

Zeitschrift: Bulletin de la Société Vaudoise des Sciences Naturelles
Herausgeber: Société Vaudoise des Sciences Naturelles
Band: 34 (1898)
Heft: 127

Artikel: Les régions exotiques de versant nord des Alpes Suisses : leurs relations avec l'origine des blocs et brèches exotiques et la formation du flysch
Autor: Schardt, H.
Kapitel: II: Historique
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-265366>

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: 22.01.2026

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

6° Les klippes, qui sont les derniers restes de cette nappe, conservés dans des synclinaux.

II. — Historique ¹.

De 1820 à 1890.

Le problème des Préalpes du Stockhorn et du Chablais est en réalité aussi vieux que nos connaissances sur la structure et la stratigraphie du versant N. de nos Alpes. Il remonte à l'époque où Studer fit, il y a plus de 70 ans, ses premières publications sur la géologie de la Suisse. Sans encore arriver à une précision nette des faits, STUDER ² remarque déjà en 1825 que les poudingues du plateau miocène, surtout ceux de la région de l'Emmenthal, renferment des roches différentes de celles qui constituent le versant N. de la chaîne des Alpes. Il connaît les grands blocs de la vallée de Habkern et suppose leur relation avec celles du poudingue miocène. Ces blocs, dit-il, ne peuvent être confondus avec les blocs erratiques glaciaires, dont le plateau suisse est parsemé. Il laisse entrevoir la possibilité, exprimée déjà par L. de Buch, que ces roches soient attribuables à un prolongement vers le S. du massif vosgien et de la Forêt-Noire.

Dans sa publication de 1834 sur les Alpes de la Suisse occidentale, STUDER ³ remarque en outre que les vallées transversales des Alpes séparent souvent des régions *totalelement différentes*. Il cite la vallée transversale de l'Aar, le long du lac de Thoune, qui sépare la région du Stockhorn et les montagnes entourant les vallées de la Sarine et de la Simmen, de celles d'Unterwald, qui sont absolument différentes ; il cite le fait analogue de la vallée de l'Iller, dans le Vorarlberg. Il montre sur plus d'une page de ce livre le contraste entre les formations du groupe du Wildhorn (c'est ainsi qu'il nomme la région des hautes Alpes calcaires, allant du lac de Brienz jusqu'à la Dent de Morcles) et celles qui

¹ Cette notice historique ne tient compte que des publications ayant plus spécialement trait au problème des Préalpes, des klippes, des blocs exotiques et des brèches du Flysch sur le versant N des Alpes suisses.

² (N° 1) B. Studer, *Beiträge zu einer Monographie der Molasse*. Bern, 1825.

³ (N° 2) Studer, *Geologie der Westlichen Schweizer Alpen*, 1834, p. 409.

composent les montagnes situées au N. Ses définitions le montrent clairement. Son coup d'œil tectonique lui fait relever sur un autre point (p. 321) qu'au NE du lac de Thoune, les diverses chaînes qui composent le groupe du Stockhorn, vont en convergeant vers l'Est, en se resserrant, alors que la zone du Wildhorn offre un changement contraire et se divise en plusieurs chaînes parallèles.

C'est surtout la présence de roches cristallines et autres roches étrangères, dans les poudingues miocènes, qui a suscité au plus haut degré l'étonnement de Studer. Il a constaté, le premier, que toutes ces roches sont absolument *inconnues à l'état d'affleurement*, sur le versant N. des Alpes. Pour expliquer leur provenance, il admet que sur le versant N. des Alpes il existait autrefois une chaîne marginale dénudée jusqu'aux terrains cristallins. Ce seraient les débris de cette chaîne qui auraient fourni les matériaux des poudingues miocènes et des brèches du Flysch. L'énoncé de cette hypothèse qu'il donne déjà dans sa « *Geologie der westlichen Schweizer Alpen* » (p. 389-411) est une des pages les plus saisissantes de ce livre. En lisant cet exposé, on ne croirait pas qu'il a été écrit il y a plus de 60 ans. Le point d'attache de cette conception est formé par les affleurements de calcaire de Châtel (oxfordien) au pied des Ralligstöcke, sur la rive E. du lac de Thoune. Constatant l'association étrange de cette lame de calcaire, absolument différente de celui qui compose les Ralligstöcke, au milieu de grès du Flysch et de grès de Tavayannaz, Studer croit y reconnaître les restes d'une *continuation de la région du Stockhorn, au NE du lac de Thoune*, où cette chaîne fait actuellement défaut. La région tout entière des Préalpes, dès la chaîne du Stockhorn jusqu'à la ligne Bex-Leissigen, est clairement désignée comme étant une partie conservée de cette ancienne chaîne marginale des Alpes.

1853. L'explication en est donnée avec une clarté parfaite dans la « *Geologie der Schweiz* »¹. Reconnaisant le contraste entre la région alpine, allant du cours de l'Arve jusqu'à l'Aar, et celles qui se trouvent plus à l'intérieur ou qui se placent sur son prolongement au SW et au NE, Studer pose de nouveau la question de l'ancienne existence d'une chaîne marginale qui lui paraît être la seule explication possible de la formation des immenses amas détritiques du Flysch et des poudingues mio-

¹ (N° 3) B. Studer, *Die Geologie der Schweiz*, 2 vol. 1851-1853.

cènes. Il donne cette fois une explication au moyen de trois profils montrant la disposition successive des terrains de cette chaîne marginale, au début de la sédimentation tertiaire, pendant celle-ci et après son achèvement, où le massif marginal fut recouvert de ses propres débris et par les plis des terrains secondaires refouillés et déjetés vers le nord (t. II, p. 387-389). Cette démonstration si hardie et si claire est certes un beau couronnement de l'œuvre si grandiose de Studer.

La même explication est relevée et admise aussi dans un remarquable mémoire de RUTIMEYER¹ paru peu avant et qui décrit en détail la structure géologique des Ralligstöcke.

1862. B. STUDER² mentionne de nouveau le fait remarquable de l'arrêt brusque du Stockhorn et du Niesen au bord du lac de Thoune et constate qu'il est bien difficile de s'en expliquer les raisons, autrement que par l'hypothèse déjà exprimée.

1863. Peu après, J. BACHMANN³ a publié une notice très riche en faits du plus grand intérêt. L'auteur poursuit les blocs dits exotiques depuis le lac de Thoune jusqu'au Rhin, le long de la bordure des Alpes d'Unterwald jusqu'aux environs d'Iberg, puis à travers le Toggenbourg jusqu'à Grabs. C'est pour la première fois que le terme « blocs exotiques » est employé dans la géologie de la Suisse et appliqué à des masses de terrains sédimentaires. Jusqu'ici les blocs de roches cristallines seules avaient suscité l'étonnement des géologues. Bachmann a montré que du lac de Thoune jusqu'au Vorarlberg, il y a une zone jalonnée par des débris de roches sédimentaires, ayant le facies de la chaîne du Stockhorn. Il considère positivement la région du Stockhorn comme un reste de l'ancienne chaîne marginale admise par Studer. Cette chaîne, primitivement dénudée, jusqu'aux terrains cristallins, existait non seulement entre l'Aar et l'Arve, *mais se prolongeait à l'époque tertiaire jusque dans le Vorarlberg* et

¹ (N° 4) L. Rutimeyer, *Ueber das Schweizerische Nummuliten-Terrain*. « Mém. Soc. helv. Sc. nat. », 1850.

² (N° 5) Studer, *Observations géologiques dans les Alpes du lac de Thoune*. « Archives Genève », 1862, XV, 5.

³ (N° 6) J. Bachmann, *Ueber Petrefaktenführende Jurablöcke im Flysch des Sihlthal u. Toggenburg*. « Vierteljahrsschr. d. Naturf. Gesellsch. Zürich », 1863, VIII, 34 p. 1 pl.

⁴ Ce terme a été appliqué par Hohenegger à une apparition analogue observée par lui en Moravie.

même plus loin. Elle fut conservée dans la région du Stockhorn, mais disparut presque entièrement par affaissement et érosion au NE. de l'Aar, ainsi que l'avait déjà exprimé Studer ; les blocs exotiques cristallins et surtout les débris calcaires, *localement de vrais rochers* qui affectent d'une manière très tranchée le *facies du Stockhorn* et de *Châtel* (Châtel-St-Denis) sont les preuves les plus évidentes de l'ancienne existence de cette chaîne aujourd'hui disparue, entre l'Aar et le Rhin.

1865. Dans son beau mémoire sur le monde primitif de la Suisse, OSWALD HEER¹, tout en rappelant l'hypothèse de Studer, lui substitue l'idée déjà exprimée par de Buch. En se basant sur la répartition des restes d'êtres vivants dans les terrains sédimentaires de la Suisse, autant des terrains secondaires que des terrains tertiaires, il admet qu'au début de l'ère tertiaire, il existait un prolongement méridional du massif de la Forêt-Noire ayant atteint la région du Napf et qui aurait nourri la formidable sédimentation détritique à roches cristallines entre l'Aar et la Reuss.

