprend de bas en haut des quartzites, des schistes bariolés associés à des grès (Quartenschiefer) des dolomies et des brèches à éléments dolomitiques.

Le **Lias** fait défaut.

Le **Jurassique moyen** commence avec des schistes opaliniens épais de 50 à 70 m., puis viennent une zone de brèche échinodermique (1.5 à 2 m.) et un banc d'oolithe ferrugineuse (0.5 à 1 m.).

Le **Malm** débute par la zone calcaire du Schiltkalk, qui est marmorisé et sériciteux, puis vient une zone de schistes gris ou jaunâtres argoviens, qui supporte les calcaires du Malm.

Cette série se rapproche en première ligne de la série au-

tochtone qui existe sur le massif de l'Aar et dans le Calanda, elle ressemble beaucoup aussi à celle de la nappe de Glaris. On peut donc admettre que les roches mésozoïques de Bonaduz et environs se rattachent tectoniquement à la série autochtone, ou bien qu'elles représentent peut-être la racine de la nappe de Glaris, mais elles n'ont rien de commun avec les nappes helvétiques supérieures. Les racines de ces dernières, qu'on devrait s'attendre à trouver sous les Schistes lustrés, font complètement défaut et on doit attribuer leur absence, ou bien à une érosion antérieure au chevauchement des Schistes lustrés, ou bien plutôt à des laminages et des déchirements tectoniques.

Parlant enfin du chevauchement des Schistes lustrés, les auteurs commencent par citer des observations inédites faites par M. Fr. Weber dans la partie orientale du massif du Gothard, qui montrent que les soit-disant Schistes lustrés du revêtement de ce massif qui affleurent entre Curaglia et le Tänigerbad sont du Verrucano renversé sur du Trias. Le chevauchement bien connu de la région de Dissentis est donc bien distinct de celui des Schistes lustrés du Rhin postérieur. Ici les Schistes lustrés représentent, comme dans le Valais, le revêtement des grandes nappes cristallines du S et, par analogie avec la tectonique des Alpes valaisannes, on peut appeler leur chevauchement sur les formations à faciès helvétiques le chevauchement pennin.

Un résumé des observations de M. P. Arbenz sur le Domleschg a été présenté à la société géologique suisse (**58**).

MM. J. Oberholzer et Alb. Heim ont publié en 1910 une forte belle **carte au 1 : 50 000 des Alpes glaronnaises**, qui continue fort heureusement au S et au SW les cartes établies antérieurement par MM. Alb. et Arn. Heim et M. Oberholzer (**79**).

Cette nouvelle carte s'étend depuis la chaîne de Wageten et la rive méridionale du lac de Walenstadt au N jusqu'au territoire du Piz Segnes et des Clarides au S ; elle comprend donc la région des chaînes externes et des replis frontaux de la nappe glaronnaise supérieure au N du Klœnthal, puis la zone des chaînes mésozoïques qui s'étend des Silbern au Mürtschenstock et qui est caractérisée par l'empilement en plusieurs digitations couchées et laminées des formations jurassiques-crétaciques de la nappe glaronnaise inférieure ; dans sa partie SW elle s'étend jusqu'au Klausen et aux Clarides; elle représente ainsi le territoire jurassique du Faulen, de l'Ort-

stock et du Muottathal supérieur chevauchant sur le Flysch de la vallée de la Linth et du Klausen, s'enfonçant au N sous les formations crétaciques des Silbern et du Glärnisch et compliqué par des replis secondaires, puis la région même du Klausen, des Clarides et du haut Linthtal, où l'on voit apparaître la série autochtone jurassique-crétacique avec ses nombreux replis couchés et effilés, pénétrant en partie fort avant dans le Flysch et où, entre cette série autochtone et la base de la nappe glaronnaise inférieure, on constate une imbrication compliquée de Flysch et de lames de charriage mésozoïques.

Dans la partie orientale de la carte de MM. Oberholzer et Alb. Heim nous voyons figurée d'abord la large zone de Verrucano et de Trias chevauchant sur le Flysch, qui s'étend depuis le Durnachtal jusque dans la région supérieure du lac de Wallenstadt et à l'arête des Spitzmeilen; la zone de Flysch d'Elm y est représentée du Muttensee au Foopass et finalelement, dans l'angle SE de la carte, figure la région du Segnes Pass, où l'on voit le Flysch s'amincir rapidement au SE entre la série normale jurassique-crétacique de l'Alp Segnes et de l'Alp Platt et la série renversée du Jurassique, Trias et Verrucano du Piz Grisch et du Vorab.

M. K. Tolwinsky a publié quelques observations nouvelles (**89**) sur les environs de Vättis et la crête qui s'étend du **Drachenberg** aux **Graue Hörner**.

Il commence son exposé par une description stratigraphique de la série autochtone des abords de Vättis avec, à la base, des schistes cristallins et des grès polygéniques du Verrucano, puis du Trias composé de Rötidolomit et de Quartenschiefer, du Jurassique, du Crétacique et du Tertiaire.

Le Jurassique commence dans ce territoire par des alternances de brèches échinodermiques et de schistes feuilletés, qui contiennent en grande quantité des ammonites toarciennes, puis viennent des calcaires échinodermiques francs, qui vers l'W et le S passent à des quartzites, et qui supportent les argiles noires opaliniennes. Au-dessus de celles-ci le Dogger se compose de grès ochreux (12 m.), d'un calcaire échinodermique (5 m.) et d'une oolithe ferrugineuse (2 m.) probablement callovienne. Le Jurassique supérieur commence avec les calcaires argoviens du Schilt et des calcaires noirs à séricite, un peu schisteux (50 m.), qui supportent le complexe des calcaires de Quinten épais d'environ 500 m. Le haut de la série comprend des calcaires coralligènes épais

de 70 à 80 m. couronnés par des calcaires marneux et schisteux du Tithonique.

