

Zeitschrift: Eclogae Geologicae Helvetiae
Herausgeber: Schweizerische Geologische Gesellschaft
Band: 10 (1908-1909)
Heft: 2

Artikel: IIIe partie, Tectonique : descriptions régionales
Autor: [s.n.]
Kapitel: Généralités
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-156866>

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: 22.02.2026

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

Les résultats obtenus par ces recherches ne concordent pas avec ceux qu'a donnés à M. Folghereiter l'étude des vases étrusques pourtant à peu près contemporains, et ce fait semble indiquer que l'argile de ces poteries allemandes ne possédait pas une aimantation de cuisson stable.

M. Mercanton rend compte des observations faites par MM. Brunhes et David sur l'aimantation des briques naturelles et des laves du Puy de Dôme et fait ressortir l'intérêt très grand qui s'y rattache soit par les variations considérables dans la position des pôles magnétiques de la terre qu'elles révèlent, soit par les déductions d'ordre géophysique général qu'elles permettent. Il termine en insistant sur l'utilité qu'il y aurait à poursuivre sur une grande échelle l'étude de l'aimantation par cuisson des argiles produite aux différentes époques et dans des conditions diverses.

III^e PARTIE.— TECTONIQUE. DESCRIPTION RÉGIONALES

GÉNÉRALITÉS

La Société géologique d'Allemagne ayant décidé de consacrer ses excursions de 1907 à la Suisse, s'est choisi comme guide M. C. SCHMIDT. Celui-ci a été amené ainsi à composer, à l'usage de nos confrères d'Allemagne, une brochure donnant une orientation générale sur diverses régions de notre pays (91).

L'auteur commence par donner quelques renseignements sur le territoire environnant Bâle (Dinkelberg, Tüllingerberg, vallée du Rhin, Neuwelt, etc....). Il expose ensuite plusieurs profils à travers le Jura tabulaire de l'Aar à la Birse, puis passe aux chaînes jurassiennes, en tenant compte plus particulièrement des environs de Liesberg et de Moutier, ainsi que du Weissenstein.

L'étude des Alpes commence avec celle de la région du lac des Quatre Cantons, et la description des plis de l'Axenberg, du Frohnalpstock-Bauenstock, de la Rigihochfluh. Les renseignements tectoniques sont complétés par un tableau stratigraphique des terrains secondaires dans la série autochtone, dans les 3 zones de l'Axenberg, du Frohnalpstock et de la Rigihochfluh, et dans les Klippes.

La superposition des Klippes de Giswyl sur la nappe helvétique supérieure, puis les relations de celle-ci avec les Alpes

calcaires plus internes, et avec le massif de l'Aar font l'objet d'un chapitre spécial.

Ayant amené ainsi ses lecteurs, par Meiringen et Gletsch, à Brigue, M. Schmidt leur expose la structure de la chaîne du Simplon et du bassin de la Viège, dont la description détaillée publiée dans les *Eclogæ*, est analysée plus loin. Il donne en même temps de nombreux renseignements sur les observations faites pendant les travaux du tunnel du Simplon et quelques indications sur les richesses minérales du Valais.

Pour définir la publication de M. Schmidt, il reste à dire que l'abondance des figures, profils, photographies qu'elle contient en fait un véritable album géologique.

Nous devons au même auteur une seconde publication du même genre (92), elle aussi richement illustrée, dont le but est d'intéresser à la géologie les nombreux amateurs de nos montagnes, et dont le texte est mis à la portée du public.

Dans un premier chapitre nous trouvons l'exposé des relations existant entre les Vosges, la Forêt-Noire, le Jura tabulaire et les chaînes jurassiennes, suivi d'une description tectonique de ces dernières.

A propos du plateau molassique suisse, M. Schmidt montre l'accentuation progressive du plissement de la molasse du N au S, et la disparition des grès miocènes au S sous le front chevauchant des Alpes calcaires ; il fait ressortir aussi la prédominance des conglomérats le long de la bordure méridionale du plateau molassique et le rôle orographique que jouent ces masses particulièrement résistantes.

A propos des Alpes l'auteur commence par insister sur l'importance de certaines zones tectoniques, ainsi celle qui s'étend du Säntis aux Ralligstöcke, la zone tertiaire Amden, Brunnen, Sarnen, Habkern, la zone Glärnisch, Urirothstock, Faulhorn, la zone tertiaire Pfäffers, Altdorf, Meiringen, Gemmi. Puis il décrit les coins classiques de la série sédimentaire autochtone dans les schistes cristallins du massif de l'Aar et montre l'enfoncement longitudinal de ce massif soit vers l'E soit vers l'W sous son revêtement mésozoïque.

Viennent ensuite une série d'observations un peu hâchées sur les plis helvétiques s'enracinant dans les massifs centraux, sur les Klippes et les Préalpes, sur les formes orographiques naissant d'une part dans les schistes, de l'autre dans les granites, sur les lignes synclinales qui jalonnent au N et au S les massifs du Gothard et du Mont Blanc. L'auteur développe, à propos de la zone des Schistes lustrés, de la zone

axiale houillière et des grands plis couchés des Alpes valaisannes, tessinoises et grisonnes, les mêmes considérations qu'il a publiées plus en détails dans les *Eclogæ* et que nous analyserons plus loin. Enfin, par une courte description du territoire des lacs de Lugano, Majeur et de Côme, il montre les différences qui existent entre la structure du versant S et celle du versant N des Alpes.