ALPHONSE FAVRE² s'est étonné à juste titre de trouver dans la vallée du Reposoir et de Servaval, en Savoie, les montagnes des Almes et de Sullens, composées de terrains triasiques et liasiques, superposés à des couches tertiaires renfermées dans un fond de bateau, au point même où l'on devait s'attendre à trouver les couches les plus récentes. Par cette constatation, Favre a nettement reconnu la situation réelle de ces klipptes ou lambeaux ; mais plus loin il admet que ces contacts étranges doivent être attribués à des failles, vu qu'on ne trouve nulle part entre le terrain triasique et le terrain tertiaire des roches dont la présence permettrait de croire que cette structure est le résultat de simples contournements (II, p. 219). Encore une vue extrêmement juste, qui montre bien la clairvoyance de celui qui fut pour les Alpes de Savoie ce que fut Studer pour les Alpes Suisses.

Alphonse Favre ne se prononce pas sur l'origine des roches cristallines du Flysch, qu'il désigne pourtant, en parlant des

¹ (N° 7) Oswald Heer, *Le monde primitif de la Suisse*. Traduction française. Genève et Bâle, 1872, p. 351-353. Edition allemande, 1865.

² (N° 8) Alph. Favre, *Recherches géologiques dans les parties de la Savoie, du Piémont et de la Suisse voisines du Mont-Blanc*. Genève, 1867. II, 207 et 215.

blocs de Mont Vouant, de « blocs erratiques de l'époque éocène ». On sait le grand embarras qu'il a éprouvé à classer la brèche calcaire du Chablais, qu'il a fini par réunir au Lias, sans y avoir trouvé des fossiles attestant positivement cette classification.

BACHMANN¹ revient encore une fois, en 1875, sur ce problème, en résumant la structure géologique des environs de Thoune et rappelle l'étrange coïncidence du développement le plus considérable du poudingue miocène, justement sur cette partie du bord des Alpes où la chaîne du Stockhorn fait défaut!² Il donne une coupe de la région comprise entre les Ralligstöcke et les premiers bancs du poudingue miocène et montre sur ce point si intéressant pour la géologie alpine, des sédiments à facies préalpin (Malm, Lias, Rhétien, gypse et cornieule triasique) pincés en forme de lames, accompagnés de Flysch et de grès de Tavayannaz, entre le Néocomien à facies helvétique et les grès de Ralligen (oligocène supérieur).

Cette même coupe, avec les mêmes détails aussi, a été figurée par M. E. FAVRE³ et auparavant par RUTIMEYER dans le mémoire déjà cité (N° 4). KAUFMANN⁴ a, depuis lors, donné de nouveaux détails, sans chercher à élucider le problème. (Voir plus loin.)

L'hypothèse de la chaîne marginale des Alpes paraissait, vers 1870, bien établie et fermement admise. Aussi dès ce moment elle ne donna plus guère matière à débats; pourtant, il ne semblait pas que le dernier mot fût dit sur cette question, car le sentiment général était que l'origine des blocs exotiques restait problématique et que la solution définitive du problème, c'est-

¹ (N° 9) J. Bachmann, *Geologisches über die Umgebung von Thun*. « Jahrb. S. A. C., XI », 1875.

² Bachmann cite à plusieurs reprises le nom de A. Escher de la Linth, soit seul, soit associé à celui de Studer, comme étant l'auteur de l'hypothèse d'une chaîne marginale disparue. Je n'ai rien trouvé d'imprimé sous le nom d'Escher qui confirme cette opinion. Il se pourrait pourtant que la longue et étroite collaboration de Studer et d'Escher n'ait pas toujours permis de séparer exactement leurs conceptions personnelles.

³ (N° 10) E. Favre, *Note sur la géologie des Ralligstöcke*. « Arch. Genève » et « Revue Géol. Suisse », 1871.

⁴ (N° 11) J. Kaufmann, *Emmen- u. Schlierengebiet*. « Mat. Carte Géol. Suisse XXIV », 1888.

à-dire la démonstration positive ou la réfutation de la théorie de Studer, exigerait encore bien des recherches.

Un point important nous reste acquis et qui met bien en lumière le génie de Studer, *c'est d'avoir attribué au même phénomène l'origine des roches exotiques du poudingue miocène et l'origine des blocs exotiques contenus dans le Flysch*; puis, *d'avoir ramené l'explication de l'énigme à des phénomènes tectoniques qui ont agi sur le versant N des Alpes*.

Avec l'année 1870 se termine la première période des recherches tendant à trouver une solution du problème qui nous occupe. — Les années de 1870 à 1890 constituent une période transitoire où se préparent des vues nouvelles ayant pour base les phénomènes tectoniques constatés par les études de détail. C'est pour ainsi dire la période d'incubation de la solution définitive.

C'est après 1860 que parurent les premiers volumes des matériaux pour la carte géologique de la Suisse et les premières feuilles de celle-ci; il semble que les recherches auxquelles les géologues suisses se sont livrés de 1865 à 1886, en vue de cette grande publication d'ensemble, aient presque fait oublier ce problème si intéressant. C'était d'ailleurs la vraie voie à suivre, puisque pour arriver à l'élucidation du problème, il fallait des observations de détail sans nombre, et si la solution définitive ne s'est pas faite spontanément et plus tôt, c'est en grande partie, grâce à la circonstance que les géologues explorateurs, travaillant au relevé de la carte géologique, exécutèrent leur travail en se tenant confinés chacun dans son étroit district. Ce n'était plus le temps où Studer, Escher, Merian, avec des amis venus même de l'étranger, firent de longs voyages à travers les Alpes et les régions voisines. On a pratiqué quelque peu de la géologie de clocher. Ainsi Kauffmann, qui a étudié les Alpes d'Unterwalden, n'avait guère visité la région du Stockhorn, dont la connaissance lui eût été si utile pour l'explication des Klippes. Sur la feuille XVII, trois géologues ont teinté le même terrain de trois manières différentes! Les grands et beaux volumes de texte accompagnant la carte géologique de la Suisse et qui sont si riches en observations consciencieusement relevées, manquent souvent de résumés théoriques et de données permettant la comparaison indispensable avec les régions voisines. On sent l'isolement des différents collaborateurs par l'absence des résultats d'un ordre général qui devraient pouvoir se déduire de chaque étude de détail.

De là provient aussi la difficulté de comparer les observations

et conclusions contenues dans les diverses publications qui attestent cependant un travail très consciencieux, surtout au point de vue stratigraphique.

Les recherches dans les Alpes occidentales n'ont pas conduit à la découverte de phénomènes tectoniques aussi grandioses que ceux qui ont présidé à la formation du grand pli glaronnais supposé par Escher et si superbement illustré par le professeur Heim. Et pourtant n'était-on pas en droit d'admettre que l'énorme intensité du refoulement qui a fait naître ce grand pli couché a aussi dû se faire sentir dans les Alpes de la Suisse occidentale?

C'est cette question que s'est posée M. MARCEL BERTRAND ¹, lorsque en 1884, il soumit le problème du double pli glaronnais à un examen comparatif, en relevant les analogies de ce phénomène gigantesque avec les grands recouvrements constatés dans le bassin d'Anzin.

Il a proposé premièrement de considérer le double pli glaronnais comme un seul pli venu du sud et dont le front, où l'entassement des replis devait singulièrement augmenter l'épaisseur des terrains, se serait enfoncé, simulant ainsi la racine d'un second pli. Cherchant ensuite le prolongement de ce phénomène vers l'ouest, M. Bertrand voit dans les Alpes du Stockhorn (d'après la carte géologique Suisse) des indices d'un prolongement du grand pli glaronnais et considère les chaînes calcaires de cette région comme des lambeaux de recouvrement *reposant sur le Flysch*. Je transcris ici textuellement ce qui est dit dans cette note :

« L'étude des cartes géologiques de la Suisse mène à cette » conclusion, que le phénomène du recouvrement n'est pas » spécial aux Alpes de Glaris. La feuille de Sion (XVII) récemment publiée, donne dans son ensemble l'impression très nette » d'un « fond » de Flysch, sur lequel s'étalent de grandes taches » de terrains plus anciens, occupant en général les hauts sommets. Quelques lambeaux sont, il est vrai, dans le fond des » vallées, mais ce serait là le résultat d'un glissement postérieur, » uniquement dû à la pesanteur, tel qu'on en voit encore actuellement se dessiner et s'amorcer en quelque sorte, partout où » une puissante corniche calcaire couronne une pente de terrain » marneux.

¹ (N° 12) Marcel Bertrand, *Rapport de structure des Alpes de Glaris et du bassin houiller du Nord*. « Bull. Soc. Géol. France. » 1884. XII. 318-330. 1 pl.

« Le sud de la feuille de Fribourg (XII) et la carte de la région
 » du Mont-Blanc, par M. Favre, permettent de suivre les mêmes
 » phénomènes, dont les dernières traces s'arrêteraient en face
 » de la pointe S. du Mont-Blanc (près de Serraval, à l'ouest du
 » Mont-Charvin). Partout, on semble constater, limitant tous les
 » lambeaux de recouvrement et toujours parallèle au massif
 » central, la continuation du « cran de retour ». Il y a lieu de
 » signaler seulement les décrochements, souvent considérables,
 » que subit cette ligne, ainsi que celle qui limite la molasse, en
 » face des principales vallées normales à la chaîne.

