

Les régions dites exotiques du versant nord des Alpes Suisses

Autor(en): **Haug, Emile**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Bulletin de la Société Vaudoise des Sciences Naturelles**

Band (Jahr): **35 (1899)**

Heft 132

PDF erstellt am: **29.04.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-265681>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

LES RÉGIONS DITES EXOTIQUES

DU VERSANT NORD

DES ALPES SUISSES

Réponse au Dr Hans SCHARDT

PAR

Emile HAUG,

Maître de conférences à la Faculté des Sciences de l'Université de Paris.

M. Hans Schardt vient de publier dans le n° 128 du Bulletin de la Société vaudoise des Sciences naturelles¹ un important travail intitulé : « Les régions exotiques du versant nord des Alpes Suisses (Préalpes du Chablais et du Stockhorn et les Klippes), leurs relations avec l'origine des blocs et brèches exotiques et la formation du Flysch ». La présente note est une réponse à ce travail; elle a pour but de réfuter l'hypothèse par laquelle M. Schardt prétend expliquer les particularités géologiques de la région des Préalpes.

L'HISTOIRE D'UNE THÉORIE

Il y a plus d'un siècle, le fondateur de la géologie alpine, H.-B. de Saussure, reconnaissait déjà les différences profondes que présentent la structure et les terrains des chaînes de montagnes constituant les deux rives de l'Arve, en aval de Cluses, et il y a longtemps aussi que B. Studer constatait une différence de même ordre entre les deux rives du lac de Thoune. Il semble qu'actuellement tous les géologues soient d'accord pour envisager le segment des chaînes extérieures compris entre l'Arve et le lac de Thoune comme une zone complètement indépendante, aussi bien par la nature de ses terrains (zone de sédimentation) que par les dislocations qui l'ont affectée (zone tectonique). C'est en première ligne à M. Hans Schardt que revient l'honneur d'avoir

¹ Vol. XXXIV, p. 113-219, pl. I. Lausanne, 1898.

mis en pleine évidence l'indépendance de cette région des Préalpes romandes ou zone du Chablais vis-à-vis des Hautes Chaînes calcaires avec lesquelles elle se trouve en contact. C'est aussi M. Schardt qui, le premier, fut amené à envisager les « Klippen » d'Unterwalden et de Schwyz, d'une part, les massifs des Annes et de Sulens, dans la Haute-Savoie, de l'autre, comme le prolongement de la zone des Préalpes vers le sud-ouest et vers l'est. Ces « Klippen » offrent par rapport à leur entourage le même contraste que les Préalpes par rapport aux Hautes Chaînes; une théorie qui explique les dissemblances de ces deux régions naturelles doit également expliquer la situation anormale des « Klippen » et vice-versa.

Dès 1891 M. Schardt proposa une hypothèse destinée non seulement à interpréter les relations entre les Préalpes et les « Klippen » mais encore à fournir la solution du problème des blocs exotiques du Flysch, qui avait déjà exercé la sagacité de Studer, d'Escher, de Bachmann, de Gillieron, de Mœsch et d'autres. Cette hypothèse est le développement d'une hypothèse émise par Studer dès 1834, celle de l'existence, sur le bord extérieur des Alpes, entre le lac de Thoune et le Rhin, d'une chaîne ancienne, prolongement de celle des Préalpes et cachée actuellement, après qu'elle se fût abîmée en profondeur, sous un manteau de Mollasse et sous les plis extérieurs des Hautes Chaînes, déversés et refoulés vers le nord. Au sud de l'Arve et au nord du lac de Thoune les Hautes Chaînes calcaires reposeraient en recouvrement sur le prolongement méridional et oriental des Préalpes; les « Klippen » de la Haute-Savoie ainsi que celles d'Unterwalden et de Schwyz seraient, d'après M. Schardt ¹ « des écailles à faciès chablaisien qui ont *percé* la nappe de recouvrement et ont même été entraînés avec celle-ci en devenant ainsi d'immenses blocs exotiques, des montagnes sans racines ». Quant aux blocs de roches d'aspect étranger et d'origine inconnue englobés dans le flysch ils seraient dus, conformément à l'hypothèse de Studer, à l'érosion de masses cristallines faisant partie de la chaîne marginale, actuellement cachée par le recouvrement. Comme on le voit M. Schardt ne songeait encore nullement, en 1891, à envisager les « Klippen » et les blocs exotiques comme les fragments d'une nappe de recouvrement *reposant sur* la zone des Hautes Chaînes calcaires. C'est M. Quereau qui, le premier, l'année suivante, éta-

¹ « Revue géologique suisse pour l'année 1891 », p. 111 (29).

blissait la superposition anormale des « Klippen » d'Iberg aux plis extérieurs des Hautes Chaînes calcaires à faciès helvétique, alors que déjà précédemment M. Marcel Bertrand avait considéré, d'une manière hypothétique, il est vrai, les massifs des Annes et de Sulens comme des lambeaux de recouvrement.

Le travail dans lequel M. Schardt comptait publier, avec tous les développements nécessaires, son interprétation conforme à la théorie de Studer n'a jamais vu le jour; dans deux notes importantes du même auteur, parues en 1892 et en 1893, il n'est fait aucune allusion à cette interprétation, mais rien n'indique que M. Schardt l'ait abandonnée. C'est vers la fin de l'année 1893 que, sans que rien ait pu faire prévoir ce revirement et comme si une « vision » lui avait fait rencontrer son chemin de Damas, M. Schardt substitue brusquement à sa première hypothèse une hypothèse diamétralement opposée, celle du recouvrement de l'ensemble des Préalpes, qu'il vient de développer dans une note importante, à laquelle je faisais allusion plus haut. Ce ne sont plus les Hautes Chaînes calcaires qui, au sud de l'Arve et au nord-est du lac de Thoune, reposent sur la continuation souterraine des Préalpes, ce sont ces dernières qui forment une nappe de recouvrement s'étendant par-dessus les Hautes Chaînes et dont les « Klippen » sont des témoins épargnés par l'érosion. La zone des Préalpes repose sur les plis extérieurs des Hautes Chaînes et elle se trouve dans sa situation actuelle par suite d'un gigantesque refoulement dirigé du sud au nord.

Cette interprétation suscita, lors de son apparition, un étonnement général, mêlé d'un certain scepticisme; elle n'était cependant pas entièrement nouvelle, car, quoiqu'en dise M. Schardt, M. Marcel Bertrand avait émis dès 1884 une hypothèse presque identique. Il est incontestable que dès cette époque M. Bertrand avait entrevu la possibilité d'un charriage et d'un recouvrement de l'ensemble des Préalpes; la petite carte schématique jointe à sa note ne laisse aucun doute à cet égard. M. Bertrand faisait venir lui aussi la nappe de recouvrement du *sud* — et non pas du *nord*, comme le lui fait dire M. Schardt.¹ Partant de considérations toutes différentes, les deux auteurs sont donc arrivés, à neuf ans d'intervalle, à des conclusions tout à fait analogues, mais il est hors de doute que si la théorie du charriage des Préalpes venait un jour à s'imposer c'est à M. Marcel Bertrand

¹ *Sur l'origine des Préalpes romandes*, p. 9 sep.

que reviendrait l'honneur d'avoir émis le premier l'hypothèse du recouvrement.

La nouvelle interprétation de M. Schardt fut présentée tout d'abord d'une manière très concise et sans que les faits mis en avant pour l'étayer fussent soumis à une discussion suffisamment approfondie, aussi fut-elle encore récemment qualifiée de simple fantaisie, de « geistreiche Unterhaltung ». Par contre, nous trouvons pour la première fois, dans un beau mémoire de M. Maurice Lugeon sur la région de la brèche du Chablais un exposé détaillé de l'hypothèse du recouvrement accompagné d'une discussion serrée et très documentée, roulant à la fois sur des faits déjà connus et sur quelques faits nouveaux bien mis en évidence.

La théorie du charriage des Préalpes prend corps pour la première fois, ce qui n'était qu'indiqué dans la note de M. Schardt est repris et présenté sous une forme si personnelle par M. Lugeon que l'hypothèse du recouvrement des Préalpes devient presque sienne. Aussi est-il parfaitement légitime de parler de la « théorie de MM. Schardt et Lugeon », comme je l'ai fait dans un article récent.

Ce n'est qu'en 1898 que M. Schardt a exposé son hypothèse avec tous les développements que comporte une question aussi importante, mais je dois avouer qu'en lisant son travail intitulé « les régions exotiques du versant nord des Alpes suisses » j'ai éprouvé une assez vive déception ; je m'attendais à trouver dans ce mémoire des faits ou tout au moins des arguments nouveaux en faveur de l'hypothèse du charriage des Préalpes et je n'y ai rencontré que des arguments utilisés déjà précédemment soit par M. Schardt lui-même, soit par M. Lugeon. Le plus souvent l'auteur s'en tient à des affirmations sans preuves et en général son argumentation est beaucoup moins serrée que celle de M. Lugeon. Il est probable que l'accent de conviction avec lequel M. Schardt expose sa théorie lui amènera quelques adeptes parmi les personnes qui n'ont pas approfondi la question de l'origine des Préalpes, mais je doute fort que les géologues familiers aux questions de géologie alpine suivent l'auteur sur le terrain glissant — c'est le cas de le dire — sur lequel il cherche à les entraîner. Les *faits* observés par M. Schardt dans la région des Préalpes ne seront contestés par personne, mais l'interprétation qui leur est donnée, si grandiose, si séduisante qu'elle soit à première vue, ne pourrait être acceptée que s'il n'existait au-

cune autre hypothèse susceptible d'interpréter les faits observés. Or, il existe une hypothèse qui me paraît remplir cette condition et qui ne se heurte à aucune objection capitale; elle est due à M. Steinmann et a surtout été développée par M. Quereau, dans son beau mémoire sur les klippes d'Iberg, et par M. Schmidt, dans le Livret-guide. Le point de départ de cette hypothèse est emprunté à Studer, il suppose l'existence d'une chaîne marginale, dont la partie comprise entre l'Arve et le lac de Thoune est seule conservée dans son intégrité et se trouve en place; ses parties méridionale et orientale seraient, par contre, actuellement cachées sous la Mollasse. Mais tandis que Studer et M. Schardt (1891) admettaient un refoulement des Hautes Chaînes calcaires sur les Préalpes au sud de l'Arve et à l'est du lac de Thoune, la nouvelle hypothèse postule au contraire un refoulement du bord interne des Préalpes sur les Hautes Chaînes, et cela sur toute leur longueur; les klippes seraient, comme dans l'hypothèse actuelle de M. Schardt, des témoins, épargnés par l'érosion, d'une nappe de recouvrement à faciès des Préalpes (faciès vindélicien), reposant sur les plis des hautes chaînes (faciès helvétique); mais, tandis que pour M. Schardt l'origine de cette nappe de recouvrement se trouve au sud de son emplacement actuel, *en arrière* des Hautes Chaînes calcaires, dans la théorie de MM. Steinmann et Quereau son origine se trouve au nord, *en avant* des Hautes Chaînes. Une discussion approfondie des faits d'ordre stratigraphique et d'ordre tectonique actuellement connus doit permettre de se prononcer pour l'une ou pour l'autre de ces deux hypothèses.

J'ai eu moi-même, dans plusieurs publications successives, à m'occuper de la question de l'origine des Préalpes et des Klippes, aussi M. Schardt me fait-il l'honneur de mentionner, dans le chapitre historique de son dernier mémoire, les interprétations que j'ai proposées pour expliquer les particularités stratigraphiques et tectoniques des « régions exotiques du versant nord des Alpes suisses ». Toutefois il est facile de constater que M. Schardt n'a pas toujours fidèlement reproduit ma manière de voir et, que malgré ses efforts visibles pour exposer avec impartialité les opinions de chacun, en ce qui me concerne il a plusieurs fois dénaturé ma pensée, en me faisant dire précisément le contraire de ce que j'avais exprimé. Dans son chapitre « Démonstration et réplique aux objections » et en particulier dans un paragraphe intitulé « Opinion de M. Haug », M. Schardt dis-

cute mon interprétation, mais en me prêtant à plusieurs reprises des opinions très différentes des miennes. Il lui est facile alors de triompher de son adversaire ! C'est donc dans l'intérêt de la vérité que je me vois obligé de remettre les choses au point, malgré la répugnance que j'éprouve à m'engager dans des polémiques personnelles.

En 1894¹ je publiais, en réponse à la note sensationnelle dans laquelle M. Schardt exposait sa théorie du charriage des Préalpes, un petit travail dans lequel je m'efforçais de démontrer que les particularités stratigraphiques des Préalpes pouvaient facilement s'interpréter en admettant que l'ensemble de la région occupait, au moment où se formèrent les sédiments, sa position actuelle, en avant des Hautes Chaînes calcaires, et en faisant intervenir l'hypothèse d'un géosynclinal qui longeait la chaîne des Alpes sur son bord externe et qui, pendant la période jurassique, se trouvait divisé en deux par un géanticlinal adventif situé sur l'emplacement de la partie médiane des Préalpes. Je constatais ensuite que l'axe principal des dislocations anténummulitiques coïncidait précisément avec l'axe du géanticlinal médian des Préalpes et j'ajoutais ceci : « les efforts orogéniques se sont donc fait sentir depuis le Lias jusqu'au commencement de l'époque éocène le long d'une même ligne et, ce qui est également remarquable, cette ligne joue encore, lors des derniers plissements alpins, le rôle d'axe tectonique de toute la zone des Préalpes, depuis Taninges jusqu'à Spiez... ; *de part et d'autre de cet axe tectonique*, les plis, plis-failles, lignes de contact anormal qui accidentent la région des Préalpes... ont leur plan axial incliné en sens inverse, plongeant vers l'axe de manière à réaliser une disposition en éventail, et plus exactement, par suite de la répétition des contacts anormaux, une disposition en *éventail imbriqué* ». Je ne m'explique pas comment M. Schardt a pu trouver dans ce qui précède que les lignes de contact anormal « sont, selon M. Haug, les axes d'anticlinaux anténummulitiques » !