Après ce chapitre consacré à des descriptions régionales, M. Schmidt aborde l'explication de la tectonique générale des Alpes d'après la notion moderne des grandes nappes de charriage venues du S, qui se sont écoulées les unes par dessus les autres sur l'avant pays, et dont les restes épargnés par l'érosion sont surtout conservés au-dessus des régions enfoncées du soubassement. Parmi ces ensellements jalonnés de lambeaux de recouvrement, il faut citer particulièrement la zone transversale qui s'étend du massif de la Dent Blanche dans les Alpes valaisannes, par la région du Wildstrubel et les Préalpes bernoises et fribourgeoises, jusque dans le Jura bâlois, où elle prolonge exactement le grand fossé de la vallée du Rhin.

Le phénomène des grands recouvrements ne doit du reste nullement être considéré comme spécial aux Alpes suisses et M. Schmidt montre en effet qu'il se retrouve avec une grande ampleur dans tout le système alpin. En tenant compte de ce fait on arrive à expliquer de nombreuses anomalies constatées dans la juxtaposition de séries stratigraphiques contemporaines et pourtant toutes différentes et, en replaçant dans leur position primitive ces séries diverses, on arrive à reconstituer des systèmes sédimentaires, dont les facies se transforment progressivement et normalement. C'est ainsi, qu'une notion d'abord purement tectonique a pu recevoir une précieuse confirmation d'ordre stratigraphique.

M. Schmidt consacre à la genèse de la tectonique alpine un important chapitre, qui montre comment les plissements hercyniens ont affecté avec l'Europe centrale la plus grande partie de la Suisse jusqu'à la ligne de Coire à Martigny, tandis qu'ils épargnaient la zone des Alpes actuelles du Valais et du Tessin, pour se faire sentir de nouveau dans le territoire actuel des lacs italiens. Il expose la façon dont la sédimentation mésozoïque s'est faite soit dans le domaine des plis hercyniens, soit dans la zone géosyndinale aux couches restées horizontales. Puis il définit le mécanisme de la formation des nappes de charriage pendant les temps tertiaires, en traitant en même temps du dynamométamorphisme subi par les

roches pendant les mouvements qu'elles ont effectués et sous l'effet des pressions qu'elles ont subies.

Cette étude se termine par un court exposé de l'idée qu'à la base de toute la topographie alpine, de la répartition des vallées et des lacs il y a toujours une cause fondamentale tectonique, qu'on a trop souvent négligée pour attribuer le rôle essentiel tantôt à l'érosion fluviale, tantôt à l'érosion glaciaire.

Il convient de citer ici, à la suite de ces 2 brochures de M. C. SCHMIDT, le discours de bienvenue que notre collègue de Bâle a prononcé lors de l'assemblée générale de la société géologique d'Allemagne tenue à Bâle en septembre 1907 (90).

Enfin nous devons toujours à l'activité de M. C. SCHMIDT un petit atlas de profils en 5 planches, accompagné d'un court texte explicatif (93) qui donne plusieurs coupes à travers les Vosges, la Forêt Noire et la vallée du Rhin, 1 profil général à travers la Suisse depuis le Dinkelberg jusqu'aux Alpes lombardes des environs du Lac Majeur, une coupe schématique des mêmes régions avant le rideau alpin, une coupe schématique à travers les Alpes glaronnaises et grisonnes et une petite carte d'ensemble de la Suisse, d'après le relief Perron, au 1 : 1 250 000.

M. ALB. HEIM (64) a de son côté consacré une conférence à l'historique de la question de la tectonique alpine. Partant de l'époque où Studer attribuait le soulèvement des montagnes à la montée en masse de roches endogènes vers la surface, il montre comment l'on est arrivé à l'idée de l'effort tangentiel, puis il signale les progrès constants faits dans la connaissance morphologique des plissements alpins et arrive finalement à la notion des vastes recouvrements horizontaux. Par une série d'exemples choisis soit dans les Préalpes et les Klippes, soit dans les Alpes calcaires, soit dans les Alpes cristallines du Valais et des Grisons, il fait constater la multiplicité des cas, où des formations plus anciennes reposent sans racine sur des formations plus jeunes et, par la coordination de ces différentes masses chevauchantes, il reconstitue le système des diverses nappes alpines superposées, dont la conception est devenue une nécessité tectonique. Enfin, M. Heim expose comment la répartition des faciès des terrains mésozoïques, incompréhensible avec la notion ancienne des plis autochtones, est devenue claire et logique avec la

théorie des nappes de charriage, la stratigraphie venant ainsi confirmer les déductions tirées d'abord d'études purement tectoniques.

M. H. SCHARDT, qui le premier a appliqué d'une façon précise la notion des nappes de charriage à la tectonique alpine, a cru devoir faire un nouvel exposé de ses idées à ce sujet, en tenant compte des dernières publications, et l'a fait paraître en même temps en français (88) et en allemand (89).

Après un résumé de l'historique de la question depuis l'époque où lui-même a le premier défini les Préalpes comme un vaste lambeau de recouvrement, l'auteur fait ressortir la structure nettement asymétrique des Alpes, qui correspond à une violente poussée S-N et qui résulte du développement presque exclusif de grandes nappes superposées, toutes déversées au N.

M. SCHARDT examine ensuite les relations de la zone axiale des Schistes lustrés d'une part avec les massifs cristallins en éventail qui la bordent au N, de l'autre avec les régions cristallines du Valais et du Tessin qui, comme le montrent les travaux récents, sont constituées par un véritable empilement de nappes enfoncées au N dans le remplissage sédimentaire du géosynclinal. Il distingue de haut en bas dans les Alpes méridionales :

1^o La nappe de la Dent Blanche qui s'enracine au S de la zone des « Pietri verde. »

2^o La nappe du Mont Rose qui s'enracine au N de cette même zone et se suit distinctement vers l'E jusqu'à la vallée de la Tosa pour se confondre finalement dans la masse des gneiss tessinois.