La série crétacique, mal connue jusqu'ici et difficilement comparable avec d'autres séries correspondantes, a été classée par M. Tolwinsky de la façon suivante : A la base le Valangien offre un faciès prédominant calcaire et parait se diviser en un niveau inférieur correspondant à l'Oerlikalk du Säntis, une partie supérieure, qui représenterait le Valangienkalk de M. Arn. Heim, et une partie moyenne plus nettement stratifiée et formant replat ; l'épaisseur totale est de 60-70 m.

Le niveau du Kieselkalk est représenté par des assises marneuses et schisteuses avec des interstratifications échinodermiques à Ostracés, épaisses de 25-30 m. ; la partie supérieure de ces couches, riche en débris d'huîtres et en squelettes de Spongiaires, paraît appartenir au niveau de Drusberg. Au-dessus, l'Urgonien forme une paroi d'une hauteur très variable ; il ne comprend pas le niveau à *Orbitolina lenticularis* et est recouvert directement par l'Albien suivant une surface non seulement corrodée, mais profondément érodée par places ; vers l'E l'Urgonien a été même complètement supprimé par une érosion préalbienne. L'Albien n'est dans la règle formé que de grès glauconieux, dont l'épaisseur augmente là où celle de l'Urgonien sous-jacent diminue ; il passe vers le haut, par enrichissement en calcaire, aux couches à *Tur. Bergeri*. Le Crétacique supérieur est constitué ici par les calcaires et les schistes de Seewen et est remarquable par la rapidité avec laquelle il varie d'épaisseur, ces variations s'étendant de 30 à 120 m.

Comparée à la série crétacique du Kistenpass, décrite récemment par M. Arn. Heim, celle du Calfeusertal se distingue par une réduction d'épaisseur du Valangien, de l'Urgonien et du Gault, et par une augmentation au contraire considérable des couches de Seewen.

La série tertiaire qu'a étudiée M. Tolwinsky dans le Calfeusertal commence à la base par des grès verts à *Assil. exponens*, *Assil. mamillata*, *Num. complanata*, *Orthophr. discus*, épais d'une dizaine de m. mais ne contenant des foraminifères que dans leur partie inférieure, puis vient une complexe de schistes variés sans fossiles de 30 m. environ d'épaisseur, que surmonte uu calcaire nummulitique à *Assil. exponens*.

Ces couches nummulitiques sont recouvertes par le Flysch helvétique, dans la masse duquel l'auteur distingue un niveau de schistes à Globigérines correspondant au Stadtschiefer de

Kaufmann et un niveau de schistes ardoisiers, auxquels sont associés des grès du type des grès de Taveyannaz. Puis la succession des dépôts tertiaires est couronnée par un amas intensément disloqué de grès, de conglomérats, de brèches polygéniques et de schistes, qui constituent le Wildflysch et dont l'épaisseur est énormément augmentée par des replis et des imbrications. Il est probable qu'une partie de ce complexe est charriée.

Dans la vallée de Weisstannen les schistes sous-jacents au Wildflysch contiennent des interstratifications calcaires à *Num. atacica*, *Num. Guettardi*, *As. granulosa* ; des calcaires semblables se retrouvent dans une position semblable plus à l'E aux environs de Vilters, où l'on peut prouver qu'ils font partie d'une masse chevauchante, en sorte qu'on doit se demander si les couches nummulitiques du Weisstannental ne sont pas elles aussi en chevauchement.

Quant à l'âge de ces formations tertiaires des vallées de Weisstannen et de Calfeus, l'auteur les classe entièrement dans le Lutétien moyen et supérieur.

La partie tectonique du travail de M. Tolwinsky débute par la description de trois lambeaux de recouvrement mésozoïques chevauchant sur le Flysch au N de Vättis et du Calfeusertal, qui forment les sommets de l'Aelpli et du Drachenberg ainsi que le Brendlisberg. Ces lambeaux sont formés par une série normale s'étendant du Tithonique au Crétacique supérieur, et incurvée au N en une charnière frontale particulièrement bien visible au Drachenberg. Le plan de chevauchement est marqué par une discordance très accusée de l'élément chevauchant et du Flysch sous-jacent.

L'auteur montre ensuite que le versant N du Calanda, considéré jusqu'ici comme formé par une série normale et simple, montre en réalité deux éléments tectoniques superposés : 1° la série autochtone proprement dite se terminant vers le haut par une zone mince et intensément laminée de dépôts crétaciques ; 2° une série normale, chevauchante, de Malm, Crétacique et Flysch, 3° une nouvelle série normale de Malm et Crétacique. Ceci établi, M. Tolwinsky montre encore que le chevauchement du pli supérieur du Calanda peut se suivre d'une part au S jusque dans la vallée du Rhin, qu'il correspond d'autre part au chevauchement des lambeaux de l'Aelplikopf et du Drachenberg.

M. Tolwinsky parle ensuite des formations mésozoïques comprises entre le Verrucano chevauchant de la chaîne des Graue Hörner et le Flysch sous-jacent ; il montre que dans

la majorité des cas, il s'agit de Malm et de dolomies triasiques intensément laminés, tantôt superposés, tantôt enchevêtrés, mais que parfois on rencontre des séries renversées plus complètes correspondant à des restes d'un jambage médian. Le caractère de véritable pli de la nappe glaronnaise est du reste impliqué d'autre part dans le fait qu'on retrouve à la base du Verrucano les grès quartzeux de Mels, qui appartiennent stratigraphiquement à la partie supérieure de ce complèxe, qu'une partie du Verrucano se trouve par conséquent en jambage renversé.