Dans ma note je ne parlais qu'accessoirement des klipptes. Je n'avais, à cette époque, visité aucune des klipptes suisses, le mémoire détaillé de M. Quereau sur les klipptes d'Iberg n'avait pas encore paru et l'apparition du Livret-guide, contenant les

¹ E. Haug, *L'origine des Préalpes Romandes et les zones de sédimentation des Alpes de Suisse et de Savoie* « Archives des Sc. phys. et nat. », 15 août 1894.

coupes des Mythen de M. Schmidt, est postérieure de quelques jours à la publication de ma note dans les *Archives* de Genève. Une première excursion dans la montagne de Sulens m'avait fait reconnaître la disposition en éventail composé imbriqué que présente le soubassement de cette montagne, il était donc naturel que je tentasse d'appliquer aux klippes suisses une interprétation que je croyais devoir s'imposer pour les klippes de Savoie. Cette interprétation se trouvait d'ailleurs en harmonie avec l'une de celles que proposait Maillard pour la klippe des Annes et ne s'éloignait pas beaucoup de l'hypothèse par laquelle M. Schardt lui-même expliquait en 1891 l'absence de racine des klippes.

Dans plusieurs notes ultérieures j'eus à revenir sur la question des klippes, à propos des Annes et de la montagne de Sulens, dont j'avais commencé l'étude en collaboration avec M. Lugeon. Dans une première note¹ publiée en 1895 et reproduite à peu près textuellement la même année dans un mémoire sur les hautes chaînes calcaires de Savoie², je donne les résultats de nos premières courses et, sous ma seule responsabilité, je propose une interprétation des faits acquis sur la structure en éventail composé imbriqué, structure que présente réellement le soubassement de la klippe de Sulens. Au début de cette note préliminaire, je dis expressément que j'ai « *commencé l'étude* » de la région dont je cherche à interpréter la structure. M. Schardt s'écarte donc de la vérité — bien involontairement, j'en suis convaincu — en m'accusant³ de donner mon « *interprétation non pas comme une supposition, comme une théorie, mais bien, en parlant du mont de Sulens, comme le résultat d'une étude très détaillée* ».

Ce n'est qu'en 1897 que, M. Lugeon et moi, nous avons publié les résultats principaux d'une étude détaillée, mais non encore définitive⁴. Dans une note écrite en collaboration, tout en recon-

¹ Haug, *Communication préliminaire sur le synclinal de Serraval et la montagne de Sulens*. « Soc. géol. Fr. C. R. des séances », 4 févr. 1895, p. XXVI-XXIX.

² E. Haug, *Etude sur la tectonique des hautes chaînes calcaires de Savoie*, « Bull. Serv. Carte géol. », n° 47, pag. 59-63.

³ *Régions exotiques du versant nord des Alpes suisses*, pag. 169.

⁴ E. Haug et M. Lugeon, *Note préliminaire sur la géologie de la montagne de Sulens et de son soubassement*. « Bull. Soc. hist. nat. Savoie », 15 p. Je ne sais où M. Schardt a vu que nous avons « *décrit en détail les klippes des Annes et du mont Sullens* » (*Régions exotiques*, p. 206).

naissant la disposition en éventail imbriqué du soubassement de la montagne de Sulens, nous avons admis la superposition de plusieurs nappes de charriage, dont la plus élevée constitue la klippe de Sulens. L'évidence des faits m'avait amené à abandonner mon idée première d'une *surrection* de la partie centrale de l'éventail. M. Schardt a eu connaissance de cette note, puisqu'il en a rendu compte dans sa *Revue géologique suisse* de 1897 (p. 370), et néanmoins il m'accuse d'avoir absolument tenu à mon explication première pour la montagne de Sulens! ¹

Dans l'analyse de ces différentes notes M. Schardt ne se fait d'ailleurs pas faute de travestir ma pensée, me prêtant quelquefois des opinions tout à fait singulières. C'est ainsi qu'il me fait dire ² que je considère la superposition du Lias et du Trias des klippes sur le Flysch « comme le résultat du déversement en sens inverse d'un pli anticlinal, ayant créé la structure imbriquée ». Je n'ai jamais écrit pareille absurdité!

C'est surtout un article que j'ai publié en 1897 dans la *Revue générale des Sciences* ³ que M. Schardt paraît avoir lu bien légèrement. Dans cet article, contenant un exposé critique de la théorie de MM. Schardt et Lugeon sur le charriage des Préalpes, j'ai donné mon adhésion formelle ⁴ à l'hypothèse de MM. Steinmann et Quereau sur l'origine septentrionale des klippes; aussi n'ai-je pas été peu surpris, après avoir lu dans le mémoire de M. Schardt, à la suite d'une critique de l'interprétation de la structure des klippes que je donnais en 1894, de trouver cette phrase ⁵: « Si ce raisonnement a pu me paraître excusable en 1894, je ne puis comprendre comment M. Haug peut y revenir dans sa récente note (1897), où la même argumentation est reproduite », et plus loin: « mais après l'étude si détaillée de M. Quereau sur les klippes d'Iberg, je ne saurais comment M. Haug veut appliquer sa théorie ». M. Schardt a évidemment lu ma note d'une manière fort superficielle, et il en est d'autant moins excusable qu'il s'est chargé d'analyser l'article en question dans

¹ *Régions exotiques*, p. 157.

² *Ibid.*, p. 142.

³ E. Haug, *Le problème des Préalpes*, « *Revue générale des Sciences* », 15 sept. 1897.

⁴ P. 701, note infrapaginale.

⁵ *Régions exotiques*, p. 168.

sa Revue géologique suisse¹, où d'ailleurs les mêmes erreurs de lecture se retrouvent. Mais la citation suivante achèvera d'éduquer le lecteur sur le caractère de la polémique de M. Schardt² : « Il faut avoir des idées bien arrêtées pour venir nous dire : « Tous les contacts anormaux ne sont que des plis exagérés, des éventails imbriqués, des plis en champignon perchés par surrection au-dessus du Flysch, après avoir percé celui-ci. Passe encore pour les Préalpes dans leur ensemble, comme je l'ai dit ; mais faire passer toutes les klippes dans le « moule à champignons », comme le fait M. Hang, cela est simplement nier les faits observables ! » Si réellement j'avais écrit de tels non-sens (« contacts qui sont des éventails ») je mériterais les plus sévères critiques, mais je le répète, je me suis rallié, en 1897, à la théorie des klippes de M. Quereau. M. Schardt n'a donc pas le droit de me reprocher mon hypothèse ancienne de la surrection des klippes, si voisine d'ailleurs de son hypothèse de 1891. Le lecteur remarquera de plus que dans le mémoire de M. Schardt la phrase commençant par « tous les contacts.... » est entre guillemets et que par le fait même elle m'est attribuée. Or, dans aucune de mes notes je n'ai rien écrit de semblable ! Ce procédé de discussion est quelquefois employé par une certaine presse, on n'est pas acoutumé, fort heureusement, à le rencontrer dans les polémiques scientifiques.

Enfin, je me demande pourquoi M. Schardt m'accuse de voir partout des « plis en champignons », alors que je n'ai jamais parlé de « champignons » qu'en citant M. Lugeon et en mentionnant l'hypothèse par laquelle cet auteur expliquait les particularités tectoniques de la brèche du Chalais, avant d'avoir adopté l'hypothèse qui envisage cette brèche comme un gigantesque lambeau de recouvrement. Je fais si peu « passer toutes les klippes dans le moule à champignons³ » que, dans mon dernier article j'ai parfaitement admis, à la suite des magnifiques recherches de M. Maurice Lugeon, que la brèche du Chablais est sans racines. Je soupçonne fort M. Schardt d'avoir, en lisant d'une

¹ « Revue géologique suisse pour 1897 », p. 370-372.

² *Régions exotiques*, p. 169.

³ Il y a une différence considérable entre un pli en champignon et un éventail composé imbriqué même périphérique. Les massifs entourés de plis déversés vers la périphérie jouent dans les Alpes un rôle considérable, je n'y connais pas de plis en champignon.

manière distraite mon article de la *Revue générale des Sciences*, laissé égarer ses yeux sur l'article du Dr Ch. Répin, contenu dans le même numéro de la Revue, et intitulé « la culture du champignon de couche » !

LES ARGUMENTS STRATIGRAPHIQUES DE M. SCHARDT

Peu après que M. Schardt eût publié sa note préliminaire sur le charriage des Préalpes, je cherchai à montrer, dans un court exposé, que les particularités stratigraphiques des Préalpes pouvaient s'expliquer aisément en supposant que les différentes bandes de terrain constituant cette région s'étaient déposées dans une position respective identique à la position qu'elles occupent actuellement l'une par rapport à l'autre et par rapport aux régions avoisinantes. Dans mon article de 1897 j'ai reproduit cette même interprétation avec certaines modifications, portant principalement sur la brèche du Chablais.

Si mon interprétation rend inutile l'hypothèse du charriage et de l'origine lointaine des Préalpes, je me rends cependant parfaitement compte qu'elle ne fournit pas un argument *péremptoire* contre cette hypothèse et qu'elle n'en démontre pas l'impossibilité. Il est évident que, si l'on cherche la racine des Préalpes dans l'intérieur des Alpes, dans une région dont les sédiments secondaires ont été, soit enlevés par l'érosion, soit entièrement transformés par le métamorphisme, on peut se figurer les terrains hétéropiques des Préalpes disposés dans leur région d'origine, suivant des bandes occupant l'une par rapport à l'autre la même position respective que dans leur situation actuelle. On sera d'ailleurs obligé pour expliquer les différences de faciès entre les diverses bandes, d'avoir recours aux mêmes hypothèses que dans le cas où les Préalpes seraient *en place*. Dans l'une et l'autre alternative on est obligé d'admettre l'existence d'un géanticlinal occupant la partie axiale des Préalpes médianes, géanticlinal le long duquel se sont déposés, au Jurassique, de part et d'autre, des sédiments littoraux. M. Schardt lui même est obligé d'adopter une hypothèse analogue pour expliquer la formation des brèches jurassiques¹.

Je ne comprends donc pas l'objection que M. Lugeon fait à

¹ *Régions exotiques*, p. 176, fig. 1.

mon hypothèse et qu'il formule en ces termes¹ : « En résumé l'hypothèse qui paraît la plus simple au premier abord, c'est à dire celle qui considère toutes les couches des Préalpes comme à peu près en place, est en réalité la plus compliquée. Pour chaque terrain il faut imaginer des conditions particulières de sédimentation. Hypothèse pour expliquer la provenance des roches cristallines..., hypothèses pour le Trias, pour le Lias, le Jurassique, les Crétacés et le Nummulitique, six hypothèses au moins, opposées à l'unique hypothèse de la nappe de recouvrement ». Il est facile de se rendre compte que ces six hypothèses se réduisent en réalité à une seule, celle de la persistance d'un géantoclinal dans la région axiale des Préalpes médianes, et que cette hypothèse est nécessaire aussi bien dans le cas où les Préalpes seraient en recouvrement que si on les considère comme en place.

Soit pour confirmer, soit pour infirmer l'hypothèse du recouvrement des Préalpes, il faut donc autre chose. M. Schardt a très bien posé le problème en faisant entrer en ligne, en faveur de sa théorie, les trois arguments stratigraphiques suivants² :

1° Contraste frappant entre les terrains des Préalpes et les terrains de même âge des régions voisines (Hautes Chaînes calcaires);

2° Présence, dans la zone centrale ou méridionale des Alpes, de presque tous les terrains sédimentaires des Préalpes;

3° Absence *in situ* sur le versant nord des Alpes de tout terrain identique ou seulement semblable aux sédiments des Préalpes.

Si ces trois propositions étaient démontrées, l'hypothèse du charriage des Préalpes serait évidemment confirmée d'une manière éclatante, or il n'en est rien et je crois, au contraire, pouvoir opposer à l'argumentation incomplète de M. Schardt la démonstration de trois propositions inverses de celles qu'il a formulées et qui sont les suivantes :

1° Le contraste que présentent les terrains des Préalpes (série vindélicienne) et les terrains de même âge des Hautes Chaînes calcaires (série helvétique) à leur contact est beaucoup moins frappant qu'on ne l'avait prétendu; il comporte de nombreuses

¹ M. Lugeon, *La région de la brèche du Chablais*. « Bull. Serv. Carte géol. », n° 49, p. 298.

² *Régions exotiques*, p. 211.

exceptions et s'explique aisément par la comparaison avec des cas analogues dans lesquels il ne peut être question de charriage lointain.

2° On constate dans la zone centrale ou méridionale des Alpes l'absence de presque tous les terrains sédimentaires des Préalpes et réciproquement, dans les Préalpes, l'absence des sédiments les plus caractéristiques du versant méridional des Alpes.

3° Un très grand nombre de sédiments identiques ou semblables à ceux des Préalpes existent *in situ*, sur le versant occidental et septentrional des Alpes et même dans le Jura.

Avant de passer à la démonstration de ces trois propositions en discutant *dans l'ordre chronologique* les faciès des terrains secondaires préalpins, je tiens à présenter quelques observations préliminaires d'ordre général.

M. Schardt cherche la provenance de la nappe des Préalpes dans « une région centrale des Alpes située au sud de la ligne des massifs cristallins du Mont Blanc, Aar, St-Gothard », mais c'est tantôt dans la zone sédimentaire du Briançonnais, tantôt dans la zone du Mont Rose, tantôt même sur le versant sud, dans la zone des Alpes calcaires méridionales, qu'il croit avoir retrouvé des terrains identiques à ceux des Préalpes. Il faudrait pourtant se prononcer pour l'une ou pour l'autre de ces régions, car la nappe des Préalpes ne peut provenir des trois à la fois et il est inadmissible de prendre ses termes de comparaison tantôt dans l'une, tantôt dans l'autre. Lorsque je discuterai les arguments tectoniques de M. Schardt, je montrerai quelles sont les difficultés tectoniques qui s'opposent à ce que l'on cherche la racine de la nappe des Préalpes dans ces trois zones. Je ferai, cependant, une réserve pour la masse de la brèche du Chablais, qui est — comme M. Lugeon l'a fort bien démontré — une nappe entièrement indépendante de celle des Préalpes, aussi bien au point de vue sédimentaire qu'au point de vue tectonique. C'est une nappe dont l'origine doit être cherchée soit dans la zone du Mont Blanc, soit dans la zone sédimentaire du Briançonnais; mais si cette dernière contient la racine de la masse de la brèche, il n'est pas possible d'y chercher également la racine des Préalpes proprement dites et il ne sera permis de tirer aucune conclusion sur l'origine des Préalpes d'une ressemblance plus ou moins grande que présenteraient certains terrains des Préalpes proprement-dites avec certains terrains de la zone sédimentaire du Briançonnais. Je laisserai d'ailleurs, dans ce qui suit, entière-

ment de côté tout ce qui a trait aux massifs de brèches jurassiques, dont l'origine peut être discutée indépendamment de la question de l'origine des Préalpes.