3^o La nappe du Grand Saint-Bernard qui, formant le front des plis cristallins du Saint-Bernard au Fletschorn, se superpose ensuite dans le massif du Simplon à d'autres plis semblables, et y forme la nappe des Schistes de Bérusal.

4^o La nappe du Monte Léone qui constitue un véritable lambeau de recouvrement entre le Col du Simplon et l'Ofenhorn.

5^o et 6^o Les 2 nappes inférieures du Simplon représentées par les 2 zones de gneiss de Lebendun et d'Antigorio.

La région du Simplon correspond à un bombement transversal, à partir duquel tous les éléments tectoniques s'abaissent soit vers l'W, soit vers l'E. Dans cette dernière direction les nappes valaisannes se joignent toutes avec le

massif tessinois, qui est encore trop imparfaitement connu pour qu'on puisse en délimiter exactement les zones tectoniques. Par contre il semble qu'en se basant sur des affinités pétrographiques on puisse établir un rapprochement entre la nappe de la Dent Blanche et celle de la Suretta dans les Grisons. Il faut donc admettre que la nappe, ou le système de nappes, qui forme les principaux massifs des Grisons, depuis la chaîne de la Bernina jusqu'au massif de Silvretta, appartient à une unité tectonique supérieure aux nappes valaisannes, qui s'enracine au S de la zone d'Ivrée.

La zone des Schistes lustrés est envisagée comme un géo-synclinal, dans lequel s'est déposée une série compréhensive s'étendant du Trias au Tertiaire et dont les sédiments ont pris secondairement par métamorphisme tectonique une apparence uniformément schisteuse, en même temps qu'ils étaient recouverts par les nappes cristallines.

Après avoir donné un rapide aperçu sur les Alpes calcaires méridionales, l'auteur aborde la description de la tectonique des hautes Alpes calcaires du N à faciès helvétique. Il rappelle la superposition dans les Alpes vaudoises du pli de Morcles, du pli des Diablerets et du pli du Mont Gond-Wildhorn ; il montre que dans ce système les 2 plis inférieurs doivent diminuer rapidement d'ampleur vers l'E, tandis que le troisième se continue par la chaîne du Lohner et les Alpes du Kienthal jusque dans la Suisse centrale et orientale ; il rappelle enfin que sur le dos de ce pli du Wildhorn se superposent, dans la région du Wildstrubel, des lambeaux importants de terrains jurassiques et crétaciques, reste d'une nappe supérieure qui fait déjà partie du système préalpin.

La base des nappes à faciès helvétique qui prolongent à l'E le pli du Wildhorn est, comme on le sait, la zone de terrains tertiaires qui se suit depuis la Gemmi par Oeschinen, Mürren, les Scheidegg, Meiringen et le pied N du Titlis jusqu'à Flüelen, et qui de là s'élargit dans les Alpes glaronnaises. Le fait que les Alpes calcaires d'Unterwald, d'Uri, de Glaris sont constituées par une vaste nappe s'amorçant au S, ne peut plus faire de doute. Cette nappe est divisée en 2 digitations culbutées par la zone tertiaire bien connue de Grafenort-Schoeneggpass - Isenthal - Riemenstalden - Pragel - Deyenalp-Näfels versant des Churfirsten, et dans ces 2 digitations on retrouve ce même caractère de l'absence presque complète dans toute la région frontale de formations plus anciennes que le Crétacique, ce qui implique forcément un décollement du Crétacique relativement à son soubassement normal pen-

dant la formation des plis-nappes. La digitation supérieure ou nappe du Säntis se festonne à son tour, de façon à former 3 plis couchés et superposés qui se reliaient de l'E à l'W, celui du Deyenstok-Wageten, celui de Wiggis-Friedlispitz et celui du Drusberg. L'équivalence de ces 4 nappes des Alpes glaronnaises avec les 4 nappes qui se superposent dans les Alpes vaudoises et bernoises, ne paraît du reste pas vraisemblable; il y a entre les 2 régions simplement analogie.

M. Schardt passe ici à la description de la tectonique des Préalpes, dans lesquelles il distingue, comme M. Lugeon, une nappe inférieure imbriquée comprenant les Préalpes externes et la zone des Cols et se raccordant au S avec la nappe supérieure du Wildstrubel, puis une zone de Flysch continue depuis les Voirons et le Gurnigel d'une part jusqu'aux Ormonts et au Niesen de l'autre, troisièmement la nappe des Préalpes médianes, enfin la nappe de la Brèche du Chablais et de la Hornfluh, sur laquelle se superpose, semble-t-il, la nappe rhétique de M. Steinmann représentée seulement par des lambeaux peu importants. Les Klippes sont envisagées, d'après les idées en cours, comme des restes démantelés des nappes supérieures, qui recouvrirent une fois les plis couchés à faciès helvétique.

La tectonique des Alpes orientales au delà du Rhin, telle qu'elle ressort des derniers travaux de M. Steinmann et de ses élèves, est dépeinte en un chapitre. Puis M. Schardt résume les traits principaux du système alpin; il montre comment les plis inférieurs se sont développés sous la masse des plis supérieurs; il place les racines des plis à faciès helvétique au N de la zone des Schistes lustrés, tandis qu'il rattache les nappes préalpines aux nappes cristallines du Valais et des Grisons et amorce la nappe austro-alpine au S de la zone d'Ivrée. Pour lui les nappes supérieures ont laminé les éléments sous-jacents à la façon d'un «rouleau compresseur»; les régions de racines sont fortement redressées et même renversées au S par un plissement en retour.