Quant au Flysch du soubassement des Graue Hörner, M. Tolwinsky a pu se convaincre que, si les schistes à globigérines et les schistes ardoisiers qui apparaissent dans les fonds des vallées sont bien la couverture stratigraphique de la série autochtone des environs de Vättis, par contre le Wildflysch est, en tous cas en partie, tectoniquement superposé à son soubassement, et appartient au jambage renversé de la nappe glaronnaise. Ce Wildflysch est dans un état de dislocation extraordinaire, plissé et replissé, ou imbriqué suivant les cas; son plongement est en général faible au S, tout différent donc du plongement au NW de la base du Verrucano. Dans sa masse sont englobés par places de gros paquets de calcaires nummulitiques, ou surtout de Crétacique supérieur.

Pour conclure M. Tolwinsky expose que les observations qu'il a pu faire dans le Calfeusertal et la chaîne des Graue Hörner l'ont amené à envisager l'ordre suivant dans les transformations tectoniques subies par cette région : 1° chevauchement de la nappe glaronnaise, 2° sous la surchage de celle-ci et d'autres nappes peut-être, formation des plis couchés du Calanda-Drachenberg, 3° bombement du massif de l'Aar et de sa couverture sédimentaire. Il admet du reste que ces trois phases n'ont pas été nécessairement séparées par de grands intervalles, qu'elles ont même pu se pénétrer réciproquement.

Pour compléter son tableau, l'auteur donne un rapide aperçu sur les formations morainiques de la vallée de la Tamina, sur les divers petits lacs qui ornent la région et sur leur origine, enfin sur quelques dépôts d'éboulements.

M. Arn. Heim (**73**) a publié en 1910 la première partie de la **monographie des Churfisten et du Mattstock**, qui doit servir de texte explicatif à la carte du lac de Walenstadt parue en 1907.

Après avoir donné un aperçu historique sur le développe-

ment de la géologie spéciale de cette région, l'auteur consacre la presque totalité de ce premier volume à la description stratigraphique des formations tertiaires, supracrétaciques et médiocrétaciques.

Commençant par la Molasse de la chaîne du Speer, M. Heim rappelle qu'il faut envisager cet énorme complexe comme une série normale recouvrant le jambage S de l'anticlinal méridional de la Molasse et datant par conséquent d'une époque postérieure à l'Aquitanien. Il décrit ensuite la prédominance très accusée du faciès Nagelfluh, tout en montrant l'existence devant le Goggeien et le Mattstock, au milieu de cette série conglomératique, d'une lentille considérable de dépôts sableux et marneux, qu'on trouve là directement sous le chevauchement du Flysch, mais qui ne réapparaît ni dans la coupure du Flibach, ni dans celle de la Thur.

Parlant des galets de la Nagelfluh du Speer, M. Heim montre que, presque exclusivement calcaires, ils appartiennent en très grande majorité aux terrains mésozoïques des Alpes méridionales, des nappes austro-alpine ou des nappes préalpines, tandis que les terrains des nappes helvétiques y sont pauvrement représentés et exclusivement, semble-t-il. par leurs termes supérieurs du Nummulitique et du Flysch, Enfin l'auteur fait ressortir l'impossibilité d'admettre une extension primaire de la Molasse par-dessus les nappes alpines.

M. Heim aborde ensuite l'étude du Flysch, qui, d'après lui, se présente sous trois formes réparties entre 1° le Kapfenberg au N de Weesen, 2° le rocher de Fli et le front de la nappe du Säntis, 3° le dos de cette même nappe ; ces trois formes se succédaient ainsi du N au S dans leurs positions primaires.

Au Kapfenberg, qui correspond à une nappe helvétique inférieure, la série éogène commence par des grès verts à assilines, puis elle comprend des grès en partie quartzitiques, en partie calcaires, dont l'ensemble rappelle avant tout le Flysch autochtone de la haute vallée de la Linth.

Dans le ravin du Flibach et la zone correspondante du Flysch, quoique la position des terrains éogènes soit compliquée par l'état de dislocation des couches, M. Heim croit pouvoir définir comme suit la série éogène : à la base se présentent des grès à assilines, puis vient une série formée principalement de schistes mais contenant des interstratifications de calcaires fossilifères. Dans cette série on peut distinguer de bas en haut :

1° Schistes marneux jaunâtres à globigérines (50 m.?)

2° Schistes gris avec au moins trois bancs de calcaires glauconieux à *Assil. exponens* et *Num. gallensis* (100-200 m.).

3° Marnes grises à globigérines contenant des bancs d'huîtres à *Ostrea vesicularis* (200 m. ?).

4° Calcaire glaconieux à *Num. distans*, *Num. irregularis*, *Ass. granulosa*.

5° Marnes verdâtres, très riches en globigérines avec bancs de calcaires nummulitiques contenant la même faune que la couche 4 (250 m. ?).

Le même faciès schisteux de Flysch se retrouve dans la zone des terrains éogènes du versant S des Churfirsten, qui du reste, comme le Flysch du Flibach, appartient à la nappe du Mürtchenstock. On peut voir d'autre part, devant le front de la nappe du Säntis, sur le versant N du Säntis, du Goggeien et du Mattstock, une série renversée de Flysch avec grès à assilines à la base et schistes à globigérines au-dessus, qui appartient au même faciès.