» A l'est de Glaris, dans le Tyrol (Rhætikon), M. Mojsisovics
 » a observé des faits de même ordre; il y a là de plus cette
 » circonstance, bien intéressante, que les terrains dans la masse
 » de recouvrement présentent le *facies alpin*, et dans les autres
 » affleurements le *facies helvétique*. »

Enfin, M. Bertrand met en relation ces recouvrements ou plis couchés avec les blocs exotiques du Flysch, dont il marque sur une esquisse de carte, la situation au N du « cran de retour », limitant la zone des lambeaux de recouvrement. On remarquera que M. Bertrand ne relève pas la différence de facies entre les Alpes de Glaris, de Schwytz et d'Unterwald d'une part et celles du Stockhorn et du Chablais, et il n'envisage aucunement le problème des Préalpes de cette dernière région, problème dont la solution consiste justement dans l'explication de ce contraste. M. Bertrand n'avait pas en ce moment visité les Alpes du Stockhorn et ne pouvait conséquemment proposer une solution à ce problème; il ne parle pas davantage de l'origine du Flysch et des brèches.

Cette note ne fut pas d'ailleurs relevée comme elle le méritait; en particulier l'allusion faite à la région du Stockhorn est restée sans écho jusqu'en 1893.

1884. Dans mon étude sur les *Alpes du Pays d'Enhaut vaudois*¹ parue la même année, je n'ai guère envisagé le problème des Préalpes dans son ensemble, l'objet de mon étude ayant été trop réduit pour m'amener à poser une question d'ensemble.

J'ai relevé toutefois le contraste entre les terrains des Préalpes et ceux de la chaîne si rapprochée de l'Oldenhorn.

¹ (N° 13) H. Schardt, *Etudes géologiques sur le Pays d'Enhaut vaudois*. « Bull. Soc. vaud. Sc. nat. » 1884. XX, 188 p. 9 pl.

J'expliquai ce contraste par une différence de profondeur des bassins sédimentaires. J'ai aussi examiné la question de l'origine des blocs exotiques et des brèches à matériaux exotiques du Flysch, en me ralliant, faute de mieux, à l'hypothèse de leur transport par des glaciers et des glaces flottantes, d'une région peut-être très éloignée, vu l'analogie frappante de plusieurs roches cristallines, contenues dans les brèches du Flysch, avec des roches des Grisons et du versant S. des Alpes. Dans ce travail, nombre de gisements de gypses, de cornieule et de dolomie, ainsi que la brèche de la Hornfluh sont classés dans le tertiaire, en raison de leur *superposition manifeste* sur le Flysch et de leur contact constant avec ce terrain.

Le beau mémoire de GILLIÉRON¹, paru en 1885, ne donne pas de vues d'ensemble sur la situation tectonique de la région. Les détails stratigraphiques extrêmement nombreux relevés d'une manière si consciencieuse, ont été le principal souci de Gilliéron et il n'a cherché à constater avec le plus grand soin que ce qui est *réellement visible*. Aussi les coupes profondes, les *relations souterraines* des terrains font défaut. C'est encore pour n'avoir pas cherché à élucider la situation tectonique profonde que Gilliéron n'a pas songé à donner aux klippen, dont les Alpes fribourgeoises abondent, une signification autre que celle de masses ayant percé le Flysch par suite de dislocations diverses². Il range la brèche de la Hornfluh dans le tertiaire, *parce qu'il a vu sa superposition sur le Flysch et le Crétacique*, constatation qui lui paraissait péremptoire pour cette interprétation.

Les mêmes opinions que celles exprimées dans mon mémoire de 1884, se retrouvent dans le volume de M. E. FAVRE ET MOI³ sur la géologie de la partie N W de la feuille XVII de l'Atlas géologique suisse. Nous envisageons toutefois comme nettement triasique la zone dolomitique qui borde le pied de la chaîne du Moléson, au contact avec la zone de Flysch du Niremunt-Gurnigel.

¹ (N° 14) V. Gilliéron, *Description géologique des territoires de Vaud, Fribourg et Berne compris sur la feuille XII*. « Mat. Carte Géol. Suisse. XVIII. 1885.

² (N° 15) V. Gilliéron, *Montsalvens*. « Mat. Carte Géol. Suisse, » livr. XII. 142. 1873.

³ (N° 16) E. Favre et H. Schardt, *Description géologique des Alpes vaudoises*, etc. « Mat. Carte Géol. Suisse », XXII. 1887.

Les ouvrages de KAUFMANN¹, sur la région alpine comprise entre l'Aar et la Sihl, donnent d'intéressants détails sur les klippes, sans en élucider la situation étrange. Les Mythen sont bien classées dans le jurassique, vu leur superposition au Trias. Les Giswylerstöcke, par contre, sont comme les Klippes d'Iberg, désignés de « Ibergsschichten », formation d'âge encore incertain, mais qui serait comprise entre le tertiaire et la craie. Escher avait même pris cette roche pour de l'Urgonien². En adoptant cette nouvelle classification, KAUFMANN se met nettement en contradiction avec sa précédente manière de voir³, d'après laquelle les Klippes des Mythen, jusqu'aux Giswylerstöcke, seraient jurassiques. C'est évidemment après avoir constaté la superposition de cette formation *sur* le tertiaire, que Kaufmann a adopté cette nouvelle classification.

Il faut mentionner encore ici les conclusions du mémoire couronné de M. FRÜH⁴ qui touche très directement au problème qui nous occupe. Basé sur la comparaison des roches contenues dans les poudingues miocènes du plateau suisse, Früh soutient que ces formations sont attribuables à des fleuves, ayant eu leur champ collecteur dans les *Alpes orientales et méridionales*, vu l'incontestable analogie des roches *exotiques* contenues dans les poudingues avec celles des Alpes orientales. Cette explication est rendue possible, si l'on admet un déplacement du partage des eaux vers le N. (C'est donc l'exclusion de l'hypothèse de Studer.)

De 1890-1893.

La Carte géologique de la Suisse allait être terminée vers 1890; la grande entreprise éveillée par Studer allait voir son couronnement, et sur la base de cette source si riche en documents, on pouvait maintenant tenter des recherches spéciales

¹ (N° 17) F.-J. Kaufmann, *Kalkstein- u. Schiefergebiet von Schwyz u. Zug*. 1877. « Mat. Carte Géol. Suisse. » XIV.

(N° 18) Kaufmann, *Emmen- u. Schlierengebiet, etc.* « Mat. Carte Géol. Suisse. » XXIV, 1888.

² C'est en réalité du Trias, etc., superposé au Flysch et au crétacique.

³ (N° 19) F.-J. Kaufmann, *5 Neue Jurassier*. « Jahrb. S. A. C. » 1875.

⁴ (N° 20) J.-J. Früh, *Beiträge zu Kenntniss der Nagelfluh der Schweiz. Gekrönte Preisschrift*. « Denkschr. Schw. Naturf. Gesellschaft ». XXX, 1888.

nouvelles. L'origine toujours discutée des blocs exotiques du Flysch devait nécessairement être un des premiers objets à mettre à l'ordre du jour. C'est ce qu'avait compris la commission du prix Schläfli de la Société helvétique des sciences naturelles, lorsqu'en 1889 elle mit en concours, pour le 1^{er} juin 1891, la question suivante : *Die exotischen Gesteinsblöcke im Flysch der Alpen sind einer allseitigen Untersuchung besonders im Hinblick auf Ihre Herkunft und Wanderung zu unterziehen.*

Peu de temps après apparut une note de U. STUTZ¹ portant le titre : *Das Keuperbecken am Vierwaldstättersee*. Stutz comprend sous ce nom les Mythen, les Klippes du Buochserhorn, du Cleven, du Stanserhorn et des Giswylerstöcke. Loin de se douter de la vraie situation tectonique de ses objets d'étude, Stutz considère ces lambeaux comme des masses jurassiques reposant sur un socle de dolomie, de cornieule et de gypse triasiques, mais il n'a pu découvrir leur substratum et n'exprime aucune supposition (*Leider wissen wir nicht worauf der Gyps selbst liegt*, p. 105.)

Il a toutefois reconnu que c'est dans le synclinal crétacique et tertiaire, compris entre la chaîne du Pilate-Brügenstock-Hochfluh et celle de Frohnalp-Bauen, que se montrent les masses jurassiques et triasiques en question. Bien que réduits à l'état de lambeaux (Schollen), l'auteur les considère comme formant un bassin triasique complet (Keuperbecken)². En tout cas les définitions stratigraphiques si nettes de la superposition des terrains et sa supposition, non moins remarquable, d'une ancienne jonction entre le trias des Giswylerstöcke et celui de la ligne de Krattigen-Bex méritent d'être relevées. C'est la première fois que ce point de vue est exprimé, bien que très timidement.