Du reste l'auteur termine en reconnaissant que, si la conception générale de la tectonique alpine paraît maintenant bien établie, il reste d'innombrables points de détail à fixer et à préciser.

Les mêmes idées ont été exposées avec un peu plus de détails par M. H. SCHARDT (87) dans le Dictionnaire géographique de la Suisse. A propos de cette publication je tiens à remarquer que jusqu'ici le Dictionnaire géographique a été

assimilé par moi aux livres d'ordre purement didactique, dont il n'est pas rendu compte dans la Revue, parce qu'ils ne contiennent dans la règle que des données qui ont déjà été publiées ailleurs. Je résume ici brièvement la description géologique de la Suisse rédigée par M. Schardt parce qu'elle a une portée générale.

L'auteur commence par un aperçu orographique et hydrographique des Alpes, du plateau molassique et du Jura, puis il décrit les caractères stratigraphiques des diverses régions de notre pays et résume toute les données qu'on possède sur ce sujet dans plusieurs tableaux synthétiques; dans ce chapitre il fait clairement ressortir les contrastes qui existent entre les séries sédimentaires du Jura, du plateau molassique, des chaînes à faciès helvétique, des Préalpes, et des chaînes à faciès austro-alpin.

La partie tectonique de cette description débute par un exposé de la situation qu'occupent les Alpes suisses et le Jura dans le vaste système de plis auquel ils appartiennent. Puis l'auteur décrit les divers massifs cristallins, en distinguant d'une part les massifs en éventail du Gothard, de l'Aar, du Mont Blanc, des Aiguilles Rouges, de l'autre les massifs formés de plis couchés ou de nappe de la Dent Blanche, du Mont Rose, du Grand-Saint-Bernard, du Simplon, du Tessin, des Grisons. La zone des Schistes lustrés est caractérisée comme ancien géosynclinal recouvert par un empilement de plis couchés de schistes cristallins; la zone des plis à faciès helvétique est définie comme région de nappes, qui se sont écoulées vers le N et dont la plus importante est celle qui s'étend du Wildhorn au Säntis et au Fläscherberg; les Préalpes sont décrites, suivant les idées bien connues de l'auteur, comme formées de 4 nappes superposées, dont la plus élevée, la nappe rhétique de M. Steinmann, n'est plus représentée que par de petits amas de roches éruptives basiques et de radiolarites; les Klippes sont envisagées comme des lambeaux isolés par l'érosion des nappes préalpines. Enfin, à propos des Alpes grisonnes, M. Schardt montre qu'on retrouve dans cette région la nappe des Préalpes, celle de la Brèche, celle des formations rhétiques, qui sont finalement toutes surmontées par la nappe austro-alpine depuis l'Oberhalbstein jusqu'au Rhäticon et au Vorarlberg.

Après quelques lignes consacrées au plateau molassique, l'auteur décrit en détail les caractères du Jura qu'il divise en :

1^o Le Jura méridional, dont l'élément principal est l'anticlinal du Reculet chevauchant au N sur le synclinal molassique de la Valserine.

2^o Le Jura central compris entre Saint-Cergues et la ligne Bienne-Délémont, qui comprend un faisceau de plis variant beaucoup longitudinalement dans leur ampleur et dans leur forme.

3^o Le Jura oriental formé vers l'W de 5 anticlinaux très accusés et tendant tous à chevaucher vers le N, puis rétréci progressivement vers l'E par la disparition successive de ses plis, pour se terminer finalement par l'anticlinal unique de la Lägern.

4^o Le Jura septentrional, qui borde de ses 4 plis arqués la région affaissée de la vallée du Rhin.

5^o Le Jura tabulaire, dont les couches ne sont que faiblement plissées, mais sont par contre coupées par un système compliqué de failles, et qui s'étend depuis la région septentrionale du Jura bâlois et argovien jusqu'au Randen et au Hegau.

Dans un chapitre intitulé « Orographie », M. Schardt traite de l'influence de l'érosion sur l'orographie; il définit les divers types de vallées; à propos des vallées aux versants abrupts dans le bas, faiblement inclinés vers le haut, il reconnaît une action combinée des glaciers et des cours d'eau, mais il conteste la possibilité d'un creusement vertical par les premiers, qu'il considère comme capables seulement d'élargir la section de leur lit; il cite quelques exemples typiques d'érosion régressive et de captage.

Le plateau molassique, qui a dû avoir d'abord la forme d'une pénéplaine faiblement inclinée vers le N, a été ensuite morcelé par les rivières sortant des Alpes et les cours d'eau qui prenaient naissance sur sa surface; puis est survenue la période glaciaire, pendant laquelle les formes ont été notablement modifiées soit par l'érosion, soit surtout par le dépôt considérable de moraines; c'est alors que de nombreux cours d'eau ont été détournés, que des lacs se sont formés, que les crues et les décrues alternatives des glaciers ont provoqué le dépôt des grands systèmes d'alluvions et leur morcellement en terrasses superposées, etc.... Enfin des phénomènes tectoniques ont dû intervenir encore dans les temps pléistocènes et le plus important, consistant dans l'affaissement du pied du Jura d'Orbe à Olten, a été la cause de la naissance d'un grand lac subjurassien, dont les lacs de Neuchâtel, Bienna et Morat sont les restes.