Le Flysch qui couvre le dos de la nappe du Säntis montre une composition très hétérogène, sans qu'il soit possible du reste de reconnaître aux différents faciès qui le constituent des niveaux précis ; il semble plutôt que ces faciès alternent les uns avec les autres sans ordre. La formation la plus commune dans ce Flysch se compose d'alternances de grès en bancs et de schistes foncés, qui rappellent absolument les dépôts connus sous le nom de Wildflysch ; au milieu de ces assises on trouve de rares intercalations de grès grossiers et de conglomérats, de schistes siliceux et de calcaires siliceux ; d'autre part des zones de marnes rouges y apparaissent fréquemment et à divers niveaux, semble-t-il ; certains affleurements montrent des calcaires compacts à grain fin ; le faciès des schistes à Fucoïdes est aussi représenté dans le Flysch des synclinaux d'Amden et de Fliegenspitz-Wildhaus ; il est caractérisé outre les Fucoïdes par une faune de Globigérines. Enfin on trouve encore dans le Flysch de la nappe du Säntis des marnes plus ou moins feuilletées ou litées et des calcaires organogènes à nummulites ou à lithothamnies. Ces calcaires sont répartis, semble-t-il, à des niveaux variés dans le Flysch ; ils sont rares dans les zones de Flysch extérieures, plus abondants dans le synclinal Fliegenspitz-Wildhaus. Les espèces qui y sont le plus généralement répandues sont *Assil. granulosa* d'Arch., *Orthophr. Pratti* Mich., *Orth. Archiaci* Schl. Du reste on y reconnait d'une part le faciès à grandes

nummulites, de l'autre le faciès à petites nummulites et l'aspect de la roche varie de celui du calcaire organogène pur à celui de calcaire gréseux et glauconieux.

M. Arn. Heim consacre ensuite un important chapitre à la question des blocs englobés dans le Flysch. Il distingue parmi ceux-ci une première catégorie, qui comprend tous les blocs dont l'enveloppement dans le Flysch a été produit par des phénomènes purement tectoniques en relation avec le développement des nappes de charriage. Dans une seconde catégorie l'auteur classe les roches englobées dans le Flysch pendant sa sédimentation, qu'il s'agisse des lentilles de calcaire à lithothamnies ou d'autres calcaires, ou bien de blocs d'origine étrangère mêlés aux dépôts vaseux ou gréseux du Flysch.

Les blocs exotiques englobés dans le Flysch sont formés d'une part par des roches sédimentaires, de l'autre par des roches cristallines. Parmi les premières le type lithologique le plus caractéristique est un grès vert composé essentiellement de quartz et de feldspath plus ou moins altéré, et coloré par de la glauconie; la grosseur des éléments varie beaucoup dans ces roches ainsi que la proportion de calcite dans le ciment; en outre la structure est souvent modifiée par le métamorphisme, de façon à prendre une apparence cristalline. Parmi les blocs cristallins se sont de beaucoup les granites qui prédominent, puis les gneiss; ces blocs sont du reste pour la plupart de petites dimensions (1 à 4 dcm^3); leur forme est tantôt anguleuse, tantôt arrondie; ils sont parfois frais, souvent altérés. Quant à la répartition des blocs exotiques, il faut noter d'abord qu'ils peuvent aussi bien se trouver accumulés par places que disséminés isolément, ensuite qu'on les trouve non seulement à tous les niveaux du Flysch éocène, mais encore dans les schistes sénoniens de Leist, enfin qu'ils sont distribués sur toute la surface de la couverture tertiaire de la nappe du Säntis et qu'ils constituent du reste un caractère presque général aussi bien dans le Flysch helvétique que dans le Flysch préalpin.

Cherchant l'explication de la présence des blocs exotiques dans le Flysch, M. Heim commence par constater qu'il n'a trouvé parmi ceux-ci dans le territoire du Säntis et des Churfirsten aucune roche qui se rattache ni à une roche helvétique, ni à une roche préalpine en dehors du Flysch, que les blocs dits exotiques sont donc bien, pour la plupart au moins, d'origine lointaine: il rappelle ensuite les analogies bien connues de nombreuses roches exotiques du Flysch avec

des roches des Alpes méridionales; puis il discute les différentes théories mises en avant pour l'explication de ce phénomène et montre que celle qui est la plus conforme aux multiples faits observés est incontestablement celle imaginée déjà par Alphonse Favre, qui fait intervenir des transports par le moyen de glaces flottantes.

M. Heim établit ensuite une liste des foraminifères trouvés dans les divers niveaux calcaires interstratifiés dans le Flysch et, se basant sur ses déterminations, il conclut que tout le Flysch de la nappe du Säntis doit rentrer dans le Lutétien moyen et supérieur. Puis il termine ce chapitre par la constatation que, malgré toutes les recherches qu'il a effectuées dans ce Flysch, il n'a trouvé aucune trace de dépôts tertiaires appartenant certainement à la série préalpine.

Les grès verts à assilines qui forment la base de la série éocène dans la nappe du Mürtschenstock, au Kapfenberg et dans le jambage renversé du front de la nappe du Säntis, font l'objet d'un chapitre spécial. Ils sont du reste développés d'une façon assez uniforme et constituent une zone peu épaisse de calcaires glauconieux et grès, dans lesquels pullule par places *Assilina exponens*. A cette espèce se mêlent en quantité beaucoup moindré *Orthophr. discus* et *Num. complanata*. Les grès verts sont séparés des calcaires de Seewen sous-jacents par une limite absolument tranchée, tandis qu'il passent vers le haut à des marnes difficiles à délimiter par rapport au Flysch.

Dans le versant S de l'anticlinal méridional du Säntis, à la Lochalp au-dessus de Gams, M. Heim a relevé un intéressant profil de la base de l'Eocène. Ici le Crétacique se termine avec les marnes de Leist; l'Eocène commence par des alternances de calcaires glauconieux et de calcaire massif à lithothamnies, et dans ces couches l'auteur croit pouvoir admettre avec certitude la superposition d'un niveau calcaire à grandes nummulites (*N. complanata*, *N. distans*) à une série de couches plus gréseuses et contenant de petites nummulistes (*Num. cf. Boucheri*). Cette constatation lui est une précieuse confirmation des idées qu'il a émises antérieurement sur la répartition des nummulites dans le temps et à travers les faciès.