Trias. — Je ne m'occuperai pas, dans cet aperçu, des terrains carbonifères et permians, car ceux-ci se trouvent exclusivement cantonnés dans la région de la brèche du Chablais. Je ne m'arrêterai pas non plus aux sédiments triasiques des Préalpes, car il y a peu d'intérêt à les comparer à ceux des Hautes Chaînes calcaires qui sont ou trop éloignés (Glarner Freiberge) ou trop littoraux, s'étant déposés sur les bords des massifs de Belledonne, des Aiguilles Rouges ou de l'Aar, qui formaient certainement, à l'époque du Trias, des hauts fonds ou même, partiellement, des terres émergées. Je me contenterai de faire remarquer que les terrains fossilifères, tels que le Virglorien et le calcaire d'Esino, si caractéristiques de la région des Lacs, dans la zone des Alpes calcaires méridionales, sont entièrement inconnus dans les Préalpes et dans les Klippes, ce qui confirme la seconde partie de la proposition 2°. Les analogies du Trias des klippes d'Iberg avec celui du Rhætikon s'expliquent par le voisinage des deux régions; quant aux calcaires triasiques de St-Triphon et de Tréveneusaz, leur identité avec le Muschelkalk des Alpes françaises est complète et l'on sait que ce terrain se rencontre jusque dans les Chaînes Subalpines, à l'ouest de la zone du Briançonnais.

Lias. — Le Rhétien, représenté par des lumachelles à *Avicula contorta* alternant avec des schistes, est une des formations les plus constantes des Préalpes et des Klippes. On a souvent insisté sur la ressemblance frappante, voire même sur l'identité qu'il présente avec le Rhétien de Lombardie; mais on oublie qu'il existe avec un faciès absolument semblable dans les Alpes françaises et cela non seulement dans la zone du Briançonnais mais encore bien plus à l'ouest, suivant une bande qui s'étend du Plan de Vitrolles (Hautes-Alpes), par Clamensanne, Authon, Digne, Castellane jusque dans le Var et les Alpes Maritimes. M. Lugeon¹ s'étonne qu'il manque dans les régions à faciès helvétique et en particulier dans les environs de Mégève, de Flumet et d'Ugine, où le Lias présente le faciès dauphinois. Je ferai remarquer à mon aimable contradicteur que dans les Basses-Alpes il en est absolument de même: le Rhétien manque au moins en tant que niveau fossilifère dans une large bande où le Lias possède le

¹ *Région de la brèche*, p. 291.

faciès dauphinois, bande comprise entre deux zones à Lias rhodanien, où le Rhétien se présente avec sa faune habituelle.

Le Lias inférieur est représenté par des calcaires noirs à *Gryphaea arcuata* dans la zone bordière des Préalpes (zone du Gurnigel et des Voirons), dans la chaîne la plus extérieure des Préalpes médianes, au Langeneckgrat (Gillieron), dans la zone intérieure ou zone des cols (aux environs de Bex et dans les lambeaux de Morgins et de la Pointe de l'Haut, dans le val d'Illiez), enfin, dans les klippes suisses, en particulier dans l'Arvigrat (Kaufmann), au Buochser Horn (Stutz, Moesch), aux Mythen (Stutz).

Le même faciès du Lias inférieur (faciès rhodanien) se rencontre dans le Jura, dans les environs de Digne et de Sisteron, dans la zone du Briançonnais (Ubaye, vallée de la Stura) et — ce qui est plus important — en beaucoup de points des Hautes Chaînes calcaires, en pleine région à faciès helvétique, notamment au pied de la Dent de Morcles (Renevier), dans le haut de la vallée de Ferden, dans le massif de la Blümlisalp, à Engelberg, dans les environs du col de Klausen et dans les Glarner Freiberge, localités d'où M. Moesch donne des listes de fossiles tout à fait concluantes. Je ne crois pas qu'il soit possible d'indiquer, entre ces gisements et ceux des klippes ou des Préalpes, une différence lithologique ou paléontologique de quelque importance, aussi ne conçoit-on pas que M. Schardt, qui passe entièrement sous silence les calcaires à gryphées, signale le contraste absolument frappant entre « les terrains préalpins les plus voisins du bord sud des Préalpes » et ceux des hautes Alpes et vienne ensuite affirmer « l'absence *in situ* au nord des Alpes de tout terrain identique ou seulement semblable aux sédiments des Préalpes ». Il ne peut être question, d'autre part, d'identifier ces calcaires à gryphées du versant nord des Alpes avec le Lias inférieur de Saltrio (Lombardie). La faune de ces calcaires, si bien étudiée dans ces dernières années par M. le professeur Parona, se rapproche beaucoup, il est vrai, de la faune rhodanienne, mais cependant la présence de *Gryphaea arcuata* est douteuse et le caractère lithologique des couches de Saltrio (calcaires blancs ou grisâtres, oolithiques) est tout différent de celui des calcaires à Gryphées.

Dans les chaînes extérieures des Préalpes médianes, aussi bien dans le Chablais que dans les Préalpes de la rive droite du Rhône (la chaîne du Langeneckgrat exceptée), le Lias inférieur

et moyen présente un faciès spécial que j'ai désigné sous le nom de *faciès chablaisien*. Une puissante série de calcaires à rognons de silex renferme surtout des Céphalopodes, qui ne se rencontrent avec une certaine abondance que dans quelques localités privilégiées (Môle, Pointe d'Orchez, Meillerie, etc.) Les mêmes calcaires constituent la masse principale des klippes des Annes et de Sulens, mais, à ma connaissance, on ne les a pas signalés dans les klippes suisses. On pourrait être tenté de rapprocher de ce faciès chablaisien le faciès que possède le Lias dans l'Alta Brianza, entre les deux branches du lac de Côme, où il est représenté par quelques centaines de mètres de calcaires à silex dépourvus de fossiles; mais on pourrait, avec autant de raison, rapprocher les calcaires des chaînes extérieures des Préalpes médianes des calcaires à silex du Lias inférieur et moyen, qui constituent une bande presque continue de la Saulce (Hautes-Alpes) à Castellane (Basses-Alpes), à l'ouest du géosynclinal à faciès dauphinois, formant le pendant des calcaires à silex du Briançonnais, sur le bord opposé du géosynclinal.

Dans une chaîne plus intérieure des Préalpes médianes (chaîne du mont Cray et du Grammont), comme on sait, le Lias inférieur fait défaut et le Lias moyen, représenté par des calcaires à entroques (« calcaire d'Arvel »), repose immédiatement sur le Trias. M. Schardt s'est basé sur quelques espèces de Brachio-podes alpins pour comparer ces calcaires aux calcaires d'Arzo et aux calcaires du Hierlatz, mais il faut remarquer que ces formes alpines sont associées à de nombreuses espèces de l'Europe centrale, ainsi qu'il ressort des travaux de M. Haas, et que les espèces méridionales les plus caractéristiques, telles que *Glossothyris Aspasia*, font défaut dans les Préalpes. D'autre part, la nature de la roche n'est pas absolument la même et les calcaires blancs spathiques du Hierlatz sont, en particulier, bien différents. La superposition directe du Lias moyen au Trias, que l'on observe à Arzo, au sud de Lugano, pourrait aussi être invoquée pour établir une assimilation des calcaires à entroques des Préalpes avec ceux du versant sud des Alpes (Arzo, Gozzano, conglomérats de Lauriano), qui sont très bien connus aujourd'hui grâce aux beaux travaux de M. Parona; mais il convient de ne pas oublier que la transgressivité du Lias moyen est un fait très général dans le Midi de la France (bassin de l'Aveyron, Basse-Provence) et qu'elle a été également observée dans les environs de la Mure, où les « calcaires de Laffrey » reposent

indifféremment sur les terrains cristallins, sur le Houiller, sur le Trias (Charles Lory, 1860). Ces calcaires à entroques de Laffrey sont identiques, comme âge, comme faciès et comme situation stratigraphique aux calcaires à entroques d'Arvel et de Rossinières!

Dans les parties axiales des Préalpes et dans certaines parties de la « zone des cols » le Lias fait entièrement défaut et c'est soit l'Aalenien, soit le Bathonien à *Mytilus* qui repose directement sur le Trias.

Le Lias supérieur¹ est représenté partout où il existe dans les Préalpes par des schistes noirs avec Ammonites écrasées et Fucoides, absolument semblables par leur faune au Toarcien du Jura, en particulier aux schistes à Posidonomyes. Les mêmes schistes existent dans les Hautes Chaînes calcaires, dans les environs du Klausen et du lac de Wallenstadt. On les retrouve dans les klippes des Annes et de Sulens, au Giswyler Stock, au Stanzler Horn et au Buochser Horn (Stutz). Dans les blocs exotiques d'Iberg et du Wäggithal on trouve par contre un minerai de fer contenant des fossiles toarciens et dont l'analogie avec le gisement de la Verpillière a déjà frappé M. Mœsch.² Voici donc encore des terrains dont on retrouve les analogues sur le versant nord et ouest des Alpes! En revanche on ne connaît rien de semblable dans le Lias supérieur des régions centrales et méridionales des Alpes et, réciproquement, l'« Ammonitico rosso », qui caractérise le Toarcien des Alpes calcaires méridionales, est totalement inconnu dans toute la région des Préalpes et des Klippes.

Dogger. — L'étage inférieur du Dogger, l'Aalenien, a généralement été confondu avec le Toarcien dans les chaînes extérieures des Préalpes; dans les chaînes intérieures, en particulier dans la « lame » du Chamossaire et dans la zone des cols, il a, par contre, son individualité propre, bien mise en évidence par les belles recherches de M. Renevier, qui le désigne sous le nom d'« Opalinien. » Il est représenté par des schistes noirs, reposant souvent en transgressivité sur le Trias. Des schistes tout à fait

¹ M. O. Hug a fait connaître tout récemment les résultats principaux d'une étude sur les Ammonites du Lias supérieur du Molèson (*Archives Soc. phys. et nat.*, nov. 98, p. 486) et ces résultats mettent en évidence le caractère « centroeuropéen » de cette faune.

² Matér. Carte géol. Suisse, liv. XIV, n° 3, p. 277.

semblables se rencontrent dans la zone des Hautes Chaînes calcaires, sur le versant nord du massif de l'Aar¹, dans les Glarner Freiberge et dans les environs du Tödi. Dans ce dernier point M. Heim signale leur superposition immédiate au Röthi-Dolomit². L'Aalenien est donc en transgressivité non seulement dans les Préalpes, mais encore dans une partie de la région à faciès helvétique. Sur le versant méridional des Alpes, on ne connaît rien de semblable et l'Aalenien est à l'état d'« Ammonitico rosso », présentant par conséquent le plus parfait contraste avec celui des Alpes septentrionales, qui se rattache par ses caractères lithologiques et paléontologiques au faciès de l'Europe centrale.

Le Bajocien et le Bathonien sont représentés dans la chaîne bordière des Préalpes, dans les chaînes extérieures des Préalpes médianes et dans la zone interne ou zone des cols par un faciès vaseux, quelquefois légèrement sableux, désigné d'ordinaire sous le nom de « Dogger à Zoophycos ». Le même faciès se rencontre dans les klippes du Giswyler Stock, du Stanzer Horn et du Buochser Horn, au moins à l'état d'intercalation dans des faciès zoogènes. Les deux niveaux les plus fossilifères sont le Bajocien supérieur (zone à *Cosmoceras Garantianum*) et le Bathonien inférieur³ (zone à *Oppelia fusca* et à *Lytoceras tripartitum*); les associations d'espèces sont identiquement les mêmes que dans les environs de Digne, ainsi qu'il ressort d'une comparaison entre les listes d'espèces de Gillieron et celles que j'ai publiées. Ce faciès vaseux est totalement inconnu dans la zone du Briançonnais, en revanche il existe dans les Hautes Chaînes calcaires de Savoie, quoique peu fossilifère, et se retrouve en Suisse dans les massifs du Faulhorn et du Schilthorn (Mösch), en pleine région à faciès helvétique, avec les empreintes caractéristiques de *Cancellophycus scoparius* et même, à la Blattenheide, près Meiringen, avec les fossiles de la zone à *Lytoceras tripartitum*⁴,

¹ Aug. Tobler, *Über die Gliederung der mesozoischen Sedimente am Nordrand des Aarmassivs*. « Verh. naturf. Ges. Basel », t. XII, 1897, p. 84.

² Mechanismus der Gebirgsbildung, I, p. 59.

³ La dénomination de *couches de Klaus* appliquée à ce niveau ne saurait être trop critiquée car le faciès du Dogger de la Klaus-Alpe est tout différent, c'est un calcaire riche en Brachiopodes.

⁴ G. Sayn, *Observations sur quelques gisements néocomiens des Alpes suisses et du Tyrol*; « Trav. Labor. Géol. Fac. Sc. Univers., Grenoble », t. II, p. 121.

identiques, même comme gangue, à ceux des Basses-Alpes et par conséquent à ceux des Préalpes.

Dans les chaînes intérieures des Préalpes médianes le Dogger est représenté par un faciès spécial, sublittoral ou même en partie lagunaire, connu sous le nom de « couches à *Mytilus* ». Le Dogger à *Mytilus* est nettement transgressif et repose soit sur le Lias, soit directement sur le Trias. En certains points (massifs de Tréveneusaz, mont d'Or) il fait défaut et le Malm repose alors immédiatement sur le Trias. Il occupe évidemment la partie axiale des Préalpes et sépare deux bandes de Dogger à *Cancellophycus*. M. Lugeon¹ a observé, à la pointe d'Orchez, son passage à ces faciès vaseux par l'intermédiaire d'un faciès à entroques et à Brachiopodes; M. Schardt signale un passage analogue au Vanil Noir; enfin, il existe également un faciès à entroques au Chamossaire et, ici aussi, il occupe une place intermédiaire entre le Dogger à *Mytilus*, auquel il confine vers le nord-ouest, et le Dogger à *Cancellophycus*, auquel il confinait vers le sud-est, mais auquel il est actuellement superposé, par suite de dislocations intenses qui ont affecté la région.