Dans le Jura la topographie est intimement liée à la tectonique, les vallées sont en majeure partie longitudinales, mais les cluses constituent pourtant un phénomène fréquent qui a dû s'ébaucher déjà dès les premières phases du plissement. L'érosion glaciaire ne joue ici qu'un rôle très secondaire ; par contre les dépôts morainiques sont abondants par places et forment des colmatages importants au point de vue hydrographique.

A propos de l'hydrographie de la Suisse M. Schardt commence par traiter en détail la question des infiltrations et des sources et énumère suivant leurs propriétés physiques et thérapeutiques les principales sources minérales exploitées en Suisse ; puis il passe aux eaux superficielles. Il décrit sommairement les bassins du Rhin, du Rhône, du Pô et de l'Inn et traite ensuite de la question des lacs ; il distingue : *a)* les lacs tectoniques qui comprennent d'après lui tous les lacs subjurassiens et subalpins, *b)* les lacs de barrage morainique (Sempach, Hallwil, Greiffensee, etc....), de barrage d'éboulement (Oeschinen, Poschiavo, des Brenets, etc....), de cônes de déjection, de barrage glaciaire (Märjelen), *c)* les lacs d'érosion glaciaire (lac du Grimsel, de Lucendro, de Tremorgio, du Saint-Gothard, du Simplon, de l'Oberalp, etc...), *d)* les lacs d'entonnoir ou d'affaissement (lac des Taillères, lac Ritom, Glattensee, Muttensee, etc....). Enfin il réunit de nombreux renseignements concernant les glaciers, l'enneigement et les avalanches.

Sous le titre de Paléogéographie M. Schardt fait un exposé de l'évolution géographique subie par notre pays depuis l'époque des plissements hercyniens jusqu'aux temps historiques. Je ne puis résumer ici ce chapitre, et me contente de noter que l'auteur fait commencer les plissements alpins et la formation des nappes de charriage avec l'Oligocène, et admet que ces mouvements se sont poursuivis jusque dans le Pliocène, qui paraît correspondre aux principaux plissements et soulèvements.

Après avoir collationné dans un court chapitre les données qui ont été réunies dans ces dernières années sur les tremblements de terre en Suisse, M. Schardt termine son article par un court exposé historique du développement de la géologie, dans lequel il fait ressortir la part qu'ont prise successivement à ce développement H.-B. de Saussure, L. v. Buch, B. Studer, Arn. Escher de la Linth, Alph. Favre, E. Renvier, etc...., etc....

J'en arrive maintenant à une publication d'ordre général due à M. L. ROLLIER (82) et qui offre avec les précédentes le contraste le plus absolu au point de vue de l'interprétation qu'elle propose de la tectonique alpine.

L'auteur est heurté, comme beaucoup de géologues l'ont été pendant longtemps, par la difficulté incontestable qu'il y a à expliquer d'une façon satisfaisante le mécanisme qui a donné naissance aux nappes de charriage. Il considère d'autre part que, pendant les longues périodes pendant lesquelles a dû se continuer le mouvement vers le N de ces masses chevauchantes, celles-ci auraient dû subir du fait de l'érosion un démantellement et un morcellement tels, qu'elles n'auraient pas pu se mouvoir comme des masses continues.

Ne pouvant admettre des transports aussi étendus que le supposent les adeptes de la théorie des charriages, M. Rollier cherche à expliquer la tectonique particulière des Préalpes et des Klippes par la notion proposée déjà par Studer d'une **chaîne vindélicienne** en grande partie enfouie de nos jours sous la Molasse. Les Préalpes et les chaînes à faciès préalpin des Alpes bavaroises représentent pour lui les seuls restes de cette chaîne visibles aujourd'hui ; quant aux Klippes, qu'il appelle môles, elles doivent représenter des paquets plus ou moins volumineux glissés des bords de la chaîne vindélicienne, avant son abrasion et son ennoiement dans la mer molassique, sur le Flysch des plis à faciès helvétique. Le plissement de cette chaîne vindélicienne a dû se faire pendant une phase antérieure à celle des plis alpins proprement dits.

L'auteur conteste qu'on puisse démontrer d'une façon absolue l'absence de racine pour l'ensemble des Préalpes et il montre que les sédiments jurassiques des Préalpes se rapprochent en réalité beaucoup plutôt des faciès jurassiens que des dépôts correspondants des Alpes méridionales, ce qui se concilie mal avec les origines supposées pour les nappes préalpines.

Parlant des Alpes orientales, M. Rollier reproche aux coupes établies par M. Termier d'être avant tout une œuvre d'imagination, de manquer de base sérieuse et d'homologuer les schistes des Hohe Tauern, de la Basse Engadine, du Prättigau, etc.... en une unité tectonique, tandis qu'en réalité ces formations sont les unes paléozoïques, les autres mésozoïques ou même tertiaires. Il remarque que les formations des Alpes calcaires septentrionales d'Autriche et de Bavière ne montrent aucune trace des laminages intenses qu'elles auraient du subir si elles avaient été charriées jusque dans leur

emplacement actuel sous le « traîneau écraseur des Dinarides ». Puis il développe une série d'arguments stratigraphiques en faveur de la position autochtone des Alpes bavaroises ; pour lui les brèches cénomaniennes qui se suivent du Rhéticon jusqu'au Wienerwald se sont déposées le long du rivage méridional d'une mer qui longeait les Alpes au N. Les marnes, poudingues et grès stampiens de Hæring dans la vallée de l'Inn doivent être considérés comme un niveau inférieur de la Molasse pincé dans des synclinaux des chaînes triasiques et formés au dépens de ces chaînes ; si les formations triasiques sont charriées, la Molasse devrait donc l'être aussi, et ce charriage ne pourrait être que post-stampien.