Partout ailleurs sur le dos de la nappe du Säntis ces couches nummulitiques assimilables au Bürgenschichten font défaut et le Flysch se superpose sans limite tranchée sur les marnes sénoniennes; l'apparition de ces couches du Bürgenstock dans la partie orientale du Säntis semble marquer l'ap-

parition ici du faciès de la nappe du Drusberg, qui suit au S le faciès de la nappe du Säntis.

Pour son étude des formations crétaciques, M. Heim divise ce système en trois termes : Crétacique supérieur = Cénomanien-Danien, Crétaciqne moyen = Gargasien-Albien, Crétacique inférieur = Berriasien-Bedoulien.

A propos du Crétacique supérieur l'auteur établit d'abord que dans tout le domaine du Säntis et des Churfirsten, on ne trouve nulle part un dépôt qui puisse être classé avec certitude dans les schistes de Wang. Dans la nappe du Säntis la série crétacique est terminée partout, sauf dans la partie orientale de l'anticlinal septentrional, par un complexe marneux, contenant des fossiles emschériens et campaniens, auquel M. Heim donne le nom général de couches d'Amden et qu'il divise en deux niveaux, les marnes de Leiboden à la base, les marnes de Leist au sommet. Il est à remarquer que cette série est toujours couverte directement par le Wildflysch sans intercalation de grès à assilines.

Les couches d'Amden existent au Goggeien et au Stock, mais elles sont surtout développées dans le synclinal de la Fliegenspitz. Les couches de Leiboden sont formées par des marnes grises, homogènes, très friables, qui contiennent une faune naine de gastéropodes avec quelques rares ammonoïdes : *Desmoc.* cf. *diphylloïdes*. Les couches de Leist sont plus schisteuses et moins homogènes, en ce sens que de petits bancs calcaires s'intercalent dans les schistes ; elles contiennent quelques gastéropodes avec 1 *Hamites*, 1 *Baculites* cf. *vertebralis*, 1 *Pachydiscus* cf. *Wittekindi*, 1 *Gadryceras sp.*, 1 *Phylloceras sp.* Sur le versant S du Häderenberg ces couches contiennent un banc à *Ostrea vesicularis*.

Dans leur ensemble les couches d'Amden se trouvent dans les nappes du Säntis, de Räderten et du Drusberg ; elles sont coupées vers le N, en supposant les nappes déroulées, par la transgression des Bürgenschichten, au S par celle des couches de Wang ; vers le bas elles sont reliées aux couches de Seewen sous-jacentes par un passage graduel. Quant à la limite supérieure du Crétacique, elle est souvent rendue incertaine par l'apparition, déjà dans les couches d'Amden, d'un faciès à brèches et à blocs exotiques tout semblable à celui du Wildflysch sus-jacent.

La faune des marnes de Leist comprend d'une part des coquilles de foraminifères appartenant aux espèces suivantes :

Globigerina bulloïdes d'Orb.
» cretacea d'Orb.
» aequilateralis Brady
Discorbina canaliculata Reuss
(= Pulvin.tricarinata Quereau)
Discorbina rudis Reuss
Textularia globulosa Ehrenb.
» globifera Reuss
» conulus Reuss
Orbulinaria ovalis Kaufmann

D'autre part ces couches contiennent une faune naine de gastéropodes et de lamellibranches, dont les espèces étaient pour la plupart inconnues, mais se rapprochent surtout d'espèces campaniennes, puis quelques ammonoïdes : *Tetragonites subepigonum* Boehm, *Pachydiscus* cf. *Wittekindi* Schlüt., *Hamites Roemeri* Gein., *Baculites* cf. *vertebralis* Lam., *Scaphites* cf. *Niedzwiedzkii* Uhl., enfin un Echinide, *Micraster* cf. *Brongniarti*. Cet ensemble faunistique permet de classer les marnes de Leist au niveau de l'Aturien, tel que l'a compris de Lapparent. Quant au faciès, M. Heim admet que ces couches se sont déposées à une grande profondeur, mais à petite distance d'une ligne de côte.

La faune des marnes de Leiboden comprend beaucoup d'espèces communes avec celle des marnes de Leist ; son caractère particulier lui est donné par la présence d'une espèce nouvelle *Ziziphinus Studeri* Boehm, de *Nucula Stacheri* Zittel, *Gaudryceras* cf. *mite* Hauer, *Baculites Oberholzeri* Boehm, *Desmoc.* cf. *diphylloïdes* Forbes ; d'après cet ensemble de fossiles il paraît justifié d'attribuer ces couches à l'Emscherien, tel qu'il est compris par de Lapparent. Le faciès des marnes de Leiboden correspond certainement à une sédimentation bathyale et diffère peu en somme de celui des marnes de Leist.

En terminant ce chapitre M. Heim constate que le faciès des marnes schisteuses à grains noirs (Körnchenschiefer) se trouve aussi bien dans le complexe des couches de Leist que dans le Flysch et que, dans les profils où la tectonique est compliquée et où les fossiles manquent, la distinction entre les schistes éocènes et supracrétaciques reste souvent problématique.

Le chapitre suivant est consacré aux couches de Seewen, dont M. Heim précise le sens, en les limitant au complexe calcaire compris entre les couches à *Turrilites Bergeri* et les marnes emschériennes de Leiboden. Dans la nappe du Mürtschenstock, aux Churfirsten, le calcaire de Seewen, couvert directement par les grès verts à assilines, est incomplet, sa partie supérieure manque et son épaisseur varie entre 50 et 100 m. ; dans le rocher de Fli les couches de Seewen sont terminées vers le haut par les couches alternativement mar-

neuses et calcaires des Seewerschiefer qui, épaisses d'une vingtaine de mètres, portent les grès à assilines. Sur le dos de la nappe du Säntis les couches de Seewen montrent un développement complexe et une transition graduelle du type du Seewerkalk aux marnes de Leiboden ; l'épaisseur totale de ces couches atteint 200 m. dans la région d'Amden et la partie SW du Säntis, puis elle diminue soit vers l'E, soit vers le S ; dans les chaînes médianes et méridionales du Säntis le calcaire de Seewen montre, un peu au-dessus de sa base, deux bancs interstratifiés, caractérisés par une forte coloration rouge.