L'on voit par ces vagues allusions que la voie pouvant conduire à une solution, était celle de définir la relation entre les roches et blocs exotiques du Flysch et les klippes d'une part,

¹ (N^o 21) U. Stutz, *Das Keuperbecken am Vierwaldstätter See*. « N. Jahrb. f. Min. Geol. u. Pal. » 1890, II, 100-140.

² En faisant cela, Stutz n'a-t-il pas exprimé *inconsciemment* la réalité des faits, en reconstituant, par une sorte de vision, l'ancienne jonction entre les klippes en question ; s'il avait eu cette notion d'une manière *consciente*, n'aurait-il pas dû saisir la superposition de cette ancienne nappe continue, sur le tertiaire du synclinal Sarnen-Schwytz-Iberg ? Mais une telle perspective allait au delà de son horizon.

et entre celles-ci et les terrains de la zone du Stockhorn, qui manque au N E du lac de Thoune. Mais cela ne pouvait se faire que sur la base d'une *étude tectonique* serrée, en y appliquant les vues nouvelles que les recherches des tectoniciens tels que Heim, Bertrand, Gosselet, venaient de mettre en lumière. Or, si la valeur *stratigraphique* de nos mémoires sur la géologie de la Suisse accuse une équivalence assez sensible pour la plupart de ces travaux, il n'en est pas de même des *vues tectoniques* qui s'y trouvent exprimées. La plupart de nos géologues collaborateurs à la Carte géologique suisse n'ont pas osé supposer ce que l'œil *ne peut pas voir* ; c'est pourtant la définition de la structure invisible du sous-sol qui constitue une tâche essentielle du géologue, à la condition, bien entendu, que la théorie *soit assise sur des observations assez nombreuses faites sur le terrain*. Il est toujours permis, et c'est même très désirable, qu'à la suite d'une étude de détail sur une région, l'auteur donne des profils d'ensemble montrant non seulement la structure géologique superficielle, mais aussi les *relations profondes, supposées*, des terrains.

Or, ce sont précisément les indications tectoniques d'ordre général qui font défaut dans beaucoup de mémoires descriptifs sur la Suisse, et pourtant la connaissance aussi complète que possible *de la structure tectonique du versant N. des Alpes suisses était indispensable pour s'approcher de la voie conduisant à une solution du problème posé*. J'avais alors la notion très nette de cette nécessité et des lacunes considérables qu'il faudrait combler pour arriver à un résultat. Si néanmoins je me suis décidé à la fin de l'année 1890 à proposer une solution à la question posée pour le prix Schläfli, c'est dans le sentiment intime que cette solution *n'était pas définitive*, mais qu'elle ne constituait qu'un *acheminement vers la vérité*. C'est dans ce sens qu'elle fut intitulée « Versuch einer Bahnbrechung » et munie de la devise *Errare humanum est* ¹.

Dans ce travail il est question d'abord des conglomérats du Flysch, des conglomérats à galets roulés et surtout des brèches

¹ (N° 22) H. Schardt, *Versuch einer Bahnbrechung zur Lösung der Flyschfrage und zur Entdeckung der Herkunft der exotischen Blöcke im Flysch*. Manuscrit présenté au concours pour le Prix Schläfli et couronné du prix. Comptes rendus par C. Schmidt, professeur, « Actes Soc. helv. Sc. nat. Fribourg, 1890. »

polygéniques à gros blocs granitiques des Ormonts et des zones du Niesen et du Gurnigel, ainsi que de la région située au N E du lac de Thoune. La brèche de la Hornfluh est considérée comme eocène, vu sa superposition normale sur le tertiaire; elle dériverait de la désagrégation de terrains secondaires (jurassiques, etc.). Après l'examen de la situation tectonique des bords du lac de Thoune, cette étude montre que l'origine des blocs exotiques ne peut, en aucun cas, être attribuée au transport par des glaciers, hypothèse admise antérieurement, mais que ces blocs doivent avoir été introduits dans le Flysch, après s'être détachés presque sur place de leur roche-mère. Cette dernière devait former une falaise que des chevauchements renouvelaient constamment et qui finalement vint se superposer aux amas détritiques. Cela a lieu sur tout le bord N W des Préalpes entre Thoune et Montreux et entre Bouveret et Bonneville. Elle explique clairement la formation de la zone extérieure du Flysch des Voirons au Gurnigel. Une seconde falaise était supposée au pied des Hautes-Alpes, entre Leissigen et Samoëns; elle devait constituer, avec un socle granitique, un prolongement du massif du Mont-Blanc et de celui de l'Aar, qui offre, dans la vallée du Gasteren, des granites semblables à ceux des Ormonts. Après avoir nourri les amas détritiques du Flysch du Niesen, cette seconde falaise fut recouverte à son tour par le renversement et le charriage des plis des Hautes-Alpes. Au N E du lac de Thoune et au S W de la vallée de l'Arve, le charriage des plis à facies helvétique fut si intense que toute la zone des Préalpes fut recouverte, sauf les quelques lambeaux au-dessus de Ralligen, et les blocs et débris contenus dans le Flysch. Quant aux klippes, que je considérais comme des *blocs exotiques gigantesques reposant librement sur le Flysch, ou enfoncés dans celui-ci*, leur situation *en arrière* de la première chaîne à facies helvétique est expliquée provisoirement comme résultant d'une percée ou d'un retournement de la nappe préalpine qui devait exister ici *au-dessous* des plis du facies helvétique. C'était, comme on le voit, un développement de l'hypothèse de Studer. Subsidiairement l'origine des roches à facies austro-alpin dans les poudingues miocènes se rattache à la disparition de klippes plus grandes ayant existé sur le bord N. des Alpes et que l'érosion miocène a démantelées.

Dans son grand mémoire sur les Hautes-Alpes vaudoises et une partie adjacente des Préalpes des environs de Bex, M. RENE-

VIER¹ a admis, pour les Préalpes et les Hautes-Alpes voisines, des différences de profondeur, comme explication de la différence de facies. Il admet une série d'oscillations inverses, autour d'une ligne nodale, formée par le contact entre les deux régions, soit par la zone des gypses de Leissigen à Samoëns. Le transport des blocs exotiques par des glaces n'est plus pour lui une simple supposition, mais c'est une explication qui s'impose réellement.

Depuis 1890 jusqu'à aujourd'hui, le débat sur l'origine des blocs exotiques du Flysch est entré dans une phase nouvelle et vraiment féconde.

En montrant que la solution ne pouvait être atteinte que par une étude *tectonique* simultanément avec des recherches *stratigraphiques* et *pétrographiques*, le mémoire présenté par moi, au concours pour le prix Schläfli, avait donc entièrement atteint son but, qui était *de montrer le chemin*.

Pendant que Maillard travaillait encore en 1890 dans les Alpes de Savoie, MM. RENEVIER et LUGEON continuèrent leurs recherches dans le Chablais. M. CH. SARASIN entreprit des études pétrographiques sur les roches cristallines du Flysch, et M. STEINMANN, à Fribourg-en-Brisgau, toujours attiré par les problèmes qui se rapprochent d'une solution imminente, se préparait à lancer un de ses élèves sur cette voie. D'autre part, la commission géologique suisse chargea, vers 1891, M. BURCKHARDT d'une étude tectonique du contact entre les terrains miocènes et la première chaîne alpine entre le lac de Thoune et le Rhin, où devrait exister la trace du contact anormal résultant du charriage supposé par moi. Une volumineuse littérature est venue s'ajouter pendant ce septennat à ce que nous possédions déjà sur cette question, et ce résultat est plus que réjouissant. Cette littérature représente plus de dix fois toute la littérature parue sur les objets en discussion depuis 1853 à 1890. La préparation du congrès géologique international devant se réunir en 1894 à Zurich, a sans doute beaucoup contribué à cette recrudescence d'activité dans cette direction.

Voici en quoi consistent les résultats et les conclusions de ces travaux :

1891. Nous ne possédons, malheureusement, aucune donnée

¹ (N° 23) E. Renevier, *Hautes Alpes vaudoises*. « Mat. Carte Géol. Suisse. » XVI, 1890.

imprimée sur les idées de *Maillard*¹ que le problème intéressait beaucoup. Dans les correspondances et les conversations que j'ai eues avec lui peu de temps avant sa mort, il me disait être intimement convaincu de *l'existence d'un massif ancien sous les Alpes du Chablais*, massif dont les affleurements cristallins du plateau du Gets ne seraient que des pointements ; il m'affirmait aussi avoir toujours considéré le contact entre les chaînes alpines et le tertiaire miocène entre Annecy et La Roche comme un *contact absolument normal*, ce qui serait contraire à l'hypothèse d'un charriage du faciès helvétique (faucignyien d'après Maillard).