La zone du Vorarlberg, du Säntis, de la Rigi-hochfluh, du Pilate, et des Ralligstöcke devait, d'après M. Rollier, se trouver à peu près le long du rivage septentrional de la mer subalpine du Crétacique et du Nummulitique. Cette zone chevauche au N jusqu'au lac de Thoune sur la chaîne vindélicienne, dont les seuls restes visibles sont les Klippes. Le rivage méridional de cette même mer, marqué en particulier par le faciès gréseux de l'Aptien, passe par les Alpes vaudoises, le Suldthal, les chaînes externes des montagnes d'Engelberg, le Seelisberg, le Haut Wæggithal et les Churfirsten. A l'époque sénonienne l'existence de ce même bras de mer est marqué par les marnes de Siegsdorf en Bavière et les marnes supracrétaciques toutes semblables des Churfirsten. A l'époque nummulitique cette Mésogée, limitée en Bavière à la région molassique, empiétait au contraire en Suisse sur le territoire des chaînes à faciès helvétique.

Ainsi, pour M. Rollier, la stratigraphie des Alpes orientales, aussi bien que celle des chaînes helvétiques ne se concilie pas avec la notion des charriages et l'argument le plus catégorique à invoquer contre cette notion se trouve dans la présence des grès stampiens dans les synclinaux des plis triasiques de la région de Häring (vallée de l'Inn).

Après cette réfutation de la théorie des nappes de charriage, M. Rollier commence l'exposé de la notion du reste ancienne qu'il lui oppose. A l'origine des Préalpes et des Klippes se trouve une chaîne qui bordait au S la mer molassique et dont le ridement principal est plus ancien que celui des Alpes. Cette chaîne s'est en partie effondrée le long d'une faille verticale ; elle a été en partie abrasée par la mer molassique et recouverte par les sédiments de cette mer ; elle a subi le contre-coup des plissements alpins et c'est pendant cette dernière phase de dislocation que sont venues s'ajouter aux plis

vindéliciens proprement dits des Préalpes, les Préalpes externes d'une part, les Préalpes internes de l'autre. La zone des Voirons doit être considérée comme autochtone, parce que les formations crétaciques y sont enveloppées dans la Molasse exactement comme au Salève et, comme le Néocomien des Voirons se rattache à celui des plis plus internes, il s'ensuit que ces plis aussi sont autochtones. D'autre part on suit des Voirons au Rhäticon et aux Alpes bavaroises les dépôts jurassiques-crétaciques de la Mésogée subalpine et la lacune plus ou moins étendue qui existe suivant cette zone entre le Jurassique supérieur et les couches rouges turoniennes s'explique par des émersions locales en relation avec une première ébauche de la chaîne vindélicienne ; cette lacune rappelle du reste celle qu'on observe dans le Jura aux environs de Cressier et Bienne.

A l'E du lac de Thoune la chaîne vindélicienne est cachée par le chevauchement des chaînes calcaires externes, mais sa présence en profondeur se manifeste par les pointements de terrains préalpins qui percent le Flysch sur la bordure des chaînes chevauchantes en maints endroits. Les blocs exotiques, si caractéristiques du Flysch helvétique, paraissent être tombés, avant le chevauchement, de la chaîne vindélicienne dans la mer éogène; ils ont donc une origine équivalente à celle des Klippes.

Quant aux écailles de terrains très divers prises dans le Flysch, qui constituent un des caractères les plus frappants des Préalpes externes et des Préalpes internes, l'auteur y voit des paquets arrachés au pied de la chaîne vindélicienne pendant les plissements post-miocènes et expulsés de bas en haut suivant les principaux plans de chevauchement. C'est de la même façon du reste qu'il explique la tectonique imbriquée de la périphérie du Rhäticon et du massif de la Plessur, et aussi la disposition sans racine du Matstock dans les Alpes Saint-Galloises.

En terminant M. Rollier reconstitue comme suit la genèse de la tectonique alpine: Au début de l'Oligocène une première phase de plissement, accompagnée peut-être d'intrusions et d'épanchements volcaniques, a créé au milieu de la mer du Flysch la chaîne vindélicienne. Celle-ci, morcelée à la fois par les dislocations qu'elle dut subir et par l'érosion, s'est désagrégee marginalement et des paquets plus ou moins considérables, glissant de ses bords dans la mer du Flysch, sont devenus ensuite les môle (Klippes). Les dépôts mêmes du Flysch ont été alimentés par des apports partis d'une

part de la chaîne vindélicienne, de l'autre des Alpes qui devaient être émergées depuis longtemps déjà; ils comprennent de plus des produits éruptifs, tuffs et roches d'épanchement basiques.

Pendant l'Aquitanién la chaîne vindélicienne a été en partie recouverte par les dépôts transgressifs de la Molasse, puis elle subit un nouveau soulèvement au début du Miocène et servit dès lors de rivage méridional à la mer molassique, dont les dépôts se formèrent en partie au dépens de cette chaîne littorale, en partie au dépens des régions plus méridionales. A la fin du Miocène les plis vindéliciens devaient être à peu près abrasés dans la Suisse centrale et orientale et recouverts de nouveau en partie par la Molasse helvétique. Ensuite la mer abandonne définitivement le plateau suisse et l'érosion des régions subalpines commence; les principaux plissements des Alpes se produisent pendant la période pliocène, et ont leur contrecoup jusque sur les territoires molassiques; ils amènent le recouvrement d'une grande partie de la chaîne vindélicienne par les plis helvétiques et le chevauchement d'une partie de cette chaîne, les Préalpes romandes, sur la Molasse. Pendant cette phase de dislocation le synclinal molassique a exercé une influence fondamentale par la résistance invincible que son complexe puissant de grès a opposé à la poussée.