M. Heim rappelle la composition de la faune de foraminifères du calcaire de Seewen, dans laquelle l'élément le plus abondant est fourni par *Orbulinaria sphaerica* Kaufm. Quant à la macrofaune de ces couches, les découvertes faites par l'auteur soit dans le territoire de la carte du Walensee, soit ailleurs dans les chaînes helvétiques de la Suisse orientale, lui ont permis d'établir la liste suivante :

Echinocoris vulgaris Breyn.
Micraster cor-testudinarium Goldf.
Holaster laevis Ag.
Terebratula carnea Sow.
» subrotunda Sow.
Inoceramus Cuvieri Sow.
» involutus Sow.
Belemnopsis ultima d'Orb.
Ptychodus polygyrus Ag.

Se basant spécialement sur les Inoceramus et malgré le caractère sénonien des brachiopodes, M. Heim croit pouvoir attribuer les couches de Seewen au Turonien et à la base de l'Emschérien. Du reste ces macro-fossiles se répartissent entre plusieurs niveaux qui se succèdent comme suit :

1° Calcaires gris à *Holaster laevis* var. *trecensis* et *Belemnopsis ultima*.

2° Zone à intercalations rouges contenant *Ter. subrotunda*.

3° Calcaire gris à *Inoc. Cuvieri*, *In. striatus*, *Ter. carnea*.

4° Alternances de schistes et de calcaires à *Inoc. involutus*.

De ces quatre niveaux le premier et le second pourraient représenter le Cénomanien supérieur ou le Turonien inférieur, le troisième le Turonien inférieur ou supérieur, le quatrième le Turonien supérieur ou l'Emschérien inférieur.

Le faciès des calcaires de Seewen correspond à une sédimentation bathiale, il est caractérisé par la forte prédominance des Orbulinaria.

M. Heim passe ensuite à la description de l'étage cénoma-

nien ; celui-ci est représenté dans la nappe du Mürtschenstock, au rocher de Fli et dans la partie frontale de la nappe du Säntis par une zone épaisse de 2 m. environ, qui établit une transition entre les grès verts albiens et le calcaire sublithographique de Seewen. Cette zone est plus glauconieuse à la base et riche en fossiles : *Douv. Mantelli*, *Schlœnb. varians*. *Turril. Bergeri*, *Ham. virgulatus* etc..., tandis que vers le haut elle prend l'aspect d'un calcaire à grain fin, tacheté de glauconie, et qu'elle ne contient plus de fossiles.

Dans la série supérieure des Churfisten le Cénomanien comporte sur plusieurs points des lacunes, qui montrent que sa sédimentation a été discontinue ou qu'une érosion sous-marine subséquente a supprimé sa partie supérieure, tandis que dans le massif de l'Alvier il y a de nouveau continuité entre l'Albien et le Turonien. La couche supérieure de cet étage, qui ne se distingue du Seewerkalk que par sa teneur en glauconie, contient la même faune de foraminifères que ce calcaire ; comme fossiles macroscopiques l'auteur ne peut y signaler que *Belem. minima* d'Orb. et *Ter. Sowerbyi* Hagenow. La couche inférieure est plus riche en quartz et en glauconie; les foraminifères y sont encore représentés par les mêmes globigérines et orbulinaires qui existent dans le Seewerkalk; la macro-faune est très abondante et comporte un mélange curieux de formes à affinités albiennes (*Turril. Bergeri*) avec des formes à affinités cénomaniennes (*Schlœnb. varians*, *Schl. Coupei*, *Douv. Mantelli*, *Turril Puzosianus*, *Turril. Morrisi*) ; pourtant la prédominance des espèces cénomaniennes et l'absence de *Morton. inflatum* parlent nettement en faveur d'un âge cénomanien. Le faciès de ces couches glauconieuses correspond à une sédimentation sublittorale effectuée à une profondeur de 100-300 m.

Le Crétacique moyen est composé, dans la série inférieure des Churfirsten (nappe du Mürtschenstock), par une succession de grès verts très durs et compacts vers le haut, à ciment calcaire dans leur partie moyenne, riches en nodules de phosphorite dans leur partie inférieure, que supporte une brèche échinodermique. La base des grès verts s'appuie sur une surface corrodée et irrégulière des calcaires sous-jacents, dans lesquels les grès pénètrent en profondes apophyses. L'âge de la brèche, encore incertain, correspond probablement au Gargasien, tandis que les grès verts, du reste très peu fossilifères, doivent représenter l'ensemble de l'Albien, ou, par places, *seulement* sa partie moyenne et supérieure.

Au Rocher de Fli le Gargasien et l'Albien inférieur font

complètement défaut et l'Urgonien supérieur est directement couvert par des schistes gris surmontés de grès verts, tous deux sans fossiles.

Dans la nappe du Säntis la série médiocrétacique est d'abord très semblable à celle de la nappe du Mürtschenstock dans la région frontale, puis elle se modifie par un épaississement considérable de l'Albien et le développement du Gargasien. Dans les environs de Wildhaus l'auteur a relevé la coupe suivante :

1° Les couches de Brisi, épaisses d'une dizaine de mètres, avec un grès glauconieux à la base, puis un banc à *Exog. Aquila* et une zone de calcaires échinodermiques glauconieux, représentent le Gargasien supérieur.

2° La couche de Durschlägi (30-75 cm.), grès glauconieux avec amas de brèche échinodermique, riche en nodules de phosphorite dans sa partie supérieure.