Le faciès des couches à *Mytilus* n'est pas propre à la région des Préalpes; M. Schardt fait remarquer, avec raison, que l'on connaît dans la zone sédimentaire du Briançonnais le « Dogger d'un faciès voisin des couches à *Mytilus* » et c'est probablement aux gisements décrits par M. Kilian qu'il fait allusion, car le Dogger du Val Ferret rappelle plutôt celui de la Suisse centrale, dont il sera question plus loin. Quoique le Dogger du Briançonnais soit loin de reproduire tous les caractères des couches à *Mytilus*, si l'on ne connaissait pas de dépôts analogues en place dans les Alpes occidentales, on pourrait à la rigueur citer la ressemblance de ces deux formations comme argument en faveur du charriage des Préalpes, mais, sans parler des gisements de couches à *Mytilus* de la Basse-Provence, que l'on a comparés depuis longtemps à ceux des Préalpes, on peut indiquer un point en pleine région à faciès helvétique où le Dogger est à l'état de couches à *Mytilus*, c'est le Stufenstein, au pied ouest de la Jungfrau, localité qui a fourni à M. Moesch² un certain nombre d'espèces que l'on ne connaissait précédemment que dans les Alpes fribourgeoises et vaudoises. J'ajouterai que le Dogger du

¹ *Région de la Brèche du Chablais*, p. 67.

² « Matér. Carte géol. », livr. XXI, II, p. 30.

Chamossaire rappelle beaucoup celui de la vallée de la Lizerne, étudié par M. Renevier.

Dans les petites klippes du versant nord de la chaîne du Sigriswyler Grat et dans les grandes klippes les plus orientales le Dogger est représenté en majeure partie par des calcaires à Echinodermes, souvent ferrugineux, riches en Zoanthaires, en Brachiopodes, en Lamellibranches. Les mêmes associations de formes, souvent contenues dans des roches semblables, se rencontrent aussi sur le versant nord du massif de l'Aar et dans la région du pli nord de Glaris. Aussi bien par ses caractères lithologiques que par ses caractères paléontologiques, ce faciès du Dogger de la Suisse centrale se rattache de la manière la plus intime au faciès jurassien.

Aucun des faciès du Dogger connus sur le versant nord et ouest des Alpes ne se retrouve sur le versant méridional, où le Jurassique moyen est représenté par des schistes à *Aptychus*. Il résulte donc de cet aperçu que les données relatives au Dogger sont toutes en contradiction avec les arguments de M. Schardt, tandis qu'elles viennent confirmer les trois propositions que j'ai annoncées plus haut.

Les variations de faciès du Dogger s'expliquent fort bien si l'on admet que les Préalpes sont en place. En effet une coupe dirigée N.-S. à travers les Alpes calcaires suisses, rencontrerait dans cette hypothèse les bandes hétéropiques suivantes :

1° Dogger jurassien des petites klippes du flanc nord de la chaîne ;

2° Dogger vaseux à *Cancellophycus* ;

3° Calcaire à Entroques (?) ;

4° Couches à *Mytilus* avec îles ;

5° Calcaire à Entroques du Chamossaire ;

6° Dogger vaseux à *Cancellophycus* ;

7° Calcaire à Entroques de la Lizerne et couches à *Mytilus* du Stufenstein ;

Il y a, comme on voit, symétrie parfaite de part et d'autre de la bande des couches à *Mytilus*, qui constitue un géanticlinal secondaire formé au milieu du géosynclinal du Dogger vaseux.

Malm. — Le Callovien est représenté dans la chaîne bordière des Préalpes par des « schistes à nodules » renfermant surtout la faune de la zone supérieure de l'étage avec un cachet méditerranéen bien accusé. Des couches tout à fait semblables se rencontrent non seulement dans les « chaînes subalpines » du

Dauphiné (marnes à géodes de Meylan) et de la Savoie, mais encore dans les Hautes Chaînes calcaires suisses, au Muveran, dans les massifs du Schilthorn et du Faulhorn et dans les environs d'Engelberg¹.

Le « calcaire concrétionné » des chaînes extérieures des Préalpes est un équivalent exact des couches de Birmensdorf (zone à *Peltoceras transversarium*, Oxfordien moyen). Il contient la même faune, mais avec une forte proportion d'espèces méditerranéennes. Il est tantôt gris, tantôt rouge; dans le premier cas il rappelle les couches de Birmensdorf elles-mêmes, les couches de Trept (Isère), dont les Ammonites ont fait tout récemment l'objet d'une belle monographie, due à M. de Riaz, les couches de Cazalet (Gard) et de Chabrières (Basses-Alpes); dans le second, il rappelle l'Oxfordien rouge des Alpes Vénitiennes, de la Tunisie et de l'Algérie. Des couches contenant la même faune que celle du calcaire concrétionné se rencontrent aussi sur toute la longueur des Hautes Chaînes calcaires suisses (« Schiltkalk »).

Dans les chaînes extérieures des Préalpes médianes le Callovien manque fréquemment et l'Oxfordien concrétionné rouge repose alors directement sur le Bathonien inférieur à *Lytoceras tripartitum*, ainsi qu'il ressort des observations de MM. E. Favre et Schardt. Il est possible, que si l'on s'en rapporte aux coupes de M. Lugeon, dans les montagnes de Culet et Savonnaz, près de Champéry, l'Oxfordien fasse suite immédiatement au Dogger à *Cancellophycus* ou même au Lias supérieur, à moins que les lacunes observées ne soient dues à des étirements. Quoiqu'il en soit, la transgressivité de l'Oxfordien n'est pas un phénomène exclusivement propre aux Préalpes : dans les gorges inférieures de la Vésubie, dans les Alpes Maritimes, la superposition directe de l'Oxfordien au Trias supérieur a été constatée par M. Léon Bertrand²; au Zaghouan, près de Tunis, M. Ficheur et moi³ avons vu l'Oxfordien rouge s'appuyer directement sur le Lias; enfin, ce qui est plus remarquable, dans une région très voisine des Préalpes, dans les Alpes de Glaris et de Saint-Gall, M. Moesch

¹ Sur le bord septentrional du massif de l'Aar le Callovien est à l'état d'oolithe ferrugineuse; à l'est de la vallée de la Reuss il manque en beaucoup de points dans les chaînes extérieures.

² Communication verbale de M. Léon Bertrand.

³ Sur les dômes liasiques du Zaghouan et du Bou-Kournin (Tunisie) « C. R. Acad. des Sciences », 8 juin 1896.

a observé en plusieurs points, entre autres au Gonzen ¹ le contact direct, avec ravinement, des couches de Birmensdorf avec les oolithes ferrugineuses bajociennes.

L'Oxfordien des Préalpes se rattache donc intimement, aussi bien au point de vue stratigraphique qu'aux points de vue lithologique et paléontologique, à l'Oxfordien du versant nord et ouest des Alpes et en particulier à celui des Hautes Chaînes calcaires suisses.

Les données que l'on possède sur les termes supérieurs du Malm des Préalpes sont en harmonie complète avec les résultats que fournit l'étude de l'Oxfordien. Dans les chaînes extérieures des Préalpes ces termes (Rauracien-Portlandien) présentent les mêmes caractères lithologiques et paléontologiques que dans les chaînes *extérieures* des Alpes françaises, où la succession des faunes a été établie d'une manière définitive par M. Kilian. Dans la région axiale des Préalpes le Malm est représenté par une masse puissante de calcaires gris foncé, fétides, renfermant localement une faune coralligène. Ce Malm de la zone axiale est cité par M. Schardt parmi les terrains des Préalpes dont on a constaté la présence « dans la zone intra-alpine *du Briançon (sic)* », mais il convient de remarquer que dans la zone stratigraphique du Briançonnais le Malm est inconnu au nord du Galibier et que, pour retrouver le faciès coralligène, il faut aller au sud jusque dans l'Ubaye. D'autre part, on connaît des faciès coralligènes dans le Portlandien du Jura, à l'Echaillon, au Salève, voire même en Argovie. De plus, les calcaires coralligènes tithoniques existent, comme l'on sait, dans toute la Suisse orientale, aussi bien dans les klippes que dans les chaînes calcaires à faciès helvétique; c'est le « Troskalk » d'Escher de la Linth, qui fait suite au « Hochgebirgskalk ».

Dans les Alpes calcaires méridionales, et en particulier en Lombardie, on ne rencontre ni les couches de Birmensdorf, ni les calcaires gris à Céphalopodes du Malm, ni le Tithonique coralligène; le Malm est représenté dans les environs de Lugano et dans l'Alta Brianza par des schistes siliceux rouges à *Aptychus*, pour la partie inférieure, et pour la partie supérieure, par des calcaires blancs compacts, correspondant au Tithonique; pour rencontrer l'Oxfordien concrétionné rouge il faut aller jusqu'en Vénétie.

¹ Matér. Carte géol., t. XIV, 3, p. 123.

Tous les termes du Jurassique supérieur des Préalpes et des klippes sont donc représentés par des faciès identiques sur le versant occidental et septentrional des Alpes, tandis que ces mêmes faciès font presque tous entièrement défaut aussi bien dans la zone stratigraphique du Briançonnais que dans les Alpes calcaires méridionales.

Crétacé inférieur. — Ce sont surtout les caractères particuliers du Crétacé des Préalpes qui ont servi d'argument à M. Schardt pour affirmer le caractère exotique et par suite le charriage de toute la région. Nous allons voir en quoi ces conclusions sont peu fondées pour une grande partie du Crétacé inférieur ¹.

Le Néocomien *sensu lato* n'existe que dans les chaînes extérieures des Préalpes et dans une lame ou écaille comprise entre la zone des cols et les Hautes Chaînes calcaires ; ce n'est que dans la zone bordière que l'on a pu reconnaître une succession de termes analogue à celle que l'on observe dans des régions voisines ; dans les chaînes extérieures des Préalpes médianes on n'a pu encore établir de subdivisions dans le « Néocomien à Céphalopodes ».

Dans la zone bordière on distingue facilement les couches de Berrias, les marnes à *Belemnites latus* et une série supérieure de calcaires marneux et de schistes noirs, dans laquelle on n'a pu encore faire le départ de ce qui revient à l'Hauterivien et de ce qui revient au Barrémien.

Les couches de Berrias ont été décrites par Gillieron et il est facile de se rendre compte d'après sa description qu'elles sont semblables, aussi bien par leurs caractères lithologiques que par leurs caractères paléontologiques, aux couches de Berrias du bassin du Rhône et à celles des Hautes Chaînes calcaires bernoises. Elles existent également dans les klippes d'Iberg et M. Burckhardt ² a fait remarquer, avec raison, leur identité absolue avec les couches de Berrias qui affleurent au nord du Pragel et a expressément nié leur caractère exotique.

Les marnes à *Belemnites latus* ont été reconnues dans le massif du Monsalvens, dans les environs de Châtel-St-Denis (couches

¹ Pour me conformer à l'usage adopté par les géologues suisses je range ici les couches de Berrias dans le Néocomien, quoique par ses affinités paléontologiques, il me semble devoir se rattacher plutôt au Jurassique supérieur.

² Matér., livr. XXXV, p. 50.

à Ptéropodes, Ooster), ainsi qu'à Bovonnaz, dans la bande interne de Néocomien à Céphalopodes (Renevier). Malgré quelques particularités paléontologiques, elles offrent les plus grandes ressemblances avec les marnes valanginiennes des Hautes Chaînes calcaires de Savoie, du massif de la Dent de Morcles et du Justisthal, au nord du lac de Thoune. On sait que les marnes à Ammonites pyriteuses du Valanginien se rencontrent dans les chaînes extérieures des Alpes occidentales depuis les Alpes Maritimes jusque dans la Suisse centrale et qu'elles constituent un des niveaux les plus constants et les plus caractéristiques¹.

Les calcaires marneux et les schistes correspondant à l'Hauterivien et au Barrémien représentent un faciès qui est plus particulier aux Préalpes. La faune, si riche dans le ravin de la Veveyse et aux Voirons, rappelle les faunes du faciès vaseux du bassin du Rhône, mais présente cependant quelques types spéciaux; les mêmes Céphalopodes se retrouvent d'ailleurs en partie dans les chaînes à faciès helvétique (« *Crioceras*-Schichten », « Altmann Schichten »). Si en général les caractères lithologiques contrastent d'une manière frappante avec ceux des couches de même âge des Hautes Chaînes calcaires (calcaires spathiques, calcaires siliceux, calcaires glauconieux, calcaires noduleux), il est cependant des cas où les couches marneuses et schisteuses prédominent dans l'Hauterivien de ces chaînes, comme par exemple dans le Genevois et dans la partie occidentale des Bauges.

Les faciès prétendus caractéristiques des Préalpes se retrouvent donc en grande partie dans le voisinage immédiat des régions dites exotiques et sont connus sans exception tout au moins dans la région à faciès vaseux, sur le versant occidental des Alpes. On m'objectera que la réciproque n'est pas vraie et que les faciès du type helvétique ne sont pas connus dans les Préalpes. Ceci n'est exact que sous certaines réserves. D'abord nous avons vu que, pour le Valanginien, le faciès jurassien helvétique ne s'étend nullement à toute la région des Hautes Chaînes calcaires et que le faciès vaseux y possède une assez grande extension. En ce qui concerne l'Hauterivien et le Barrémien, le faciès glauconieux, tout au moins, qu'affectent souvent ces deux

¹ Dans la Suisse occidentale le faciès zoogène du Valanginien est confiné à la bordure nord du massif de l'Aar, dans la Suisse orientale il s'étend à toute la largeur des Alpes calcaires.

étages dans la région à faciès helvétique, n'est pas absolument inconnu dans les Préalpes, vu qu'on l'a rencontré au Môle.