C'est cette action qui d'abord, écrasant les plis vindéliciens déjà fortement disloqués, en a fait jaillir certains éléments sous le chevauchement des chaînes helvétiques, qui ensuite a nécessité le déversement de la plus grande partie de ces chaînes au S par-dessus la zone de Flysch des Alpes glaronnaises et de Meiringen, qui enfin a donné aux Alpes calcaires septentrionales de Bavière et d'Autriche une structure en éventail imbriqué. Pendant le jeu de ces vastes dislocations, des décrochements horizontaux de grande ampleur ont dû naître suivant les lignes où la résistance de la Molasse subissait un amoindrissement sensible et, pour M. Rollier, la dissymétrie bien connue des 2 versants de la vallée de l'Aar aux environs de Thoune est due au fait qu'au SW les chaînes vindéliciennes ont pu vaincre la résistance de la Molasse et pousser plus loin vers l'extérieur tandis qu'au NE ce mouvement a été empêché et que les chaînes vindéliciennes, restées en arrière ont été submergées sous le chevauchement des plis helvétiques. Des décrochements semblables ont dû se produire le long de la vallée du Rhône et de la vallée de l'Aar.

Cette compréhension de la tectonique alpine est illustrée par quelques coupes schématiques et une petite carte géologique, dont l'idée générale est en somme à peu près conforme à celles qui prédominaient il y a 15 ou 20 ans, alors que le double pli glaronnais était pour la plupart le pivot de la tectonique en Suisse.

Cet article de M. Rollier a été suivi d'une petite note (83) consacrée aux 2 travaux publiés antérieurement par M. Douvillé sur la géologie des Ralligstöcke et des montagnes du Kienthal. L'auteur se basant sur les observations de son collègue français, mais contestant ses déductions, maintient que les Klippes du versant NW des Ralligstöcke sont des débris d'une chaîne sous-jacente aux plis helvétiques et non d'une nappe sus-jacente à ceux-ci ; il considère le Wildflysch comme la couverture stratigraphique des dépôts nummulitiques des Ralligstöcke et du Beatenberg et les blocs exotiques qu'il contient comme des blocs tombés de la chaîne vindélicienne avant son enfouissement.

L'auteur cite d'autre part la découverte faite récemment par MM. E. Blöesch et Arn. Heim, d'un galet de granite rose vindélicien dans les calcaires glauconieux à Nummulites lutétiennes de Seewenbad (Schwytz), qui lui paraît une nouvelle confirmation de sa manière de voir.

M. T.-G. BONNEY (59) a discuté de son côté la théorie des grandes nappes de charriage en tenant compte non des détails, mais de quelques principes généraux. A propos de la chaîne du Simplon il conteste absolument l'assimilation des calcaires dolomitiques et des calcschistes aux formations triasiques, telle que l'ont admise MM. Lugeon, Schardt, Schmidt et d'autres, et refuse par conséquent tout fondement aux déductions tectoniques tirées des relations de ces sédiments métamorphisés avec les gneiss.

L'auteur oppose ensuite à la notion des charriages les formes de dislocations toutes différentes qui ont été obtenues par les diverses expériences de laboratoire, en particulier celles faites récemment par M. Sollas, et conteste que les formations qui constituent les nappes supposées aient pu avoir la plasticité nécessaire à la naissance des formes qu'on leur attribue ; il cite en particulier comme ayant exigé une plasticité à son avis inadmissible le profil dessiné par M. Lugeon le long de la vallée de la Dranse à travers la partie frontale de la nappe de la Brèche du Chablais. Il conclut enfin en attribuant les complications de la tectonique des Préalpes à

l'influence de horsts anciens sur le développement de plis autochtones.

Cette communication a été suivie à la Société géologique de Londres d'une discussion, pendant laquelle le président, Sir ARCHIBALD GEIKIE, a reconnu la possibilité des grands charriages alpins, contestés par M. Bonney, et rappelé les formes tectoniques analogues constatées par les géologues écossais.

C'est également en se basant sur des considérations d'ordre purement théorique que M. O. AMPFERER (53) n'a pas cru non plus devoir se rallier à la théorie des nappes de charriage de MM. Schardt et Lugeon. L'auteur commence par envisager d'une façon tout à fait générale l'idée d'un effort tangentiel dérivant de la contraction de la terre et se concentrant sur une ligne déterminée, et il arrive à poser le principe de l'impossibilité de cette concentration au-delà de limites très restreintes par le fait même de la faible résistance qu'offrent les éléments constituants de la lithosphère à la pression. Dans certains cas déterminés les ridements de l'écorce se développent autour de compartiments résistants, qu'ils entourent dans la règle à la façon d'un anneau et, si plusieurs ridements naissent de cette façon à proximité immédiate les uns des autres, il peut en résulter des formes très compliquées. Mais cette explication est tout à fait insuffisante pour la majorité des cas, comme du reste toutes celles qui font dériver l'effort de régions étrangères au territoire plissé même.

Ensuite M. Ampferer insiste sur le fait que la notion de l'écrasement des géosynclinaux, au sein desquels ont dû naître les nappes de charriage, est impossible, parce qu'elle comporte forcément une diminution de volume du soubassement de ces géosynclinaux qui atteint des proportions gigantesques et inadmissibles.