Dans une publication relative à l'excursion de la *Société géologique suisse*², dans les Préalpes fribourgeoises et vaudoises, j'ai définitivement renoncé à considérer comme éocènes les cornieules, dolomies et gypses, classés auparavant dans le Flysch. Leur contact avec le Flysch est dû partout manifestement à des chevauchements. J'ai également admis, quoique avec doutes, l'âge jurassique de la Brèche de la Hornfluh. Dans le profil théorique accompagnant cette note est figurée pour la première fois la superposition par chevauchement³, sur plus de 10 kilomètres de largeur, du bord des Préalpes sur le Flysch de la zone du Niremunt, ainsi que le deuxième chevauchement dirigé en apparence en sens *inverse*, du côté du Flysch de la zone du Niesen, ce qui expliquerait la configuration en fond de bateau de l'ensemble de la région des Préalpes ; sur ces deux lignes de contact anormal, le Trias des Préalpes est figuré en superposition concordante, mais anormale, sur le Flysch, ce qui est réellement le cas (N° 24, pl. V, fig. 1).

En 1892 paraît déjà une étude pétrographique de M. CH. SA-

¹ Je crois devoir faire mention ici de l'opinion de Maillard, qui mérite d'être connue, comme ayant une valeur scientifique très réelle. Maillard est mort en juin 1891, avant d'avoir pu conclure ses recherches.

² (N° 24) H. Schardt, *Excursion de la Société géologique suisse dans les Préalpes fribourgeoises et vaudoises du 21 au 24 août 1891*. « Arch. Sc. phys. et nat. Genève. » Déc. 1891 et Janv. 1892. T. XXVI et XXVII.

³ D'après mes précurseurs (Gilliéron, Favre, etc.), j'avais admis là auparavant une *faille verticale*, sauf au pied du Grammont et du Mont Cubly sur Montreux, où j'avais observé moi-même la superposition presque concordante, mais anormale du Trias sur le Flysch.

RASIN ¹, portant sur les roches des conglomérats du Flysch de la zone du Niesen, de celle du Niremont-Berra-Gurnigel, de la vallée de Habkern et de quelques autres régions. L'auteur est conduit à constater une analogie frappante entre certaines roches des brèches du Flysch et des blocs exotiques, avec des roches cristallines du versant sud des Alpes. Mettant en doute l'hypothèse de Studer, M. Sarasin admettrait plutôt le transport des blocs exotiques d'une région méridionale éloignée, par des cours d'eau et des glaciers, tout en considérant la question comme n'étant pas encore mûre pour être résolue définitivement.

Les études de M. MICHEL LÉVY ² sur les klipptes de roches cristallines des Gets conduisent à des conclusions tout à fait opposées. Ces grands affleurements de roches éruptives ne sont ni des blocs exotiques, ni des filons ayant pénétré dans le Flysch, vu leur caractère de roches anciennes. Ce seraient donc des pointements d'un massif ancien enveloppé de Flysch.

En cela, M. RITTENER ³ adhère aux idées de M. Michel Lévy, en décrivant le bloc de porphyrite de la vallée des Fénils près Rougemont (Pays-d'Enhaut vaudois).

Une notice pétrographique de M. FREY ⁴ s'occupe de la nature de quelques roches cristallines du poudingue miocène des bords du lac de Thoune. L'auteur cherche leur origine successivement en Scandinavie, en Angleterre, dans les Vosges, dans la Forêt-Noire et dans les Alpes orientales et méridionales, avec des résultats négatifs partout. Il finit par penser que la théorie de Studer est peut-être la vraie.

Un mémoire de M. JACCARD ⁵ sur les massifs du Chablais, spécialement sur la région de la Brèche jurassique, insiste sur la nécessité de considérer celle-ci comme terrain jurassique. Cette étude manque de vues générales et ne se termine par aucune

¹ (N° 25) Ch. Sarasin, *Die Conglomerate und Breccien des Flysch*. « Neues Jahrb. f. Min. et Geol. » VIII, 1892. 180-215.

² (N° 26) M. Lévy, *Etude sur les pointements de roches cristallines*, etc. « Bull. Serv. Carte Géol. Fr. » II. 1891-92.

³ (N° 27) Rittener, *Pointements cristallins dans le Flysch*. « Bull. Soc. vaud. Sc. Nat. » 1892. XXVIII. 180.

⁴ (N° 28) H. Frey, *Zur Heimatbestimmung der Nagelfluh*. Bern, 1892.

⁵ (N° 29) A. Jaccard, *Etude sur les massifs du Chablais*. « Bull. Serv. Carte Géol. France. » III. N° 26. 1892.

conclusion quant à la situation tectonique ou stratigraphique de cette région et quant à ses rapports avec son entourage.

M. QUEREAU¹, élève de M. Steinmann, a fait en 1892 déjà un compte rendu préliminaire sur ses recherches dans la région des klippes d'Iberg, mais sans émettre de conclusion. Lui aussi voit une certaine relation entre les klippes, les blocs exotiques et les brèches du Flysch, et admet l'hypothèse d'une *chaîne marginale disparue* (Studer), la *chaîne vindélicienne* (selon Gümbel)², où serait à chercher l'origine du matériel exotique; car les blocs exotiques et les klippes reposent toujours sur le Flysch, ou y sont enfoncés, toujours sans aucune connexion visible avec des terrains *in loco* de même âge des chaînes voisines.

1893. Dans une notice sur les *environs de Montreux*³, j'ai essayé de représenter au moyen de profils la situation présumée du massif cristallin, dont on peut supposer l'existence sous les Préalpes. Les terrains de celles-ci chevauchent également sur le Flysch de la zone extérieure et sur celui de la zone intérieure; il devient donc nécessaire d'admettre un *écrasement* ou *étranglement du horst préalpin*, pour expliquer ce mouvement bilatéral.

Cette même année, M. MARCEL BERTRAND⁴ a achevé et fait paraître sa monographie géologique du Môle, montagne des plus remarquables, qui marque, comme une pierre angulaire, l'extrémité occidentale des Préalpes du Chablais, tout comme le Stockhorn limite les Préalpes bernoises au N E. L'étude de ce massif a conduit l'éminent professeur de l'Ecole des mines de Paris à admettre, le long de la vallée de l'Arve, un *rebroussement* des plis, autant du système des plis préalpins que de ceux des Alpes d'Annecy (plis faucignyens).

Malgré la difficulté que ressent l'auteur à reconnaître les

¹ (N° 30) Quereau, « Bericht über die 39. Versamml. Der deutsch. Geol. Gesellsch. », Strassbourg. 1892.

² (N° 31) Gümbel, *Geologie von Bayern*. 1894, p. 19-31, 266, 401 et 583.

³ (N° 32) H. Schardt, *Coup d'œil sur la structure géologique des environs de Montreux*. « Bull. Soc. vaud. Sc. Nat. » XXIX. 1893. 241-255.

⁴ (N° 33) M. Bertrand, *Le Môle et les collines du Faucigny (Haute-Savoie)*. « Bull. Carte Géol. France. » IV. 1892-93.

mêmes éléments tectoniques de part et d'autre de cette vallée, il conclut que *ce sont les mêmes plis qui se continuent de part et d'autre de l'Arve; les deux moitiés d'un même pli se rejoignent dans la vallée de l'Arve, après s'être déviées le long d'une véritable arête de rebroussement* (Schaarung), *au point même où un changement de facies se produit, entre les sédiments de même âge, des deux côtés de l'Arve.* Ce changement de facies serait le résultat de la formation, à l'époque liasique, d'un pli monoclinale courbe, dont le Môle occuperait le sommet d'angle. C'est autour de ce pli, qui a commencé à s'ébaucher dès l'époque liasique, que sont venus se mouler les plissements subséquents des terrains formés de part et d'autre. Cette explication paraît à M. Bertrand bien plus logique que celle d'une faille, soit d'une faille de décrochement, d'une faille verticale d'affaissement, ou d'une faille de plissement (pli-faille). Si faille il y a sur le cours de la vallée de l'Arve, elle est secondaire et sans importance pour l'explication que comporte la situation tectonique de ce point.

On voit que l'éminent maître n'applique guère, après examen sur place, sa supposition d'un vaste pli de recouvrement, prolongeant, à travers la Suisse occidentale, jusqu'au delà de la vallée de l'Arve le grand pli glaronnais, ainsi qu'il l'avait fait en 1884, avant d'avoir visité le Chablais. La mollasse rouge qui contourne le Môle, au Sud et à l'Ouest, en formant son socle, se serait déposée le long du pied de la chaîne, en discordance et en transgression; puis elle fut entraînée dans la dislocation post-miocène, ce qui expliquerait sa position actuelle, renversée et plongeant visiblement sous le massif du Môle.

En somme, les phénomènes tectoniques observés et étudiés par M. Bertrand se résument à la constatation d'un *renfoncement* des plis sur l'emplacement de la vallée de l'Arve, perpendiculairement à la direction générale des plis; ce renfoncement se continuerait même vers le Sud, dans le massif de Platé, où il serait indiqué par les contours de l'Eocène. D'autre part, M. Bertrand considère le pli du Semenoz près d'Annecy, comme un équivalent du pli des Voirons. Comme qu'il en soit, l'auteur conclut par la constatation, bien positive pour lui, qu'au Môle les plis alignés du Nord au Sud, au moment où ils arrivent à la vallée de l'Arve, se dirigent vers l'Est, en se renversant vers le Sud, et ne se continuent pas dans cette direction au delà de Châtillon.