Je rappellerai ensuite qu'au Monsalvens, c'est-à-dire sur l'extrême bord nord-ouest des Préalpes, le Crétacé inférieur vaseux présente, d'après les observations de Gillieron ¹, deux intercalations de faciès jurassien bien caractérisé : les calcaires à huîtres, rappelant par leur faune le Valanginien du Jura, entre les couches de Berrias et les couches à *Belemnites latus*, et un calcaire oolithique, ressemblant à l'Urgonien, qui repose sur le « calcaire bleu » à faune barrémienne. Il y a là un cas tout à fait analogue à celui que l'on observe dans les Alpes calcaires du Dauphiné, dans le massif de la Grande Chartreuse, où Charles Lory a signalé la succession suivante de faciès jurassiens (helvétiques) et de faciès vaseux (alpins, dauphinois, vindéliens) :

7. Calcaires urgoniens (faciès jurassien) ;
 6. Marnes à *Trochaster retusus* (jurass.) ;
 5. Calcaires à *Crioceras Duvali* (faciès vaseux) ;
 4. Couches glauconieuses à Bélemnites plates et *Hoplites radiatus* ;
 3. Calcaire roux à *Pygurus rostratus* (jurass.) ;
 2. Calcaire du Fontanil à *Hoplites Thurmanni* (Valanginien jurassien) ;
 1. Marnes à Ammonites ferrugineuses (vaseux).
- (Substratum : calcaire à ciment de Berrias.

Ces faits sont classiques, mais puisque M. Schardt semble les ignorer, j'ai cru devoir les rappeler.

Le massif de la Chartreuse présente le *type mixte* du Néocomien, puisqu'il se trouve à la limite d'une région située à l'ouest où prédomine le type jurassien, et d'une région située à l'est, qui était caractérisée par le type vaseux ou alpin. De même la chaîne bordière des Préalpes présente un type mixte, puisqu'elle confine au nord-ouest à une région à faciès exclusivement jurassien, celle du Jura, et au sud-est à une région à faciès exclusivement vaseux, celle des Préalpes médianes. Gillieron avait d'ailleurs parfaitement compris l'importance de ces intercalations de faciès jurassien dans la série vaseuse.

Le fait acquiert toutefois sa pleine signification si on le rapproche de la présence du Lias à Gryphées dans cette même zone

¹ Matér., livr. XII, p. 104.

bordière des Préalpes et de celle d'un Dogger oolithique dans les petites klippes situées sur le versant nord du Sigriswyler-Grat. Mais, de même que le Néocomien des Préalpes accuse une tendance à prendre le faciès jurassien ou néritique à l'approche du Jura, le Néocomien des Hautes Chaînes calcaires accuse une tendance à prendre le faciès bathyal à Céphalopodes à l'approche des Préalpes. Le Valanginien ne possède le faciès vaseux à Ammonites pyriteuses que dans les plus extérieures des Hautes Chaînes calcaires, car dans les chaînes intérieures il est à l'état de calcaire siliceux zoogène. Les couches glauconieuses à Criocères et les couches de l'Altmann¹, si riches en Céphalopodes barrémiens, n'existent que dans les chaînes qui confinent aux Préalpes ou qui forment le soubassement des Klippes ; dans les chaînes intérieures, le faciès à Céphalopodes fait entièrement défaut. Voici donc les passages entre les faciès des Préalpes et ceux des Hautes Chaînes dont M. Schardt nie si énergiquement l'existence !

Si l'on fait abstraction des calcaires oolithique du Monsalvens, on doit évidemment concéder l'absence complète d'Urgonien et en particulier de calcaires à *Requienia ammonia* dans la région des Préalpes, mais il y a lieu de remarquer que, contrairement à ce que pense M. Schardt, on ne connaît dans cette région aucun terrain qui puisse être envisagé comme un dépôt synchronique de l'Urgonien suisse. On sait en effet que les calcaires à Réquiénies des Alpes suisses appartiennent à l'Aptien inférieur (Rhodanien) ou, peut-être, pour leur partie inférieure, au Barrémien tout à fait supérieur² ; or, dans les Préalpes, le Barrémien inférieur supporte immédiatement le Crétacé supérieur, soit que les sédiments correspondant au Barrémien supérieur, à l'Aptien, à l'Albien, aient été totalement enlevés par les érosions antéturonniennes, comme le Néocomien a été enlevé dans les parties axiales des Préalpes ; soit, ce qui est infiniment plus vraisemblable, qu'ils ne soient jamais déposés, la région tout entière ayant été émergée après le dépôt du Barrémien inférieur.

¹ Les couches glauconieuses à Criocères de la Savoie (Bauges, Pont-St-Clair) sont hauteriviennes ; les couches de l'Altmann de la Suisse orientale, qui possèdent le même faciès, sont barrémiennes (Sayn, Kilian) et reposent sur le « Kieselkalk », qui représente à la fois le Valanginien et l'Hauterivien.

² Régions exotiques, p. 170.

Dans ces conditions, l'absence des faciès urgoniens, rhodaniens et albiens caractéristiques des Hautes Chaînes calcaires dans toutes les Préalpes est un fait beaucoup moins étrange qu'il ne paraît au premier abord.

Une comparaison des terrains crétacés inférieurs des Préalpes avec ceux du versant méridional des Alpes ne fournit pas d'arguments plus concluants en faveur de l'hypothèse de leur origine lointaine. On n'a jamais trouvé, ni en Lombardie, ni en Vénétie, aucune formation dont les caractères lithologiques rappelaient ceux des calcaires de Berrias ou des marnes valanginiennes. Par contre, il y a longtemps que l'on a été frappé des ressemblances paléontologiques qui existent entre les dépôts néocomiens des Voirons et de la Veveyse et le *Biancone* de Vénétie; mais on oublie que le Néocomien de la Lombardie, qui seul pourrait avoir été en relations avec les Préalpes et les Klippes, possède des caractères tout différents : il est à l'état de calcaires blancs, compacts, très peu fossilifères, désignés sous le nom de *Majolica*.

Dans la zone du Briançonnais et dans la zone du Mont-Rose, on ne connaît aucune trace de dépôts crétacés inférieurs; il est d'ailleurs prouvé par les travaux de MM. Heim, Schmidt, Mœsch et Baltzer que le Néocomien ne s'étendait pas au sud du massif de l'Aar.

Crétacé supérieur. — Les « couches rouges », qui représentent le Crétacé supérieur dans les Préalpes et dans les Klippes, ne diffèrent guère que par leur couleur des couches de même âge des régions à faciès helvétique; dans les deux régions on rencontre les mêmes Foraminifères, et M. Lugeon signale dans le val d'Illiez, c'est-à-dire sur le bord intérieur des Préalpes, du Crétacé supérieur *blanc*, tandis que, d'autre part, M. Schardt a trouvé des « couches rouges » analogues à celles des Préalpes dans le massif de la Dent-du-Midi.

La transgression des « couches rouges » a été démontrée par les observations de Gillieron, de M. Rittener et de M. Lugeon; elle est à rapprocher de la transgression sénonienne dont M. Pierre Lory a donné des preuves indiscutables pour le Dévoluy, tandis que l'on ne connaît rien d'analogue en Lombardie.

Plusieurs auteurs ont comparé les « couches rouges » à la *Scaglia* des Alpes vénitiennes, mais tandis que les « couches rouges » renferment une faune du Turonien supérieur (*Micraster breviporus*, *Inoceramus Brongniarti*), la *Scaglia* contient

surtout des fossiles du Sénonien supérieur (*Stenonia tuberculata*, *Cardiaster italicus*).

Résumé. — Résumons maintenant les résultats obtenus et voyons comment ils viennent à l'appui de chacune des trois propositions énoncées plus haut.

Les terrains suivants, très répandus au moins dans une partie des Préalpes, sont absolument inconnus avec les mêmes faciès dans l'intérieur des Alpes, au delà de la zone des Hautes Chaînes calcaires, ainsi que sur le versant méridional :

Schistes toarciens à *Posidonomya Bronni*;

Schistes noirs aaléniens (« Opalinien » Renev.);

Dogger à *Cancellophycus* ;

Callovien vaseux ;

Couches de Birmensdorf ;

Calcaires jurassiques supérieurs (faciès du bassin du Rhône);

Couches de Berrias ;

Valanginien à Ammonites pyriteuses.

Il est donc faux que presque tous les terrains sédimentaires des Préalpes se retrouvent dans la zone centrale ou méridionale et la première partie de la seconde proposition se trouve ainsi confirmée.

Les terrains suivants, particulièrement caractéristiques du versant méridional des Alpes, sont inconnus dans les Préalpes et dans les Klippes :

Trias alpin à Céphalopodes ;

Toarcien rouge ;

Schistes à *Aptychus* du Dogger ;

Tithonique rouge (« Ammonitico rosso »).

Le Rhétien, l'Oxfordien noduleux rouge et le « Biancone » néocomien paraissent faire défaut dans les Alpes calcaires à faciès helvétique, mais ces formations ont également été observées soit dans le bassin du Rhône, soit dans d'autres parties de la région méditerranéenne.

On connaît *in situ*, sur le versant ouest et nord des Alpes, dans les Hautes Chaînes calcaires (régions à faciès helvétique), voire même dans le Jura, les terrains suivants, représentés par des faciès identiques à ceux qui leur sont propres dans les Préalpes :

Calcaire à Gryphées ;

Schistes à *Posidomyes* ;

Bajocien oolithique et spathique ;

Bathonien à *Mytilus* ;

Callovien vaseux ;
Couches de Birmensdorf ;
Jurassique supérieur à Céphalopodes ;
Jurassique supérieur coralligène ;
Couches de Berrias ;
Valanginien à Ammonites pyriteuses ;
Crétacé supérieur blanc.

La troisième proposition énoncée plus haut se trouve donc vérifiée.

M. Schardt a affirmé à maintes reprises le contraste frappant qui existerait entre les terrains des Préalpes et les terrains de même âge des régions voisines (série helvétique) ; ce contraste est évident pour certains terrains et si l'on envisage les Préalpes dans leur ensemble, mais il est considérablement atténué si l'on tient compte du fait que plusieurs terrains se rencontrent avec des faciès absolument semblables de part et d'autre de la ligne de contact anormal qui sépare les deux régions. C'est ainsi que le calcaire à Gryphées existe avec des caractères identiques dans la zone interne des Préalpes (zone des cols) et dans les parties voisines des Hautes Chaînes calcaires, et que le Valanginien à Ammonites pyriteuses signalé dans la zone interne du Néocomien à Céphalopodes, n'est connu que dans les chaînes extérieures de la région à faciès helvétique. Enfin, on a vu plus haut que les faciès à Céphalopodes de l'Hauterivien et du Barrémien ne se sont développés que dans celles des chaînes du type helvétique qui sont en contact avec les Préalpes et les Klippes. Je rappellerai en outre le fait de l'existence de faciès jurassiens au Lias inférieur, au Dogger et au Néocomien dans la chaîne bordière des Préalpes.

L'intercalation de ces faciès jurassiens dans la série vaseuse peut être envisagée comme un véritable *passage* entre les terrains des Préalpes et ceux des régions environnantes, un de ces passages que nie M. Schardt et au sujet desquels il me donne « le démenti le plus formel ». C'est le plus souvent par des alternances de ce genre que se font les passages horizontaux d'un faciès à un autre. Quand, par contre, le passage se fait sans alternances il est le plus souvent extrêmement brusque, de sorte que les deux régions hétéropiques se trouvent souvent en contact immédiat. La stratigraphie fournit de nombreux exemples de pareils changements de faciès sans transition insensible et l'on sait que c'est très fréquemment suivant les limites de faciès

que se produisent les ruptures qui se traduisent par des plis-failles ou par des chevauchements. Dans la région des Basses-Alpes il existe des changements de faciès tout aussi brusques que ceux que l'on observe à la limite des Préalpes et des Hautes Chaînes calcaires et ces changements coïncident souvent avec les principales lignes de contact anormal. Ainsi la limite du faciès rhodanien (néritique) et du faciès dauphinois (bathyal) du Lias se confond sur une partie de son parcours avec la grande ligne de discontinuité qui met brutalement en contact les plis du Diois et les plis de la Haute-Provence. Plus au sud, entre Digne et Castellane un important pli-faille forme en même temps la limite entre le faciès vaseux du Dogger et le faciès à entroques, entre le faciès « alpin » du Néocomien et le faciès provençal à Spatangues, qui n'est autre chose qu'une répétition du faciès jurassien. De même, dans les Préalpes la ligne de séparation entre le « Dogger à *Zoophycos* » et le « Dogger à *Mytilus* » correspond à « l'arête chevauchée des Gastlosen ». Dans ce dernier cas, pas plus que dans les exemples empruntés aux Basses-Alpes, aucun géologue n'a jamais songé à considérer la série située d'un côté de la ligne de contact anormal comme *exotique* par rapport à celle qui est située sur le côté opposé et il n'est venu à l'idée de personne d'envisager la lame supérieure comme une nappe de charriage reposant sur la lame inférieure. Les relations des Préalpes et des Hautes Chaînes calcaires sont pourtant exactement de même nature.

Je ne veux pas quitter le côté stratigraphique de la question des Préalpes sans indiquer brièvement comment je m'explique la répartition particulière des faciès que l'on observe dans la région, bien que je l'aie déjà fait dans deux publications antérieures.

Si l'on coupe transversalement les Préalpes, en se dirigeant du nord-ouest au sud-est, on traverse successivement les zones de sédimentation suivantes :

1^o Une zone bordière, où le Lias possède des faciès néritiques ; où le Malm est nettement bathyal, mais se rapproche beaucoup par tous ses caractères du Malm du Jura et des chaînes subalpines, dans les Alpes françaises ; où le Néocomien bathyal présente des intercalations néritiques indiquant le voisinage du Jura ;

2^o Une zone extérieure des Préalpes médianes, où toute la série jurassique et crétacée indique un dépôt tranquille, effectué

dans des eaux en voie d'approfondissement graduel et où tous les sédiments possèdent un faciès bathyal ;

3° Une zone axiale, partiellement émergée au Jurassique inférieur et moyen, avec Lias néritique (calcaire spathique d'Arvel) et Dogger néritique, littoral ou lagunaire (couches à *Mytilus*) sur les bords de la bande émergée ; Jurassique supérieur transgressif et coralligène ; Néocomien vraisemblablement bathyal, mais enlevé par des érosions ultérieures ; Crétacé supérieur transgressif ;

4° Une zone interne des Préalpes (zone des cols, lame du Néocomien à Céphalopodes), séparée de la précédente par une large bande où les dépôts secondaires sont cachés par le Flysch du Niesen), caractérisée par un Lias inférieur néritique, un Aalénien bathyal et transgressif, un Bajocien bathyal, un Malm bathyal, souvent enlevé, de même que le Dogger, par des érosions anténommulitiques, enfin, par un Néocomien essentiellement bathyal.