Puisqu'aucune explication faisant intervenir un effort d'origine étrangère n'est satisfaisante, il faut chercher la cause des ridements et des chevauchements dans la région affectée elle-même ou dans son soubassement direct, dont elle suit forcément tous les mouvements. C'est ainsi qu'on peut admettre pour certaines dislocations la formation de plis couchés par le simple fait du glissement d'un système de couches sur un socle incliné. Mais il ne peut s'agir que de phénomènes locaux et, pour trouver une cause plus générale, il faut supposer des mouvements tangentiels ou obliques du soubassement plastique de la pellicule terrestre. Ces mou-

vements, que l'auteur désigne sous le nom de courants de profondeur, « Unterströmungen », seraient eux-mêmes en relation avec des poussées verticales déterminées par des variations locales de volume dans une lithosphère de composition beaucoup plus hétérogène qu'on ne le suppose en général; et l'on peut rattacher à ces mêmes mouvements vitaux, tantôt négatifs, tantôt positifs, qui donnent naissance aux courants de profondeur et indirectement aux recouvrements tectoniques superficiels, les oscillations dans le niveau des terres et des mers et par suite tout l'ensemble des phénomènes de transgression et de régression.

M. G. STEINMANN est par contre définitivement acquis à la notion des grands mouvements horizontaux; il a consacré récemment une notice (97) à la **tectonique générale des Alpes et de l'Apennin**, dans laquelle il commence par rappeler les nombreux points d'analogie qui relient les formations jurassiques-crétaciques de la région s'étendant à l'W du lac de Côme aux sédiments de même âge des Alpes calcaires septentrionales d'Autriche.

Passant ensuite à l'Apennin ligure et toscan, l'auteur montre que le complexe des « argille scagliose » avec ses intercalations de radiolarites et de roches éruptives basiques, se superpose tectoniquement sur une autre série normale terminée vers le haut par la scaglia et le macigno, et représente une série compréhensive, exactement comparable à celles des Schistes lustrés. Il existe donc dans cette partie de l'Apennin 2 séries stratigraphiques indépendantes, dont l'une inférieure correspond à la nappe austro-alpine, dont l'autre représente la nappe rhétique. Le fait que ces 2 séries se superposent ici dans un ordre inverse de celui qui existe dans les Grisons s'explique parce que les deux zones sédimentaires dans lesquelles s'enracinaient ces 2 nappes occupaient relativement au sens de la poussée des positions exactement contraires à celles qu'elles avaient dans la zone des racines des nappes rhétiques et austro-alpines. La zone des « argille scagliose » et des roches vertes paraît devoir se continuer depuis les Alpes pennines dans la direction du S jusqu'à la côte orientale de la Corse; c'est donc suivant cette ligne qu'il faut chercher la racine de la nappe supérieure de l'Apennin, qui serait venue ainsi du SW, tandis que la racine de la nappe inférieure de l'Apennin se trouverait plus au NE.

M. Steinmann termine son article par un exposé des raisons pour lesquelles il faut supposer, soit dans les Alpes,

soit dans l'Apennin, une phase de grands chevauchements oligocènes, suivie d'une phase de plissements supra-miocènes et pliocènes.

ALPES MÉRIDIONALES

Se basant sur les publications récentes de MM. Lugeon et Argand concernant la tectonique de la zone du Piémont dans la région de la Dent Blanche, du Mont Rose et du Simplon, M. P. TERMIER a été amené à modifier l'idée qu'il s'était faite de la structure des **Alpes franco-italiennes** (98), en ce sens qu'il envisage maintenant toute la zone du Briançonnais et la zone houillère comme faisant partie du « pays de nappes ». En effet les gneiss du Mont Rose et du Grand Paradis sont les mêmes que ceux de la Vanoise, et ceux-ci ne peuvent par conséquent pas être autochtones. La coupe du vallon de la Leisse doit s'expliquer non par l'hypothèse de plis déversés concentriquement, mais par l'existence de nappes enracinées à l'E et moulées sur une carapace. Toute la zone houillère des Alpes françaises se rattache nécessairement à la carapace du Grand Paradis et flotte sur des nappes plus profondes ; sa disposition en éventail n'est qu'un épisode postérieur aux charriages et n'a qu'une importance secondaire comparée aux grands plissements de la région.

M. M. LUGEON (76) a constaté la présence, aux environs de **Saint-Nicolas** et sous les schistes de Casanna, de quartzites, de calcaires et de corgneules triasiques, qui apparaissent en une véritable fenêtre. Ces formations triasiques sont évidemment les mêmes que celles qui surgissent sous le front des schistes de Casanna entre Stalden et Viège et leur présence aussi loin vers le S sous les schistes paléozoïques démontre que ceux-ci sont en chevauchement sur une largeur de plus de 12 km. ; la nappe du Grand Saint-Bernard, contestée par M. Franchi, est ainsi définitivement établie.

M. E. JOUKOWSKY (73) a relevé le profil de la **pointe d'Arzinol** et du Mont Rouge et a noté directement au N de la zone de quartzites et de dolomies triasiques plongeant au S qui forme ces sommets, l'existence d'un synclinal complexe de Schistes lustrés et de Trias. Il a trouvé d'autre part, sur l'arête du Mont Rouge, une brèche calcaire qui se rapproche de la Brèche du Chablais.

M. C. SCHMIDT, chargé depuis bien des années des leviers pour la carte géologique de la **région orientale des Alpes va-**