3° Les couches du Fluhbrig, formées d'argiles, de marnes et de calcaire glauconieux, épaisses de 2-3 m., contiennent une faune assez riche avec *Nautil. clementinus* d'Orb., *Solarium Hugianum* Pict. et R., *Natica gaultina* d'Orb., *N. ervyna* d'Orb., *Plicatula inflata* Sow., *Janira quinquecostata* Sow., *Ostrea arduennensis* d'Orb., *Inoceramus concentricus* Park., *Ter. Dutemplei* d'Orb.

4° Des calcaires glauconieux, dits couche de Twirren avec *Inoc. concentricus* et de petites bélemnites, épais de 10 à 12 m.

5° Des grès glauconieux à ciment et rognons calcaires (Knollenschicht). Les couches 2 à 5 appartiennent à l'Albien.

Un peu plus à l'W près de Saint-Johann on retrouve une série analogue, mais dans laquelle la couche de Durschlägi contient une faune assez abondante, entre autres : *Desm. Beudanti*, *Desm. latidorsatum*, *Douvill. mamillatum*, *Inoc. concentricus*, *Plicatula gurgitis*.

Une série analogue à celle de Wildhaus existe dans les chaînes du Mattstock et du Gulmen, où en particulier les couches gargasiennes de Brisi sont bien développées, ainsi qu'à Durschlägi au-dessus d'Amden.

Le Crétacique moyen prend une extension considérable sur le versant N des Churfirsten et y atteint son maximum d'épaisseur. D'abord les grès verts de Brisi sont séparés de l'Urgonien par une zone de grès marneux, verts-brunâtres, les couches de Gams, qui atteignent près de 20 m. d'épais-

seur. On voit en second lieu apparaître ici un niveau distinct de grès verts quartzeux, très pauvres en calcaire, qui séparent la brèche échinodermique de Brisi des marnes et calcaires glauconieux du Flubrig, et que l'auteur appelle couches de Niederi. Enfin on voit ici, à la base des grès verts à rognons calcaires de l'Albien supérieur, le niveau du Lochwald contenant par places une faune assez riche :

Mortoniceras Bouchardi d'Orb.	Turrilites plicatus d'Orb.
Brancoceras varicosum Sow.	Natica gaultina d'Orb.
Desmoceras Beudanti Brong.	Inoceramus concentricus Park.
Puzosia Mayori d'Orb.	» sulcatus Park.
Hamites Charpentieri Pict.	Terebratula Dutemplei d'Orb.
» Venetzianus Pict.	Trochocyathus conulus From.

Dans la chaîne de l'Alvier, l'Albien subit une diminution progressive vers le S, tandis que le Gargasien s'enrichit à sa base de termes nouveaux, les marnes dites de Luitere et les grès verts dits de la base. Les niveaux fossilifères se trouvent dans la couche du Lochwald et dans celle de Durschlägi, qui est surtout riche en *Ter. Dutemplei ;* dans les marnes de Gams l'auteur a récolté *Parahopl. Tobleri* Jacob et *Lytoc. Duvali* d'Orb.

En résumé le Crétacique moyen augmente rapidement d'épaisseur du N au S dans la nappe du Säntis, non seulement par l'épaississement de ses divers termes, mais surtout par l'adjonction successive des couches moyennes et inférieures. L'épaisseur minimale se trouve dans les chaînes septentrionales du Säntis et dans la nappe du Mürstschenstock, où la série médiocrétacique, épaisse de 6 à 7 m. seulement, ne comprend que les grès à rognons (Knollenschicht) et les couches de Twirren ; elle est maximale dans l'Alvier, où l'Albien et le Gargasien atteignent ensemble 80 m. de puissance et où la lacune stratigraphique, qui sépare l'Urgonien du Gargasien, est réduite à un minimum.

Préalpes. Dans une courte notice M. M. Lugeon (76) a établi la prolongation, à la base des nappes de la **zone des Cols** (Préalpes internes), de la même lame de terrains crétaciques, qui existe dans la région de la Plaine Morte au-dessus de la nappe du Wildhorn. Cet important élément tectonique apparaît clairement sur différents points dans la vallée de la Lenk ; au-dessus de lui se superposent en deux séries successives les schistes callovo-oxfordiens et les calcaires suprajurassiques. Les grès siliceux qui se montrent plus haut en plusieurs zones, alternant avec des terrains secondaires contiennent toujours des Nummulites granulées.

Plateau Molassique.

M. F. Mühlberg (**102**) a publié une carte géologique au 1 : 25 000 des **environs du lac de Hallwil** et des parties supérieures des vallées de la Suhr et de la Wina, et a complété cette carte par un petit cahier de commentaires (**103**).

Les formations quaternaires prennent dans ce territoire une part prépondérante à la constitution du sol. Dans toute la partie méridionale les moraines de la dernière glaciation couvrent la plus grande partie de la surface, s'avançant jusqu'à Kirchleerau dans la vallée de la Suhr, jusqu'à Gontenschwil-Zetzwil dans le Winental et bien en aval de Hallwil dans la vallée de l'Aa. En avant des moraines frontales les fonds des vallées de la Suhr et de la Wina sont couverts par des alluvions de la Basse Terrasse, caractérisées par l'abondance des éléments sableux.

Les moraines de la glaciation principale se trouvent en dehors des limites des moraines de Würm et au-dessus, couvrant les parties élevées de la région méridionale et orientale de la carte. En relation avec elles M. Mühlberg a décrit et figuré des dépôts alluvionnés, riches en sable, s'appuyant sur la Molasse suivant une surface irrégulière et particulièrement développés entre les vallées de la Suhr et du Ruederchen.