On sait que pour M. Schardt la 1^{re} et la 4^{me} zone constituent une nappe unique en continuité souterraine, supportant une seconde nappe, qui correspondrait aux zones 2 et 3. J'admets par contre que toutes les zones se sont formées dans leur position relative actuelle. L'ensemble des Préalpes constituait, dans mon hypothèse, à l'époque triasique, un vaste géosynclinal ; à l'époque jurassique ce géosynclinal s'est dédoublé, par suite de la formation d'un géanticlinal médian, correspondant à la zone axiale 3 ; les deux géosynclinaux secondaires correspondent aux zones 2 et 4. mais au Lias la zone 2 était plus profonde que la zone 4 ; au Néocomien le géanticlinal médian tend à disparaître et au Crétacé supérieur la mer s'étend avec une profondeur uniforme sur toute la région.

LES ARGUMENTS TECTONIQUES DE M. SCHARDT

Je passe maintenant à l'examen des arguments tectoniques que M. Schardt fait valoir en faveur de la théorie du charriage des Préalpes. Ici je dois intercaler une remarque préalable afin d'éviter la possibilité d'un malentendu.

Si je m'élève contre l'hypothèse du recouvrement ce n'est nullement que je sois opposé systématiquement à la notion des grands charriages. Je crois avoir été un des premiers à suivre M. Marcel Bertrand dans les voies nouvelles qu'il traçait à la

tectonique en définissant le rôle des phénomènes de recouvrement dans la structure des régions montagneuses. Je ne nie en aucune façon la possibilité mécanique de charriages horizontaux se produisant sur des distances de 50 à 100 km., car ce sont des distances pareilles auxquelles MM. Schardt et Lugeon sont obligés d'avoir recours dans leur théorie. Je considère comme démontrée l'existence de grands recouvrements dans les bassins houillers du Nord de la France, dans la Basse-Provence, dans les Alpes de Glaris; je ne vois aucune difficulté à admettre les déplacements horizontaux plus considérables encore que M. Törnebohm fait intervenir pour expliquer la structure de la région centrale de la Scandinavie; j'ai moi-même, en collaboration avec M. Kilian, interprété les masses exotiques de l'Ubaye comme des lambeaux de recouvrement correspondant à une nappe de charriage dont la racine se trouve à une assez grande distance du bord frontal. Dans tous ces exemples, toutefois, des arguments sérieux, voire même, dans plusieurs cas, absolument péremptoirs, m'ont paru lever tous les doutes. Dans le cas des Préalpes il n'en est pas de même et, sans vouloir nier la possibilité du recouvrement, je prétends que les arguments tectoniques mis en avant jusqu'à présent ne suffisent pas à entraîner une certitude et qu'ils n'ont pas plus de valeur que les arguments stratigraphiques de M. Schardt. De plus, il est facile de s'assurer qu'*aucune preuve de la nature de celles que l'on a invoquées pour démontrer l'existence d'un charriage dans les exemples mentionnés ci-dessus n'a été produite par M. Schardt à l'appui de son hypothèse.*

Absence de charnière frontale. — Ainsi, dans d'autres régions où le recouvrement ne peut plus être sérieusement mis en doute, on observe fréquemment sur le bord frontal de la nappe de recouvrement une ou plusieurs charnières anticlinales à concavité tournée vers le lieu d'origine, vers la « racine » de la masse charriée. On est ainsi conduit à considérer cette dernière comme un pli couché dont le flanc inverse aurait disparu par étirement et dont la charnière serait conservée. Cette charnière frontale est connue dans le bassin houiller du Nord, dans les deux plis de Glaris, dans plusieurs des recouvrements de la Provence, dans les « klippen » de l'Ubaye, et M. Lugeon en a démontré l'existence dans le massif exotique de la brèche du Chablais. Nulle part on ne voit sur le bord externe des Préalpes quoique ce soit de semblable et les plis à allure presque juras-

sienne que présentent les chaînes extérieures des Préalpes médianes seraient dus, d'après M. Schardt lui-même, à des plissements postérieurs à la mise en place de la nappe charriée ; ils ne sauraient donc être invoqués en faveur d'un mouvement général vers le nord de toute la masse des Préalpes.

Absence du flanc inverse laminé. — On sait en outre que dans tous les grands plis couchés à flanc inverse étiré on observe, au moins localement, des restes de ce flanc inverse plus ou moins laminés ou encore des « lambeaux de poussée ». Il me suffira de rappeler l'exemple du « Lochseitenkalk » et l'existence de « lambeaux de poussée » dans plusieurs plis couchés de la Provence établie par les observations de M. Marcel Bertrand.

Dans les coupes relatives à la région des Préalpes que M. Schardt a publiées¹ on ne constate nulle part des faits analogues, au voisinage des plans de chevauchement.

Le savant géologue de Montreux s'est évidemment rendu compte de la valeur de ces objections, aussi n'a-t-il pas cru pouvoir envisager l'ensemble des Préalpes comme un entassement de plusieurs plis couchés superposés ; c'est comme « une nappe de recouvrement venue en glissant sur son soubassement triasique »² qu'il se figure la nappe principale des Préalpes, comme une nappe détachée de son substratum, située primitivement bien plus au sud et arrivée sur son emplacement actuel sous la simple action de la pesanteur. Dès lors nous nous trouverions en présence d'un phénomène géologique tout nouveau, dont aucune observation précise n'est encore venue démontrer la possibilité.

Absence de racine connue. — Pli couché ou masse glissée, la nappe des Préalpes doit avoir une racine, un lieu d'origine, si tant est qu'elle ne se trouve pas *en place*. Ce lieu d'origine, M. Schardt le cherche « au sud d'une ligne allant du Silvretta par le Piz Linard, le Tambo, le Simplon, la Dent Blanche à la zone du Briançonnais³ ». Il ne précise pas davantage.

¹ M. Schardt a soin de nous dire qu'il y a « mis tout ce que nous connaissons actuellement au sujet du problème ». (*Régions exotiques*, p. 214.)

² *Régions exotiques*, p. 183.

³ *Régions exotiques*, p. 213.

Je vais essayer de le faire en passant rapidement en revue les éléments tectoniques dont se compose cette grande région intérieure et méridionale des Alpes occidentales et en procédant par exclusion.

La *zone des Aiguilles d'Arves et du Val Ferret* ne peut entrer en ligne de compte, puisqu'elle se continue sur la rive droite du Rhône par les massifs calcaires des Diablerets et du Wildhorn ¹, dont les terrains possèdent le faciès helvétique et qui d'ailleurs se prolongent vers l'est par la zone des Hautes Chaînes calcaires suisses. Il ne peut pas davantage être question de la *zone axiale* des Alpes occidentales, qui comprend le massif de l'Aar, celui du Gothard, la bande du Grand-Saint-Bernard, avec, dans son prolongement oriental, le massif cristallin du Monte-Leone, enfin, la zone des schistes lustrés du Val Bedretto et du Lugnetz ². En effet, on connaît une partie du manteau sédimentaire du massif de l'Aar, et les terrains qui le constituent présentent encore le faciès helvétique dans toute sa netteté. Le massif du Gothard s'étend sur une bien trop faible longueur pour pouvoir être envisagé comme la racine des Préalpes, qui s'étendent, en comprenant les « Klippen », sur une longueur plus que triple. La bande du Grand-Saint-Bernard est déversée vers l'extérieur des Alpes dans toute sa partie occidentale, au moins sur son bord extérieur. On pourrait donc être tenté de l'envisager comme la racine des Préalpes, mais sa continuation vers l'est, le massif du Monte-Leone, est presque constamment déversée vers le sud, en même temps que l'anticlinal de Lebendun, ainsi qu'il ressort des coupes remarquables de M. Schmidt ³. Partout d'ailleurs où dans cette bande apparaissent des terrains plus récents que le Trias, ces terrains présentent le faciès des schistes lustrés, inconnu dans les Préalpes. L'origine de la « masse en recouvrement des Préalpes » ne peut donc être cherchée dans cette zone, aussi peu que dans la zone du Val Bedretto et du Lugnetz.

Il ne reste plus à considérer, dans la zone centrale des Alpes, que la *zone du Piémont*. On sait que, dans la partie méridionale

¹ E. Haug, *Etudes sur la tectonique des Alpes suisses*, 1^{re} partie. « Bull. Soc. géol. Fr. », 3^e sér., t. XXIV, p. 572. 1896.

² *Ibid.*, *passim*.

³ C. Schmidt. *Entwurf einer Profil-Serie durch die Simplon-Gruppe*.

de cette zone, les plis sont uniformément déversés vers l'est, c'est-à-dire vers l'intérieur de l'arc alpin. Plus au nord et vers l'est le trait dominant est la discontinuité qui résulte de l'intercalation de massifs à contours elliptiques, tels que le Grand-Paradis, la Dent-Blanche, le Mont-Rose. Il est possible et même probable que ces « massifs centraux », disposés en dômes ou en éventails, aient constitué, avant leur démantèlement, les racines de grands plis couchés, déversés vers le nord, mais aucun de ces plis, en raison de leur faible développement dans le sens longitudinal, n'a pu former une partie quelconque de la zone des Préalpes, si ce n'est, tout au plus, les lambeaux de brèche jurassique du Chablais et du Simmenthal.

Plus à l'est, le massif d'Antigorio forme la racine d'un grand pli couché déversé vers le nord, mais nous connaissons les limites septentrionales de ce déversement, puisque, d'après les coupes de M. Schmidt, le pli de Lebendun est couché sur le pli d'Antigorio, mais en sens inverse.

M. Schardt m'objectera peut-être que tous ces accidents de la zone du Piémont, dômes, éventails, plis couchés, sont antérieurs au moment où la nappe des Préalpes s'est décollée de son sous-bassement pour se mettre à glisser vers le nord. Dans la zone du Piémont, les plissements de la période néogène auraient affecté une région non seulement démantelée par les agents atmosphériques, mais encore en quelque sorte décapitée par le détachement antérieur de la nappe des Préalpes. Dans cette hypothèse les terrains secondaires ne devraient plus exister nulle part dans la zone du Piémont, or on les rencontre sur le pourtour de tous les « massifs centraux », et il est évident que le Trias et le Lias, tout au moins, recouvraient encore la plus grande partie de ces massifs à une époque relativement récente. D'ailleurs, il serait difficile de se figurer comment les calcaires à silex liasiques que la nappe des Préalpes aurait laissés en arrière dans leur lieu d'origine se seraient transformés en Schistes Lustrés sous l'action du métamorphisme.

La zone du Piémont ne peut donc, elle non plus, être envisagée comme le lieu d'origine de la « nappe de recouvrement des Préalpes », mais, comme M. Schardt compare à plusieurs reprises, dans son récent travail, les terrains des Préalpes avec ceux du bord méridional des Alpes, il me reste à discuter la possibilité de relations tectoniques entre les Préalpes et les zones qui viennent jouer successivement le rôle de bordure de la plaine du

Pô, au nord du point où la zone du Piémont cesse de jouer ce rôle. Ces zones sont au nombre de quatre : 1° la zone des amphibolites d'Ivrée, 2° la zone cristalline des Lacs, 3° la zone des Alpes calcaires méridionales, 4° la zone des Préalpes vénitiennes¹. Je laisse de côté cette dernière, qui ne s'étend pas à l'ouest de l'Adige et je ne m'arrête pas davantage à la deuxième et à la troisième, dont le déversement vers le sud est par trop évident et qui ne peuvent raisonnablement être envisagées comme constituant la racine d'un pli gigantesque déversé vers le nord. Il ne reste donc plus, comme pouvant entrer en ligne de compte, que la zone des amphibolites d'Ivrée, étroite bande, constituée presque exclusivement par des roches métamorphiques basiques, pincée entre la zone du Piémont, au nord-ouest, et la zone cristalline des Lacs au sud-est. Ici je serai moins catégorique, car il ne me semble pas que l'on puisse opposer des arguments aussi sérieux que dans les cas précédents à l'hypothèse d'après laquelle ce serait cette zone des amphibolites d'Ivrée qui correspondrait à la « racine » des Préalpes. L'érosion a entamé si profondément la bande des amphibolites, que l'on ne peut se prononcer ni sur le sens du déversement des couches enlevées, ni sur leur faciès. La porte est donc ouverte à toutes les hypothèses. La zone d'Ivrée est d'ailleurs encore fort mal connue et l'on ne sait pas, notamment, si le métamorphisme qui a donné naissance aux amphibolites s'est exercé sur des calcaires mésozoïques ou sur des calcaires paléozoïques. D'autre part, la zone d'Ivrée est la seule zone prenant part à la constitution des Alpes occidentales que l'on puisse songer à raccorder avec les Alpes calcaires des Grisons et, par le fait, aux Alpes calcaires septentrionales, quoique une autre interprétation — que j'ai proposée il y a trois ans² et qui consiste à relier les Alpes des Grisons à la zone du Gailthal par Meran — paraisse tout aussi plausible. Cette question, que je compte discuter en détail dans un travail ultérieur, doit cependant être posée ici, car elle présente une grande importance pour la théorie du charriage des Préalpes. On sait en effet que M. Marcel Bertrand³ a indiqué en 1884 les relations du Rhætikon avec la nappe de recouvrement des Alpes

¹ E. Haug, *Contribution à l'étude des lignes directrices de la chaîne des Alpes*, « Annales de géographie », 15 janv. 1896. Pl. V.

² *Loc. cit.*, pl. V.

³ *Rapports de structure des Alpes de Glaris...*, p. 328.

suisses et que M. Schardt considère lui aussi le Rhætikon comme la continuation vers l'est de la nappe des Préalpes et des Klippes. On pourrait admettre que le chevauchement qui contourne le Rhætikon et le Prättigau, et qui peut être suivi ensuite sans difficultés vers le sud jusqu'à Tiefenkastel et Tinzen, s'infléchit de nouveau vers l'est pour passer le long du synclinal de l'Albula et de l'Ortler et se raccorder d'une manière encore inconnue au synclinal de la Valteline, qui continue la zone des amphibolites d'Ivrée. La racine du recouvrement des Préalpes passerait donc derrière les hauts massifs de l'Engadine en les contournant. C'est à cette hypothèse invraisemblable et actuellement invérifiable que seront obligés d'avoir recours les partisans du charriage des Préalpes, car il faut renoncer à trouver une continuité tectonique quelconque entre les Alpes calcaires des Grisons et n'importe laquelle des zones tectoniques des Alpes occidentales. Il n'existe aucune connexion entre les montagnes de Davos et les massifs de la Suretta, de Tambo et de l'Adula¹, qui appartiennent encore à la zone tectonique du Piémont.