L'année 1893 a vu apparaître aussi les premiers résultats des

études de MM. RENEVIER et LUGEON¹ dans le Chablais, et tôt après des profils transversaux de cette région, accompagnant un programme d'excursion de la Société géologique suisse et un aperçu plus complet du champ d'excursion.

Le premier point à noter est la séparation qu'il faut faire entre les *Préalpes proprement dites*, aux chaînes arquées, touchant avec leur base triasique, par contact anormal, au Flysch de la zone des Voirons, et la zone de la *Brèche du Chablais*, également jurassique comme les chaînes extérieures, mais offrant un *facies bréchiforme*.

Le résumé des conclusions conduit les auteurs à admettre, sous la brèche du Chablais, un massif ancien, dont les pointements cristallins des Gets seraient des témoins. *C'est ce massif, couvert de terrains triasiques, qui a nourri de ses débris la sédimentation de la brèche jurassique du Chablais.* Immergé pendant la sédimentation crétacique, le massif ancien a été remis à nu pendant la formation du Flysch et a fourni à celui-ci ses blocs cristallins et sédimentaires. Pendant la grande dislocation post-miocène, ce massif ou Horst a subi un écrasement complet et produit un déjettement des plis préalpins vers les Hautes-Alpes (au S.-E.), puis il s'est déplacé tout d'une pièce vers le N W, en déterminant ainsi la forme arquée des chaînes extérieures des Préalpes, qui durent se mouler autour de ce pilier poussé vers le N W.

Le rôle si remarquable toutefois de la faille de recouvrement qui marque le contact des chaînes calcaires des Préalpes avec la première zone du Flysch (celle des Voirons) n'est pas mis en évidence et cet accident n'est qu'à peine mentionné par M. Renevier.

M. LUGEON² s'étend plus longuement sur la disposition de la

¹ (N° 34) Renevier et Lugeon, *Géologie du Chablais et du Faucigny-Nord*. « Soc. vaud. Sc. Nat. », 2 nov. 1892 ; « Eclogæ geol. hel. » III. 293. 1892.

(N° 35) Renevier et Lugeon, *Programme d'excursion dans le Chablais*.

(N° 36) Renevier, *Géologie des Préalpes de la Savoie* (discours présidentiel). « C.-R. Soc. helv. Sc. Nat. », Lausanne 1893 ; « Eclogæ geol. hel. » IV. 1893. 45-73, 98-108.

² (N° 37) M. Lugeon, « C.-R. Soc. hel. Sc. Nat. », Lausanne 1893 ; « Eclogæ », IV. 1893. 110-113.

Brèche jurassique du Chablais et constate que la tectonique de cette région est aussi étrange que sa stratigraphie. Les couches de Brèche empiètent de part et d'autre sur le Flysch ¹, de telle sorte que le front ou contour convexe du pli déjeté que suppose cette disposition n'est pas aligné en ligne droite, mais décrit une courbe fermée semblable à un *vasque* ou *champignon*. Ce serait donc réellement un *pli à déversement périphérique, dont le socle enfoncé dans le Flysch simule la tige d'un champignon*. La Brèche du Chablais présente donc la forme d'un champignon surgissant au-dessus d'un massif ancien.

De 1893-1898.

L'on sent qu'après ces préliminaires, où ont été mis en présence l'opinion de tous ceux qui ont poursuivi de longues et patientes recherches, le moment ne pouvait pas être loin de résumer en une conception unique les connaissances sur le problème et d'en indiquer une solution définitive. C'est ce que je fis encore avant la fin de l'année 1893. Constatant la grande difficulté d'étendre l'hypothèse de Studer à la région au N E du lac de Thoune et à celle au S W de la vallée de l'Arve, je sentis d'autre part, très nettement, que la *nature tectonique des Préalpes, les klippes, les blocs exotiques, la formation des brèches à matériaux exotiques et le facies du Flysch en général, ne formaient qu'un enchaînement d'énigmes, qu'un seul phénomène, encore indéfini, devait expliquer*. L'examen approfondi de la tectonique des Préalpes qui faisaient alors l'objet de mes études de prédilection depuis près de 14 ans, m'a fait entrevoir la solution déjà exprimée dans le chapitre I ²; celle de *considérer l'ensemble des Préalpes comme une seule nappe de recouvrement ou plutôt de charriage (nullement un pli couché) qui aurait glissé du centre des Alpes vers le Nord, en passant par-dessus les massifs cristallins. Elle s'étendait au N E jusqu'au Rhæticon et au S E jusqu'au delà d'Annecy. Pendant son déplacement, entraî-*

¹ C'est cette constatation, faite déjà par Gillieron et avant lui par Studer, et qui fut observé constamment par moi, soit dans les Alpes vaudoises pour la Brèche de la Hornfluh et dans le Chablais valaisan pour la Brèche du Chablais, qui avait motivé la classification de ce terrain dans le tertiaire.

² (N° 38) H. Schardt, a) *L'origine des Préalpes romandes*. « Archives, Genève. » XXX. Décembre, 1893. b) « C.-R. Acad. des Sciences, Paris ». 20 Nov. 1892.

nant avec elle des masses considérables de terrains cristallins, elle a nourri de ses débris la formation des brèches et grès du Flysch. Entre l'Aar et le Rhin et au S W de l'Arve, cette nappe charriée a disparu presque entièrement par l'érosion pendant la formation des poudingues miocènes et plus tard, en ne laissant que les klippes et les lambeaux de recouvrement, comme témoins de son ancienne extension. Les régions de la Brèche du Chablais et de la Hornfluh, de part et d'autre du Rhône, appartiennent à une seconde nappe de charriage, superposée à la première et provenant d'une région située encore plus au sud que le point de départ de la première.

Cette note, de 14 pages à peine, a eu quelque retentissement, soit qu'elle ait trouvé de la sympathie, soit qu'elle ait soulevé des objections. Quoi qu'il en soit, *c'était pour moi un devoir de faire connaître* cette manière de voir qui ouvrait des horizons si nouveaux. en découvrant un champ d'activité pour plus qu'une génération de géologues. J'en reparlerai plus loin et passe à l'étude des publications parues depuis lors et qui ont apporté plus d'une confirmation de ma conception.

Le premier mémoire qui a paru est celui de M. K. BURCKHARDT¹ sur le contact entre la première chaîne alpine et le miocène du plateau suisse entre l'Aar et le Rhin. L'auteur fait le procès de l'hypothèse de Studer et combat l'application et l'extension que j'en avais faite dans le mémoire pour le prix Schläfli, en montrant que sur toute la bordure des Alpes (sauf dans le voisinage du lac de Thoune) ce contact est normal; qu'il n'y a donc pas eu de chevauchement des plis alpins sur le tertiaire ayant pu recouvrir la chaîne préalpine disparue. L'on voit que cette contestation de ma précédente manière de voir n'est qu'une attestation de ma nouvelle explication.

Il est donc d'autant plus étonnant que le mémoire de M. QUEREAU², également publié sous les auspices de la Commission géologique suisse, revienne catégoriquement sur l'hypothèse de Studer. M. Quereau, après avoir reconnu par des études minutieuses, des roches très semblables à celles du Trias, du Lias et

¹ (N° 39) C. Burckhardt, *Die Kontaktzone zwischen Kreide und Tertiär am Nordrande der Schweizeralpen vom Bodensee bis zum Thunersee*. « Mat. Carte Géol. Suisse. » N.-S. T. II. 1893.

² (N° 40) E. Quereau, *Die Klippenregion von Iberg*. « Mat. Carte Géol. Suisse. » N.-S. III. 1893.

du Jurassique des Alpes orientales et reconnu aussi que les klippes d'Iberg du moins devaient avoir formé jadis une nappe unique avec les Mythen, conclut *que cette nappe doit être due à un chevauchement venu du Nord et dont le point de départ, soit la chaîne vindélicienne ou marginale de Studer est à rechercher sous les sédiments de la mollasse*. Ce travail peut certainement passer pour un modèle d'étude locale minutieuse et de figuré cartographique détaillé de ces accidents si compliqués. Quereau a constaté encore que le facies des terrains des klippes passe dans la direction de l'Est insensiblement au facies austro-alpin. Il considère la chaîne vindélicienne comme un prolongement des Alpes orientales qui se serait étendu jusqu'au delà d'Annecy et dont les Préalpes du Stockhorn et du Chablais seraient une partie *moins enfoncée* que le reste.

1894. M. SARASIN ¹ a publié une réédition développée de ses études sur les roches du Flysch en y joignant des analyses. Dans ses conclusions, il soutient que les Klippes cristallines des Gets, les brèches des Ormonts et du Niesen et les poudingues des Voirons-Habkern, *sont des choses absolument différentes*. Il considère les premiers comme des témoins du prolongement du massif de Belledonne sous les Préalpes du Chablais. Les roches cristallines de la zone du Niesen proviendraient du versant N du massif du Mont-Blanc, tandis que les roches du Gurnigel et du Habkern auraient leur origine dans les Alpes méridionales (Baveno-Predazzo) et auraient été apportés par des courants d'eau et des glaciers. Quant à la théorie d'un charriage des Préalpes et de la nappe des klippes, il la croit sans fondement.