Quelques terrasses, élevées de 50-60 m. au-dessus de la Basse Terrasse et longeant les vallées jusque bien au S. des moraines de Würm, ont été classées et décrites par l'auteur comme Haute Terrasse ; ainsi au N de Schöftland, dans le bas de la vallée de Ruederchen, au N d'Unter Kulm, en amont de Menziken dans les vallées de la Wina et du Ricklenbach, etc...

Enfin M. Mühlberg a distingué quelques lambeaux de Deckenschotter répartis entre deux niveaux.

Passant à l'étude des dépôts tertiaires, M. Mühlberg commence par démontrer que la Molasse marine ne passe latéralement ni à la Molasse d'eau douce supérieure, ni à la Molasse d'eau douce inférieure, contrairement à ce qu'admettait Kaufmann, mais qu'elle est régulièrement intercalée entre les deux. Puis il décrit comme suit les divers niveaux molassiques.

La Molasse d'eau douce supérieure, qui forme avec les dépôts glaciaires la plus grande partie de la surface de la carte, est constituée en majeure partie par des grès et des marnes concrétionnées ; elle comprend souvent près de sa base des lits charbonneux et un ou plusieurs bancs calcaires à

Limnea dilatata, *Planorbis cornu*, *Helix sylvana*, *Unio flabellatus*, etc...

La Molasse marine se subdivise en quatre termes :

1° Molasse marine supérieure, épaisse de 40 m. au N, de 80 m. au S, est formée de grès verdâtres, concrétionnés par places et contenant localement des coquilles d'huîtres en petite quantité.

2° Nagelfluh polygénique formant un banc remarquablement continu dans toute cette région du plateau molassique, épais de 1-20 m., régulièrement stratifié.

3° Zone de molasses tendres, riches par places en dents de squales ou en restes de *Cardium commune* (Muschelsandstein) (40-60 m.).

4° Grès durs, épais de 70 m., connus sous le nom d'Aargauer Sandstein (Burdigalien).

La Molasse d'eau douce inférieure n'apparaît sur le territoire de la carte que dans le bas de la vallée de la Suhr.

Après cet exposé stratigraphique M. Mühlberg donne un aperçu des transformations subies par la région moyenne du plateau suisse depuis le commencement de la sédimentation molassique, soit par suite des mouvements orogéniques du Miocène-Pliocène, soit par suite de la longue phase d'érosion qui a suivi. A propos de ce travail de l'érosion, l'auteur s'élève contre l'idée de l'existence d'une pénéplaine subalpine avant le dépôt du Deckenschotter ; il se représente que dès le début les grandes lignes de l'hydrographie ont dû s'établir, que les grandes vallées se sont par conséquent dessinées de bonne heure. Le sillon subjurassien actuel est la conséquence d'une érosion particulièrement forte du pied du Jura et des chaînes jurassiennes, en relation avec la surrection de celles-ci ; il a servi depuis fort longtemps de drain à cette région du plateau et a été le point de départ de la formation des vallées de la Suhr, la Wina, l'Aa, etc...

M. Mühlberg émet des doutes sur la réalité des deux premières glaciations de MM. Penck et Brückner. Il fait ensuite ressortir le contraste considérable qui se manifeste entre la partie de la région considérée qui est comprise en dehors des moraines de Würm et la partie qui se trouve en deçà de ces moraines. Il explique ce contraste surtout par l'action érosive des glaciers, et l'importance de cette action l'amène à attribuer à la glaciation de Würm une durée particulièrement longue.

Parlant du lac de Hallwil, M. Mühlberg montre que ce

lac se trouve dans un tronçon de vallée élargi par érosion glaciaire, en aval duquel les moraines et les alluvions de Würm ont constitué un puissant barrage, tandis que le bassin même du lac a très probablement été approfondi par le glacier. Après un premier retrait des glaciers, les moraines de Gelfingen-Ermensee furent accumulées en amont du lac de Hallwil, dont la partie supérieure fut comblée alors par des alluvions fluvioglaciaires; puis un nouveau retrait amena la formation du lac de Baldegg en amont du barrage morainique et dans un bassin en partie surcreusé lui aussi.

Dans la vallée de la Wina un lac de barrage a dû exister aussi momentanément en amont des moraines de Gontenschwil, puis il a été comblé et transformé en tourbière.

La notice de M. Mühlberg fournit dans sa dernière partie quelques indications sur les matières premières exploitées dans la région (grès ou calcaires de la Molasse, charbons, blocs erratiques, sables et graviers), sur la nature des sols au point de vue agronomique et sur l'hydrographie.

Jura.

Sur l'instigation de M. Ch. Sarasin, Mlle X. de Tsytovitch a entrepris l'étude détaillée du versant septentrional de la **première chaîne du Jura dans la partie qui domine le vallon de Chézery (Ain) (107).**

La particularité la plus intéressante de ce territoire consiste dans le fait que la voûte du Reculet-Credo y a été éventrée par un gigantesque éboulement, qui a supprimé en grande partie le jambage septentrional des formations suprajurassiques et qui a amené l'accumulation dans le fond de la vallée d'énormes masses de Dogger, d'Oxfordien et de Séquanien relativement peu morcelées, simulant des roches en place et considérées en effet jusqu'ici comme telles.

Mlle de Tsytovitch, avant d'aborder l'étude de cet éboulement, fait à nouveau la description de la série stratigraphique qui affleure aux abords de Chézery et qui s'étend du Bajocien à la Molasse aquitanienne, avec une lacune importante entre le Rhodanien et l'Aquitanien. Cette description s'étend plus particulièrement sur le Jurassique moyen, qui contient de nombreux niveaux fossilifères ou caractéristiques.

Dans la chaîne du Reculet l'auteur a trouvé directement sous les calcaires spongitiens de l'Oxfordien de haut en bas :

1° Un calcaire marneux et ocreux, épais de 2 à 4 cm., avec *Card. Lamberti.*