Si donc le recouvrement des Préalpes venait à être démontré au moyen de preuves locales (et non par des arguments tirés de la tectonique des zones intérieures des Alpes occidentales ou de la nature des faciès), l'interprétation que l'on devrait donner de ce recouvrement et des relations entre les Préalpes et le Rhætikon serait bien différente de celle que M. Schardt a imaginée. Mais nous allons voir que les preuves locales, basées sur la tectonique même des Préalpes, font tout autant défaut que les preuves basées sur la comparaison avec le prétendu lieu d'origine.

Absence de preuves de l'existence d'un substratum tertiaire.

— Quand des lambeaux de recouvrement présentent un faible développement en surface il est facile de s'assurer qu'ils reposent réellement sur des couches plus récentes et que ces couches passent sous les lambeaux, mais lorsque le recouvrement s'étend sur de grandes surfaces il est difficile d'en démontrer l'existence par des preuves directes. Des travaux d'art permettent quelquefois de reconnaître le substratum sous la masse en recouvrement elle-même, d'autres fois l'érosion fournit des coupes

¹ J'ai pu m'en assurer en étudiant, en 1897, les environs de Tiefenkastel.

naturelles assez profondes pour que le substratum apparaisse en certains points. Dans les Préalpes aucune preuve de cet ordre n'a encore été fournie en faveur du recouvrement. L'une des coupes de M. Schardt¹ pourrait, il est vrai, faire croire qu'en Chablais le Flysch ait été observé sous le Trias dans l'anticlinal du col de Vernaz, mais ce point de la figure ne correspond à aucune observation réelle. Nulle part l'érosion n'a entamé assez profondément les parties centrales des Préalpes pour que le substratum du Trias (le Flysch, dans l'hypothèse de M. Schardt) ait été mis à nu.

M. Lugeon et M. Schardt se basent sur les grandes analogies que présente la Mollasse rouge du Val d'Iliez avec celle du Bouveret pour admettre que ces deux formations sont en continuité *par-dessous* les Préalpes et les coupes de M. Schardt sont construites dans cette hypothèse. Je reviendrai plus loin sur cet argument et je montrerai qu'il ne peut être invoqué comme preuve du recouvrement.

N'ayant aucune preuve directe à mettre en ligne en faveur de son hypothèse, M. Schardt fait porter tout le poids de son argumentation sur la démonstration de la proposition suivante, formulée également par M. Lugeon : les chaînes calcaires des Préalpes forment dans leur ensemble une nappe qui repose sur tout son pourtour sur le Flysch, qui est donc comme posée sur une assiette de Flysch.

Si cette proposition était démontrée elle ne fournirait nullement une preuve absolue du recouvrement, mais elle n'est même pas en harmonie avec les faits. Une nappe reposant sur tout son pourtour sur le Flysch serait nécessairement délimitée par une ligne de contact anormal *continue*, correspondant à l'intersection du plan de recouvrement avec la surface du terrain. Or, si la limite extérieure des Préalpes médianes est en réalité une ligne de contact anormal qui se poursuit depuis le Môle jusqu'à Blumenstein, sans autre interruption que celle des dépôts pléistocènes et du lac de Genève, il n'en est pas de même de leur limite intérieure, de leur ligne de contact avec la zone de Flysch du Niesen. J'admets volontiers que de Wimmis à la Gummfluh le Trias qui constitue la base de la corniche limitant la zone médiane des Préalpes repose partout sur le Flysch du Niesen²,

¹ *Les régions exotiques*, prof. I.

² *Régions exotiques*, prof. II., *Licret-guide*, pl. X., fig. 1.

quoique la démonstration n'en ait pas encore été fournie, mais il est incontestable que plus au sud c'est précisément l'inverse qui a lieu et M. Schardt lui-même a publié une coupe¹ qui montre que, dans la vallée de la Grande-Eau, c'est au contraire le Flysch de la zone du Niesen qui repose sur le Trias. Je ne vois d'ailleurs pas que M. Schardt ait démontré la continuité de ce Trias avec celui de la Gummfluh et la simple assertion que ce même Trias se rallie « visiblement par le roc de St-Triphon à la corniche triasique de Tréveneusaz, qui est la contre-partie de la Gummfluh » ne suffit pas à prouver que le lambeau de Tréveneusaz est réellement la continuation de l'arête de la Gummfluh. Dans l'état actuel de nos connaissances il est impossible d'admettre que la ligne de contact anormal formant la limite intérieure des Préalpes médianes se continue sur la rive gauche du Rhône, à plus forte raison qu'elle se raccorde sous la nappe superposée de la Brèche du Chablais et par la vallée du Giffre, avec la limite extérieure. Il suffit même de consulter la petite carte que M. Schardt a jointe à son récent travail pour constater que l'auteur lui-même n'a pas osé faire violence aux faits en prolongeant le tracé de cette ligne de contact anormal au sud-est de l'Etivaz. Il n'est donc pas exact de dire que les Préalpes médianes forment une nappe continue reposant sur tout son pourtour sur le Flysch, et la coupe de la vallée de la Grande Eau, que j'ai visitée sous la conduite de M. Schardt, suffirait à elle seule à infirmer cette affirmation.

Du reste il ne me paraît nullement démontré que la terminaison sud-ouest et la terminaison nord-est des Préalpes, c'est à dire les chaînes qui viennent converger au Môle et celles qui aboutissent au lac de Thoune, reposent réellement sur un substratum de couches tertiaires.

En ce qui concerne le Môle et les collines du Faucigny, je rappellerai que l'interprétation de M. Lugeon est en désaccord complet avec celle de M. Marcel Bertrand, auquel est due l'étude la plus approfondie de la région. Tandis que pour M. Lugeon les plis de la rive droite de l'Arve reposent *sur* la Mollasse aquitanienne, pour M. Bertrand ces plis plongeraient *sous* la Mollasse, qui les recouvrirait en discordance.

En ce qui concerne la terminaison des Préalpes aux environs de Spiez on remarquera que M. Schardt lui-même ne fait que

¹ *Livret-guide*, pl. X.

donner une *impression* et procède par simples affirmations, lorsqu'il envisage les affleurements de Flysch entre Spiez et Leissigen comme des faux anticlinaux appartenant au substratum du Trias. Il ne donne aucune preuve de la superposition du Trias au Flysch. J'ai consacré plusieurs journées à explorer la rive méridionale du lac de Thoune et j'ai rapporté de mes courses une *impression* toute différente, que je suis bien en droit d'opposer à celle de M. Schardt. Je ne vois aucune raison de ne pas envisager les affleurements de Flysch entre Spiez et Leissigen comme de vrais synclinaux, pincés dans la terminaison orientale des plis des Préalpes. J'ai acquis la conviction que ces plis, loin de se superposer à la masse de Flysch du Niesen, semblent au contraire s'enfoncer sous cette masse. Quant aux lambeaux de Néocomien et de Sénonien, que M. Schardt compare à ceux des Préalpes extérieures, je les ai visités également et je les considère, de même que les lambeaux de recouvrement urgoniens de la vallée de Suld, comme des fragments du bord frontal des Hautes Chaînes calcaires.

Parmi les arguments que l'on a fait valoir en faveur de l'hypothèse du charriage des Préalpes, un de ceux qui paraît à première vue s'appuyer sur des faits d'observation est celui que l'on a tiré du chevauchement du bord externe des Préalpes calcaires. Si ce chevauchement était contesté, on devrait certainement attacher une grande importance aux preuves nouvelles de son existence que M. Schardt ajoute à celles qui étaient précédemment connues ; mais ces preuves ne constituent nullement des arguments nouveaux en faveur de l'hypothèse du charriage des Préalpes, car la constatation du chevauchement sur le bord n'entraîne nullement la conclusion que la masse située en arrière du chevauchement est tout entière en superposition anormale sur les couches chevauchées. Même quand la lame chevauchante (« écaille supérieure ») présente des faciès différents de ceux qu'affectent les terrains chevauchés (« écaille inférieure ») on n'est pas en droit de conclure à un recouvrement, car les chevauchements ont, comme on sait, une tendance à se former de préférence le long des limites de faciès.

Si M. Schardt était conséquent avec lui-même, il considérerait le chevauchement du pied septentrional des Gastlosen comme une preuve que cette chaîne appartient à une nappe de recouvrement superposée à celle des chaînes extérieures des Préalpes médianes. On serait entraîné bien loin, si toutes les

fois que l'on observe un chevauchement de quelque importance, on en concluait que l'on se trouve sur le bord d'une nappe de recouvrement. Ce serait substituer à la notion de la « structure imbriquée » celle de la superposition de nappes de recouvrement détachées de leurs racines. Il ne resterait plus, dans la chaîne des Alpes, que bien peu de parties qui ne seraient pas en recouvrement.

L'éventail composé imbriqué des Préalpes. — A l'hypothèse du charriage des Préalpes, j'ai opposé celle d'un éventail composé imbriqué. Elle s'appuie sur les coupes anciennes de divers auteurs (parmi lesquels M. Schardt), sur les coupes de M. Lugeon et sur la partie réellement observée des coupes récentes de M. Schardt. Je ne ferai que la rappeler brièvement, en insistant principalement sur les faits que M. Schardt a cherché de vive force à mettre en harmonie avec sa théorie et sur ceux qu'il a passés sous silence, comme étant en contradiction avec sa manière de voir.

Le profil n° II du dernier travail de M. Schardt peut servir de point de départ à mon explication, et j'y renvoie le lecteur, mais il faut, dans cette coupe, faire abstraction de tout ce qui est figuré *au-dessous* de la ligne représentant le niveau de la mer, et de plus le lecteur devra supprimer en deux points certaines parties, situées *au-dessus* de cette ligne, qui, contrairement à ce qu'affirme l'auteur, ne sont pas la représentation fidèle de la réalité, savoir : 1° sur la gauche, sous le Niremont, la bande de Flysch qui passe sous le Malm ; 2° sur la droite, sous le Wytenberghorn, la lame de Lias et Dogger, courbée en genou et intercalée au milieu du Flysch¹. Je ferai abstraction également des deux lambeaux de Brèche jurassique, situés l'un au nord, l'autre au sud du Rübli et qui font partie, selon toute vraisemblance, d'une nappe de recouvrement superposée aux Préalpes.

L'axe de l'éventail est constitué par le synclinal du Rodomont ; en partant de cette ligne médiane, tout le côté gauche de la coupe présente des plis déversés vers le NW., tout le côté droit présente des plis déversés vers le SE. En plusieurs endroits, les plis se sont transformés en plis-failles, de sorte qu'il existe

¹ M. Schardt a sans doute voulu figurer ici la lame du Chamossaire, mais l'affleurement de cette lame n'apparaît qu'à 5 km. au moins au SW. du Wytenberghorn.

plusieurs plans de chevauchement inclinés vers l'axe de l'éventail, d'où l'expression d' « éventail composé *imbriqué* ». Les contacts anormaux du pied nord-ouest du Moléson et du pied sud-ouest de la Gummfluh sont considérés par M. Schardt comme les deux bords de la nappe de recouvrement des Préalpes médianes, j'y vois par contre des chevauchements tout à fait analogues à ceux de l'intérieur de l'éventail, celui-ci se comportant comme le pli-faille du Rübli, celui-là, comme le pli-faille de la Laitmaire (chaîne des Gastlosen). M. Schardt signale lui-même les chevauchements dirigés vers l'intérieur des Alpes : « La région des Spielgärten, dit-il ¹, recèle des écailles multiples de Malm, tout à fait semblables à celles des Gastlosen ; seulement ici le recouvrement *paraît* avoir joué du N. vers le S. Cela s'expliquera facilement lorsque nous aurons soumis le bord S. de la zone des chaînes calcaires à un examen détaillé ». Malheureusement, cette explication *facile*, M. Schardt omet de nous la donner, et il oublie si bien les faits qui *paraissent* contraires à son hypothèse qu'il ne craint pas d'affirmer ² que la tectonique des Préalpes et des Klippes accuse *partout* un mouvement vers le nord.

L'éventail des Préalpes est loin d'être symétrique : la partie des Préalpes médianes déversée vers le NW. se développe sur une bien plus grande largeur que la partie déversée vers le SE. ; cependant la zone de Flysch du Niremunt et du Gurnigel correspond bien à la zone de Flysch du Niesen (Wytenberghorn et Armenhorn, prof. II) et les pointements de terrains secondaires des Voirons et des Playaux (Semsales, prof. II) constituent le pendant de ceux de la zone des cols (col du Pillon, prof. II). On sait que M. Schardt, frappé des ressemblances de faciès entre les deux zones, suppose, par une réflexion qui lui est « apparue comme une vision » ³, leur continuité souterraine au-dessous de la nappe des Préalpes médianes et les considère comme formant une nappe de recouvrement inférieure. De même il admet la continuité souterraine des deux zones de Flysch. Je donnerai plus loin les arguments tirés de la nature même du Flysch que l'on peut opposer à cette conception ingénieuse ; pour le moment je me contenterai de faire remarquer combien la tectonique des

¹ *Régions exotiques*, p. 188.

² *Régions exotiques*, p. 212.

³ *Régions exotiques*, p. 156.

deux zones latérales des Préalpes s'explique aisément dans l'hypothèse de l'éventail composé, tandis que M. Schardt est obligé d'avoir recours aux interprétations les plus forcées pour que les faits ne viennent pas donner un démenti criant à son hypothèse du charriage.

La *zone extérieure des Préalpes* comprend, comme l'on sait, sur la rive gauche du lac de Genève, la chaîne des Voirons, sur la rive droite, celle des Playaux. Ces deux chaînes avaient été considérées généralement comme des anticlinaux normaux de terrains secondaires, pointant au milieu du Flysch et déversés vers la plaine mollassique. M. Lugeon et M. Schardt y voient des anticlinaux écrasés, s'amincissant en profondeur et, par suite, dépourvus de racines¹. Je ne puis admettre cette interprétation, qui ne me paraît reposer sur aucun fait concluant. Nulle part, dans aucune des vallées d'érosion qui entament profondément le chaînon des Playaux, l'amincissement supposé n'a été observé. La disparition du Malm dans la partie axiale de l'anticlinal vers Montreux ne peut pas être présentée comme preuve de l'étranglement du pli, car elle est due à l'abaissement d'axe qui porte sur tous les plis extérieurs des Préalpes le long de la vallée du Rhône. Cet abaissement d'axe, dont l'existence a été démontrée par M. Lugeon, a pour effet de ne plus faire affleurer, dans l'anticlinal des Playaux, que le Néocomien, le Malm restant caché en profondeur. On ne peut davantage envisager les bandes de terrains secondaires des Préalpes extérieures comme des « faux anticlinaux », comme des parties de la nappe inférieure de recouvrement pincées dans les synclinaux du Flysch. Il suffit de jeter un coup d'œil sur les contours de la chaîne des Voirons, tels qu'ils sont figurés sur les feuilles d'Annecy et de Thonon de la Carte géologique détaillée de la France, pour se rendre compte de ce que cette interprétation a d'invraisemblable.