M. MÖESCH ², qui a consacré aux klippes du canton d'Unterwalden une large partie de son récent mémoire et une série de planches, ne dit rien sur leur origine, sauf que les brèches du Flysch qui entourent les klippes proviennent probablement de la destruction de celles-ci. Quant à l'origine des klippes, la cause de leur tectonique étrange, leur apparition et leur disparition subite, etc., M. Möesch s'en étonne... mais laisse la question ouverte ³.

¹ (N° 41) Ch. Sarasin, *L'origine des roches exotiques du Flysch*. « Arch. Genève. » XXXI et XXXII. 1894.

² (N° 42) C. Möesch, *Geologische Beschreibung der Kalk- und Schiefergebirge zwischen Reuss und Kienthal*. « Mat. Carte Géol. Suisse. » XXIV, 3. 1894.

³ Wir wollen das Fabulieren Andern überlassen.

Déjà en février 1894, M. KILIAN¹ a fait présenter à la Société géologique de France une série de remarques sur sa *théorie du charriage lointain des Préalpes et des klippes*. Admettant que la chaîne des Voirons constitue un pli en place absolument indiscutable, M. Kilian ne peut pas croire au charriage des Préalpes, dont le facies néocomien est tout à fait semblable à celui des Voirons. Le savant professeur de Grenoble admet par contre la possibilité que la *Brèche du Chablais* et de la *Hornfluh* forment des nappes superposés au Flysch des Préalpes et proviendraient bien d'une nappe de charriage venue du sud.

Dans les programmes d'excursion, publiés à l'occasion du Congrès géologique de 1894, le problème en débat a été touché soit par M. SCHMIDT², soit par moi. M. Schmidt, s'inspirant des idées de M. Quereau, admet la manière de voir de ce dernier au sujet des klippes d'Unterwalden et de Schwytz, en reliant les klippes et les blocs exotiques à un recouvrement *venu du Nord*, d'une chaîne aujourd'hui disparue sous les sédiments miocènes (chaîne vindélicienne).

J'ai indiqué, en peu de mots ma théorie³ dans le programme d'excursion sur les Alpes suisses occidentales en l'appuyant par des profils de part et d'autre de la vallée du Rhône.

M. QUEREAU⁴ a donné le résultat d'une exploration faite sur la zone de contact des Hautes Alpes et des Préalpes dans la région de la Lenk. Il montre là la colline de l'Oberlaubhorn, formée d'une série normale de couches liasiques et triasiques reposant sur les plis crétaciques des Hautes-Alpes, sur une ongueur d'environ 4,5 kilomètres. L'auteur revient sur ses conclusions précédentes et voit dans ce phénomène une des preuves du chevauchement de la *chaîne vindélicienne* sur les Hautes-Alpes à facies helvétique. Le chevauchement du bord N. des Préalpes sur le Flysch de la zone du Gurnigel est passé entièrement sous silence par l'auteur.

¹ (N° 43) Kilian, *Origine des Préalpes romandes et de la région de la Brèche du Chablais*. « C.-R. Soc. Géol. France. » 5 février 1894.

² (N° 44) Schmidt, *Excursionsprogramm durche die Centralalpen*. « Livret-Guide géologique. » 1894. 121.

³ (N° 45) Schardt, *Excursion géologique au travers des Alpes occidentales suisses*. « Livret-Guide géologique. » 1894. 171.

⁴ (N° 46) E. Quereau, *Grenzzone zwischen Hochalpen und Freiburgeralpen*. « Ber. d. Naturf. Gesellsch. » Freiburg i. Br. IX. 1894.

En se basant sur les caractères stratigraphiques, M. HAUG¹ a cherché à démontrer que la théorie d'un charriage des plis des Préalpes était absolument inadmissible et que le développement stratigraphique de cette région était complètement en accord avec le contraste de facies qu'elle offre vis-à-vis de son entourage à faciès helvétique. Il admet pour la région des Préalpes deux zones d'affaissement ou géosynclinaux, séparées par un géanticlinal, marqué par les couches à *Mytilus*.

Ces zones se succéderaient comme suit sur une coupe transversale allant de l'extérieur des Alpes vers le centre :

1. Facies jurassien de mer peu profonde. — Jura.
2. Facies vaseux de mer relativement profonde. — Chaînes extérieures des Préalpes.
3. Facies littoral avec dépôts bréchoïdes. — Région des c. à *Mytilus* et de la brèche du Chablais-Hornfluh.
4. Facies vaseux de mer assez profonde, marquant la zone des cols de la Lenk à St-Maurice.
5. Facies littoral des Hautes-Alpes calcaires (facies helvétique).

Les dispositions tectoniques anormales et extraordinaires de cette région, surtout le contact anormal des terrains à facies préalpin avec le facies des Hautes-Alpes, s'expliquent, selon M. Haug, par des dislocations ayant déjà commencé à se faire sentir dès l'époque liasique jusqu'à l'ère tertiaire. Il en est de même de toutes les lignes de contact anormal, où le Flysch touche directement des terrains antérieurs au Lias. Ces lignes sont, selon M. Haug, les axes d'anticlinaux anténummulitiques.

Il applique même ce principe aux klippes de la vallée du Reposoir qui jalonnaient encore un anticlinal anténummulitique, surgissant, avec le facies préalpin, au milieu de ce synclinal à facies helvétique. Des recherches stratigraphiques lui permettent d'affirmer, en outre, qu'il y a dans cette région des passages entre les facies de part et d'autre.

L'on voit que M. Haug ne tient guère compte des caractères tectoniques de cette région; les recouvrements constatés sont pour lui le résultat de la compression latérale qui a fait naître, postérieurement à l'époque miocène, la structure imbriquée en

¹ (N° 47) E. Haug, *L'origine des Préalpes romandes et les zones de sédimentation des Alpes*. « Archives, Genève. » T. XXXII. 1894. 154-173.

éventail, qu'il compare au grand éventail imbriqué de la zone centrale des Alpes.

La substitution des plis des Hautes-Alpes à ceux des Préalpes au bord du lac de Thoune et au bord de l'Arve serait due à l'enfoncement des Préalpes sous le Flysch et à un épanouissement des plis des Hautes-Alpes au point même où s'arrête le géant-clinal de l'époque secondaire, expliquant ainsi la concordance entre l'individualité stratigraphique et l'individualité tectonique des Préalpes.

En 1895, M. HAUG¹ revient sur la tectonique et la stratigraphie des klippes du Synclinal du Reposoir, dont l'étude a été entreprise par lui en collaboration avec M. LUGEON. La superposition du Lias et du Trias de ces klippes sur le Flysch, déjà nettement envisagée par MAILLARD², en 1891, est considérée par M. Haug comme le résultat du déversement en sens inverse d'un pli anticlinal, ayant créé la structure imbriquée. Cette dislocation lui paraît accusée par des lames de jurassique plongeant sous le massif liasique. La situation de ce dernier s'explique ainsi facilement, pour M. Haug, par surrection sur place d'un anticlinal triasique et liasique à travers le Flysch qui l'entoure; on a vu que cette explication a été écartée déjà par Alph. Favre.

Cette même année, M. LUGEON³ a opposé à ma théorie une série d'objections: Impossibilité de retrouver au sud de la zone du Dauphiné (Hautes-Alpes) les roches du Chablais, en particulier la Brèche; la zone du Briançonnais n'offre aucun point d'attache sérieux à cette hypothèse. Il se rallie, avec MM. Haug et Kilian, à l'idée de considérer la région du Chablais comme étant en place et appartenant à la couverture sédimentaire d'un Horst, déversée et chevauchée sur les plis des Hautes-Alpes, par un mouvement N.—S., comme l'a admis Quereau en 1893. L'hypothèse des plis en champignon a vécu; il n'en est plus question.

¹ (N° 48) E. Haug, *Le synclinal de Serraval et la Montagne de Sullens*. « C.-R. Soc. Géol. France. » Séance du 4 février 1895.

² (N° 49) G. Maillard, *Note sur la géologie des environs d'Annecy, La Roche et Bonneville*. « Bull. Serv. Carte Géol. France. » N° 6. 1889. Pl. V. Pag. 21-27.

³ (N° 50) M. Lugeon, *L'origine des Préalpes romandes*. « C.-R. Soc. vaud. Sc. Nat. » Séance du 15 mai 1895. « Archives, Genève. » XXXIV. Juillet 1895.

M. Lugeon admet, en suivant les facies du dogger, qu'avant le plissement, les facies se seraient succédé comme suit du N. au S. :

Facies à *Zoophycos*, facies à *Mytilus*, couches terrestres, Brèche du Chablais, facies à *Zoophycos*.

Le refoulement a fait chevaucher de part et d'autre la masse de Brèche sur le facies voisin en donnant à l'ensemble la forme en fond de bateau, avec structure imbriquée. Il admet également, avec M. Haug, la même explication pour la klippe du mont Sullens, en ajoutant toutefois prudemment qu'il ne donne cette explication que comme une hypothèse exprimant sa manière *actuelle* d'interpréter les phénomènes.