Rien ne s'oppose donc à ce que la zone extérieure des Préalpes soit tout entière considérée comme en place et comme formant le bord extérieur de l'éventail.

La *zone intérieure des Préalpes*, comprend, sur la rive droite du Rhône, la zone de Flysch du Niesen et la « zone des cols ». Dans cette dernière, d'après les coupes d'Ischer, de M. Renevier et de M. Schardt lui-même, les plis sont nettement déversés vers

¹ *Régions exotiques*, prof. II.

l'intérieur des Alpes ; il existe également des plis-failles, qui ont donné naissance à des chevauchements tels que celui que M. Quereau a signalé près de la Lenk. Ces dislocations prouvant d'une manière incontestable l'existence de mouvements dirigés vers le S E., sont passés sous silence par M. Schardt. Contrairement à ce qui est indiqué sur sa coupe du col du Pillon, cet auteur nous affirme¹, que « dans toute cette région il ne règne aucun ordre » et que « aucune loi tectonique ne se laisse déduire de ce dédale inextricable ». Pour les environs de Bex le dédale pourrait paraître en effet inextricable, si l'on ne se rendait compte que la coupe publiée par M. Schardt², en général, transversale, c'est à dire perpendiculaire à la direction des plis, devient ici longitudinale, c'est à dire parallèle à la direction des plis. Cela tient à ce que, *à l'approche de la vallée du Rhône, tous les accidents de la zone des cols tournent à peu près à angle droit, passant de la direction N E.-S W. à la direction S E.-N W., pour venir se raccorder avec les plis de la vallée de la Grande-Tau*³, grossièrement parallèles à ceux de la zone des Cols, mais déversés en sens inverse. Les plis de la région de Bex et d'Ollon sont déversés vers la vallée du Rhône, ce qui explique la présence du Flysch à Antagne et l'existence de bandes synclinales de Lias et d'Aalenien, parallèles à la vallée.

L'interprétation nouvelle que je donne ici de la région salifère de Bex est en harmonie aussi bien avec la carte de M. Renevier, dressée avec beaucoup d'exactitude et sans idée théorique préconçue, qu'avec la coupe de M. Schardt, construite dans l'hypothèse du recouvrement. On m'objectera certainement que ce que je considère comme des affleurements parallèles à la direction des plis n'est que le résultat de l'intersection avec la surface du terrain de plusieurs nappes de recouvrement superposées. Je reconnais parfaitement la possibilité de cette interprétation et des études plus détaillées montreront si elle doit être préférée à la mienne, mais dès à présent, je la considère comme peu vraisemblable, car, d'une part, les masses triasiques et liasiques de Bex ne se retrouvent pas dans le bas du val d'Illiez, de sorte qu'il est manifeste qu'elles ne traversaient pas la vallée du Rhône, et, d'autre part, nous connaissons, dans la même région,

¹ *Régions exotiques*, p. 192.

² *Livret-guide*, pl. X., fig. 3.

³ Et peut être même avec le pli-faille des Gastlosen.

un second exemple de mouvements dirigés vers le SW., c'est le Chamossaire.

Cette montagne est, topographiquement parlant, le centre d'un *massif à déversement périphérique*, car les plans axiaux des plis qui l'entourent de trois côtés plongent du NW., du SW. et du SE., vers son soubassement. Mais la masse qui constitue le sommet du Chamossaire et tout le cirque entourant les lacs des Chavonnes n'est pas en place, c'est une klippe, un lambeau de recouvrement des plus typiques, reposant sur le Flysch et sur les plis de la zone des cols et constitué par des cornieules triasiques, de l'Aalenien vaseux et du Bajocien spathique¹. Lors de l'excursion du Congrès géologique international de 1894 qu'il dirigeait, M. Schardt a bien voulu me signaler la *racine* du lambeau de recouvrement, qui s'étend sous la forme d'une lame calcaire intercalée dans le Flysch au travers de la vallée des Ormonts, jusque vers la Comballaz, par conséquent avec une extension plus considérable que ne le figure la feuille XVII de la Carte géologique. Si par la pensée on raccorde cette racine avec la surface de base de la klippe, on obtient un plan de chevauchement qui plonge vers le NE., de sorte que le recouvrement du Chamossaire semble bien dû à un pli déversé et refoulé vers le SW. et sortant de dessous la masse de Flysch de la zone du Niesen.

Sur la rive gauche du Rhône on trouve, par contre, une masse analogue, poussée vers le NE., c'est celle de Treveneusaz. M. Lugeon², dans l'étude détaillée qu'il a donné de cette montagne a montré qu'elle était constituée par une série de plis *déversés vers l'est*, qu'elle chevauchait au nord sur le grand synclinal de Flysch des Préalpes médianes et que vers le sud et le sud-est elle chevauchait sur la Mollasse rouge. De cette superposition anormale sur trois côtés et du déversement des plis vers la vallée du Rhône je conclus que le massif de Tréveneusaz est refoulé en sens inverse de la région salifère de Bex et du Chamossaire et que, par conséquent, il ne peut être question de raccorder les plis intérieurs des Préalpes d'une rive du Rhône à l'autre (entre Aigle et Bex), les plis extérieurs seuls traversant la vallée, en

¹ Je considère les pentes situées au sud du col de Bretaye et d'Ansex comme ne faisant plus partie du lambeau de recouvrement, car le Dogger y présente le faciès à *Cancellolophycus*.

² *Région de la Brèche du Chablais*, III, chp. X.

subissant à la fois un abaissement de leurs axes et un rebroussement. Ce n'est pas l'endroit de rechercher les causes de ce grand accident transversal.

Sur la rive gauche du Rhône le massif de Tréveneusaz constitue la partie axiale de l'éventail des Préalpes; au NW. tous les plis sont déversés vers l'extérieur des Alpes et l'on sait qu'ils sont la continuation directe de ceux de la rive droite; au S E., dans le val d'Iliez, tous les plis ou tronçons de plis connus sont déversés vers l'intérieur des Alpes, mais ils ne sont pas la continuation de ceux qui constituent sur la rive droite le bord sud-est de l'éventail. M. Lugeon a publié dans son magistral mémoire sur la région de la Brèche du Chablais¹ une étude très minutieuse sur les lambeaux de recouvrement et pointements de terrains secondaires dans le val d'Iliez et cette étude, appuyée sur une carte géologique détaillée, a fait faire un pas plus considérable à l'interprétation de la zone interne des Préalpes que toutes les considérations générales d'ordre théorique. Les faits si décisifs que M. Lugeon a donnés à l'appui du déversement des Préalpes intérieures vers le SE. ne sont même pas mentionnés par M. Schardt, qui affirme ensuite avec une certaine désinvolture que la tectonique des Préalpes, accuse *partout* un mouvement vers le nord.

D'après ce qui précède, la disposition de l'ensemble des Préalpes en éventail composé imbriqué ne saurait être contestée. M. Lugeon la considère comme *apparente*, mais c'est à tort, car même si les Préalpes étaient réellement une masse en recouvrement plissée ultérieurement, l'éventail serait *secondaire*, mais il n'en existerait pas moins réellement. Si l'hypothèse d'un éventail ayant racine suffit à expliquer les particularités tectoniques des Préalpes, comme je crois l'avoir démontré, il est inutile d'avoir recours à l'hypothèse du charriage, que les considérations stratigraphiques rendent inacceptable.

LES ARGUMENTS TIRÉS DES TERRAINS TERTIAIRES

Il me reste à dire quelques mots des arguments empruntés par M. Schardt aux terrains tertiaires et notamment aux brèches du Flysch et à la Mollasse rouge.

¹ *Loc. cit.*; III, ch. XI, XVI, IV, ch. VII, p. 275-277. Pl. VI, prof. 18, pl. VIII.

En ce qui concerne les brèches du Flysch, j'aurais aimé pouvoir résumer ici l'hypothèse par laquelle M. Schardt explique leur mode de formation, mais je craindrais de trahir la pensée de l'auteur. J'ai fait de vains efforts pour chercher à me rendre compte de la succession des phénomènes de décollement, de charriage, de démantèlement qui, dans cette hypothèse, auraient conduit à la mise en place des Préalpes et à la formation des brèches du Flysch. M. Schardt aurait rendu un grand service à ses lecteurs s'il avait traduit par quelques schémas les phases successives que suppose son hypothèse. Je crois bien, toutefois, que la représentation graphique, en enlevant à la théorie ce qu'elle a d'obscur, aurait en même temps beaucoup nui à sa vraisemblance.

Il est difficile de se figurer comment la nappe de recouvrement des Préalpes est à la fois postérieure au Flysch, puisqu'elle repose sur ce terrain, et contemporaine, puisqu'elle a fourni des éléments à sa sédimentation. Je conçois que l'on attribue à une nappe de recouvrement en partie détruite par les agents atmosphériques des blocs exotiques épars à la surface du Flysch ou englobés dans les couches tout à fait supérieures de ce terrain, comme ceux de Habkeren ou ceux qui entourent les klippen d'Iberg, mais il m'est impossible de concevoir le rapport qui peut exister entre une nappe de charriage et des blocs disposés en lits réguliers alternant avec un Flysch à éléments fins, et pourtant beaucoup des brèches du Flysch se présentent dans ces conditions.

M. Schardt s'est arrêté surtout aux brèches de la zone du Flysch du Niesen et à celles de la zone des Voirons et du Gurnigel. On sait que le savant géologue de Montreux envisage ces deux zones comme étant en continuité par-dessous les Préalpes médianes; d'après son profil II, il y aurait lieu de croire qu'il les considère comme étant en place, puisqu'il figure le Flysch du Niesen en continuité avec celui des Hautes Chaînes calcaires à faciès helvétique et qu'il lui fait supporter la Mollasse rouge du Val d'Illiez; cependant elles engloberaient la nappe de recouvrement inférieure. Quant aux brèches que renferment le Flysch des Voirons et du Gurnigel et celui du Niesen, elles seraient dues, dans la pensée de l'auteur, à la présence de la nappe charriée des Préalpes médianes qui les recouvre.

L'hypothèse de la continuité souterraine des deux zones de Flysch basée sur leur prétendue identité de constitution, se

heurte pourtant à de graves difficultés. Il résulte de l'étude approfondie que M. Charles Sarasin ¹ a faite des brèches de chacune des deux zones que les brèches des Voirons et du Gurnigel, ainsi que celles du synclinal de Habkeren, renferment des roches analogues à celles du versant sud des Alpes et occupent la partie tout à fait supérieure du Flysch, tandis que la brèche des Ormonts et du Niesen contient une série de roches qui semblent provenir du versant nord de la zone du Mont-Blanc et se trouve à la base de la série du Flysch. Il n'y a donc aucune analogie entre les deux zones et l'hypothèse de leur continuité en profondeur manque dès lors de toute base sérieuse.

M. Lugeon et M. Schardt ont admis de même que la Mollasse rouge du bord externe des Alpes, celle du Bouveret, en particulier, est en continuité avec celle du val d'Illiez par-dessous tout l'ensemble de la région des Préalpes. Dans cette hypothèse, le charriage horizontal aurait eu lieu nécessairement *après* le dépôt de l'Aquitanién, puisque ce terrain supporte la masse charriée. Or les poudingues de Lavaux, qui ne sont autre chose qu'un faciès latéral de la Mollasse rouge et qui sont très développés par exemple au mont Pélerin, renferment des galets de Lias, de Dogger, de Néocomien, de couches rouges sénoniennes ² incontestablement empruntés aux Préalpes, *qui occupaient donc à l'époque aquitanienne leur position actuelle et n'ont pu être poussées sur l'Aquitanién postérieurement à son dépôt*. M. Lugeon et M. Schardt admettent d'ailleurs eux-mêmes que le recouvrement est contemporain de la formation du Flysch et que, par conséquent, il est antérieur au dépôt de l'Aquitanién. Mais si le charriage date de l'époque du Flysch, c'est-à-dire de l'Oligocène inférieur, c'est que les Préalpes ne peuvent évidemment pas reposer en recouvrement sur la Mollasse rouge, c'est-à-dire sur de l'Oligocène supérieur.

Ainsi tombe l'argument tiré de la présence de la Mollasse rouge dans le val d'Illiez, auquel M. Lugeon attribue une valeur si décisive en faveur de l'hypothèse du recouvrement. On est

¹ *De l'origine des roches exotiques du Flysch*, « Arch. des Sciences phys. et nat. » Juin, juillet 1894, p. 65, sep.

² E. Favre et H. Schardt, *Desc. géol. des Préalpes du Canton de Vaud...* « Matér. Carte géol. suisse », livr. XXII, 1, p. 240.

V. aussi H. Douxami, *Etudes sur les terrains tertiaires du Dauphiné, de la Savoie et de la Suisse occidentale*. Paris, 1896, p. 215.

conduit de plus à admettre que la Mollasse rouge a recouvert primitivement toutes les Préalpes ou tout au moins qu'elle s'est déposée dans un golfe étroit ou dans un lac dont l'emplacement coïncidait avec les accidents transversaux de la vallée du Rhône.

* * *

Je crois avoir démontré, dans les pages qui précèdent, que les arguments présentés par M. Schardt à l'appui de l'hypothèse du charriage des Préalpes n'ont aucune valeur démonstrative ; que les faits d'ordre stratigraphique sont en contradiction formelle avec les assertions de M. Schardt ; que les faits d'ordre tectonique mis en avant par cet auteur peuvent tous s'interpréter dans l'hypothèse d'un éventail composé imbriqué ; enfin, que les faits tirés de l'étude des brèches tertiaires ne peuvent davantage entraîner la conviction que les Préalpes sont en recouvrement.

Janvier 1899.