J'ai opposé à ces objections une réplique, dont les chefs sont les suivants ¹ :

1. L'absence des divers terrains et facies du Chablais dans une région au Sud n'est pas un argument contre l'hypothèse du charriage. Mais cette assertion de M. Lugeon est contraire aux faits, car il est incontestable que la zone du Briançonnais renferme des terrains *analogues* à ceux du Chablais, alors qu'on n'en connaît *aucune trace* au nord des Préalpes.

2. Absence de continuité entre la zone du Chablais-Stockhorn et des terrains de même âge des régions voisines.

3. Le métamorphisme dynamique qui a transformé les sédiments et roches cristallines dans la région centrale des Alpes, n'a pas fait sentir son effet sur les terrains de la région des Préalpes, ceux-ci ayant quitté leur gisement primitif *avant* la grande dislocation post-miocène.

4. La structure en éventail imbriqué est la conséquence du plissement *subséquent* au charriage, alors que la nappe était resserrée entre les plis entassés des Hautes-Alpes et les terrains miocènes.

5. J'ai relevé le contraste entre la forme des plis des Hautes-Alpes et ceux des Préalpes et formulé la *Loi des Préalpes* (voir page 116).

Dans son mémoire sur les hautes chaînes calcaires de la Savoie, M. HAUG ² examine de nouveau le problème. Il donne

¹ (N° 51) H. Schardt, *Remarques sur la communication de M. Lugeon* « C.-R. Soc. vaud. Sc. Nat. » Séance du 15 mai 1895. « Archives, Genève. » Juillet 1895.

² (N° 52) E. Haug, *Etudes sur la tectonique des hautes chaînes calcaires de la Savoie*. « Bull. Serv. Carte Géol. France. » T. VII. N° 47. 1895.

même une petite carte expliquant la situation de la région du Chablais et la direction des plis des Hautes-Alpes, mais sans apporter des faits nouveaux appuyant sa manière de voir. Il remarque toutefois que l'alignement différent des plis correspond à deux systèmes de plis conjugués d'âge différent.

En écrivant, à la fin de l'année 1895, les dernières pages de son grand mémoire sur la *Région de la Brèche du Chablais*, M. LUGEON¹ sent son aversion pour la théorie du charriage de la région de la Brèche, et même des Préalpes en entier, s'envoler comme par enchantement. On remarque, en lisant son livre, que les divers chapitres ont vu le jour alors que l'auteur a subi dans son esprit une transformation très sensible. Convaincu en 1893 et 1894 de l'existence de *plis en champignon*, il se rallie, en 1895, à l'*hypothèse de Studer*, que je venais d'abandonner deux années auparavant. Mais en relisant ses arguments et, surtout, en revisant les diverses théories émises pour expliquer l'énigme, il se sent gagné par ma théorie et il termine son mémoire en faisant cet aveu très significatif : « C'est donc par le doute, mêlé cependant de conviction, que je termine ce travail. »

On voit surtout cette transformation s'opérer en lisant la discussion des hypothèses, formant les dernières pages du volume. Peu de semaines après, en remettant le volume imprimé à la Société vaudoise des sciences naturelles, M. Lugeon² se déclare entièrement convaincu, même « le doute » a disparu, et il épouse en entier, sans aucune réserve, mes explications, qu'une année auparavant il combattait encore sur toute la ligne. Il constate lui-même la presque identité de certaines roches de la zone du Briançonnais avec celles du Chablais et accepte point par point les chefs de ma réplique du 15 mai 1895, ce que j'ai constaté alors avec une vive satisfaction³.

1897. En attendant, M. HAUG⁴ soumet tous mes arguments à

¹ (N° 53) M. Lugeon, *La région de la Brèche du Chablais*. « Bull. Serv. Carte Géol. France. » T. VII. 1895-96.

² (N° 54) M. Lugeon, *Les grandes dislocations des Alpes de Savoie*. « C.-R. Soc. vaud. Sc. Nat. » Séance du 6 mai 1896. « Archives, Genève ». II. Juillet 1896.

³ (N° 55) H. Schardt, *Observations sur la communication de M. Lugeon*. « C.-R. Soc. vaud. Sc. Nat. » Séance du 6 mai 1896. « Archives, Genève. » II. Juillet 1896.

⁴ (N° 56) E. Haug, *Le Problème des Préalpes*. « Revue générale des Sciences. » 15 sept. 1897.

un nouvel examen serré et pose le problème tel que je l'ai exposé. Tout en reconnaissant les grands avantages de cette conception, il est néanmoins conduit à écarter entièrement l'hypothèse d'un charriage d'une région centrale des Alpes. Il oppose à cette explication les objections que nous connaissons déjà. Le savant maître de conférences de géologie à la Faculté des sciences de Paris reconnaît cependant l'analogie de certains terrains des Préalpes avec certaines assises de la zone du Briançonnais, mais il conclut néanmoins que l'hypothèse du charriage se heurte à des impossibilités stratigraphiques, tandis que l'hypothèse du géanticlinal préalpin, suivi d'un éventail composé imbriqué, explique facilement, selon lui, toutes les particularités, tant stratigraphiques que tectoniques, de la région du Chablais.

Aujourd'hui, nous sommes au point où l'idée d'un charriage en bloc de toute la région des Préalpes et de la zone des klippes, allant, dans son ensemble, du lac d'Annecy au Rhin, tend à prendre corps et doit s'imposer à tous ceux qui connaissent le problème par le menu et ont visité la région dont il s'agit.

Des maîtres de la science, tels que MM. Heim, Suess, Bertrand, de Margerie, de Lapparent, Kilian, etc., ont déclaré vouloir rester spectateurs et attendre les résultats des recherches futures, tout en se déclarant assez favorables à l'idée du charriage; d'autres pensent que le doute est préférable à l'erreur et s'abstiennent de toute appréciation; enfin grand est sans doute le nombre de ceux qui déclarent, avec M. Haug, l'explication impossible ou inadmissible (*undenkbar*). Il sera réservé aux futures recherches d'achever et de compléter la démonstration¹.

Il y aura lieu d'entreprendre des recherches stratigraphiques nouvelles et détaillées, portant à la fois sur les terrains des Préalpes elles-mêmes et sur les roches métamorphiques des zones intérieures des Alpes. La pétrographie aura à soumettre

¹ Voir encore, outre le présent travail :

(N° 57) H. Schardt, *Un problème de géologie alpine*. Leçon inaugurale du cours de géologie, professé à l'Académie de Neuchâtel; prononcé le 5 Juin 1897. « Bull. Soc. neuch. de Géographie. » 1897-98, t. X (à paraître en 1898.)

(N° 58) H. Schardt, *Die exotischen Gebiete, Klippen, und Blöcke am Nordrande der Schweizeralpen*. Vortrag gehalten an der Jahresversammlung der Schweizerischen naturforschenden Gesellschaft in Engelberg den 12, Sept. 1897. « Eclogæ geol. helv. » 1897. V. N° 4. 233-250.

ces roches à l'examen microscopique, aidé de l'analyse chimique. En même temps, le tectonicien poursuivra ses observations, avec la même patience, en relevant et en notant la position réciproque des terrains. C'est ainsi que peu à peu la construction s'achèvera avec la collaboration de tous. Déjà l'hypothèse d'hier est devenue aujourd'hui une théorie bien assise, un système de géologie tectonique complet qui ne peut plus être qualifié d'illusion ou de poésie scientifique.

Le jour viendra où nous pourrons terminer l'édifice, en y posant une toiture. Ce sera le cas, peut-être, lorsque sera achevé le travail important, dont m'a chargé la commission géologique suisse, consistant en une revision complète des Préalpes comprises entre le lac de Thoune et le Rhône. Cette région, levée géologiquement par cinq géologues (Gilliéron, Bachmann, Ischer, Renavier et E. Favre), offre des différences d'interprétation considérables. Sa revision conduira donc nécessairement à des conclusions importantes et révélera de nombreux faits nouveaux.

III. Comment je suis arrivé à la conception de l'hypothèse du charriage de la nappe des Préalpes et des Klippes.

Les pages précédentes font voir assez nettement comment les efforts pour arriver à une solution expliquant tous les problèmes et énigmes géologiques du versant N des Alpes suisses, ont fait surgir successivement des idées nouvelles, d'où est sortie, peu à peu, la théorie dont j'aurai à donner la démonstration et que je devrai ensuite défendre contre les objections qui lui ont été faites.

La nécessité de rester absolument impersonnel et objectif, en écrivant le résumé historique qui précède, ne m'a pas permis de traiter mes propres travaux autrement que ceux d'autres géologues ayant traité, d'une manière plus ou moins directe, au problème posé. Je me suis efforcé d'être absolument impartial, selon l'habitude que j'ai prise, en rédigeant, depuis plus de dix ans, tout ou partie de la « Revue géologique suisse ».

L'exposé que je vais donner a trait plus spécialement à mes propres études et recherches et montrera comment mes vues ont peu à peu pris une direction déterminée vers la solution qui m'a paru la plus vraisemblable. Ce sont des éclaircissements que je dois à tous ceux que le problème intéresse, surtout à ceux qui