

TRAVAUX DU COMITÉ FRANÇAIS D'HISTOIRE DE LA GÉOLOGIE (CORFRHIGÉO)

TROISIÈME SÉRIE, t. XXIX, 2015, n° 5
(séance du 16 décembre 2015)

Philippe GRANDCHAMP

L'histoire de la découverte de l'allochtonie des Préalpes revue et corrigée.

Résumé. La découverte de l'allochtonie des Préalpes par Hans Schardt (1893), confirmée par Maurice Lugeon (1895), est présentée classiquement comme la conséquence naturelle de l'application de la théorie des nappes de charriage à la structure des Alpes de Savoie à la suite des publications de Marcel Bertrand sur les Alpes de Glaris (1884) et sur l'îlot triasique du Beausset (1887). Mais cette présentation des faits est réductrice car elle ignore les travaux d'autres auteurs qui ont participé au débat (Gustave Maillard, Émile Haug) et elle n'explique pas pourquoi Marcel Bertrand n'a pas appliqué lui-même aux Préalpes, qu'il avait étudiées, la théorie tectonique dont il était l'inventeur. Un examen plus complet des publications de l'époque montre que l'histoire de cette découverte n'a pas suivi un chemin aussi linéaire qu'on le dit et qu'il faut donc se garder, en histoire des sciences, de ne retenir que les travaux allant dans le sens des thèses qui ont finalement prévalu.

Mots-clefs : Préalpes – charriages – klippen – tectonique – Marcel Bertrand – Hans Schardt – Gustave Maillard – Maurice Lugeon – Émile Haug – XIX^e siècle.

Abstract. The discovery of the allochthon of the Prealps by Hans Schardt (1893), confirmed by Maurice Lugeon (1895), is commonly presented as the natural consequence of the application of the nappe theory to the structure of the Alps of Savoy following the publications of Marcel Bertrand on the Alps of Glaris (1884) and on the Triassic islet of Beausset (1887). But this presentation of the facts is simplistic as it disregards the works of other authors who took part in the debate (Gustave Maillard, Emile Haug). and it does not explain why Marcel Bernard himself didn't apply to the Prealps that he had studied, the tectonic theory of which he was the inventor. A more comprehensive examination of the publications of that time shows that the history of that discovery didn't follow such a linear way as it is usually said, and thus that one in the history of sciences must be careful of not retaining only the works that are in line with the theses which have finally prevailed.

Keywords : Prealps – nappes – klippen – tectonics – Marcel Bertrand – Hans Schardt – Gustave Maillard – Maurice Lugeon – Émile Haug – XIXth century.

Introduction

La découverte de l'allochtonie des Préalpes a représenté une étape décisive dans la compréhension de la structure des Alpes de Savoie. De fait, elle substituait une tectonique tangentielle aux mouvements verticaux invoqués jusqu'alors pour expliquer la mise en place des grandes unités géologiques reconnues dans ce secteur de la chaîne alpine.

Lorsque je me suis penché sur la vie et l'œuvre de Gustave Maillard¹, j'ai été conduit à m'intéresser à cette question et j'ai découvert à cette occasion que le récit de cette découverte tel qu'il est habituellement donné ne reflétait pas la réalité des faits. Je m'en étais ouvert auprès de notre regretté confrère Michel Durand Delga, auteur d'une magistrale biographie de Marcel Bertrand², qui m'avait alors répondu dans une lettre fort courtoise : « *Je regrette de n'avoir pu me pencher plus longuement dans les problèmes historiques des Préalpes. L'ampleur des recherches [...] méritait sans doute d'être étendue. J'ai eu tendance à faire confiance – trop ! – à mes prédécesseurs.*³ »

C'est donc autant pour exaucer un vœu exprimé par cet éminent géologue et historien de la géologie que pour tenter de serrer de plus près la vérité dans cette affaire que j'ai cherché à approfondir ce point d'histoire de tectonique alpine. Dans les lignes qui suivent, après avoir rappelé la façon dont la découverte des nappes préalpines est habituellement rapportée et pointé les insuffisances de ce récit, je montrerai que celles-ci proviennent d'un examen trop sélectif des publications de l'époque et qu'elles disparaissent dès lors que l'on se livre à une analyse plus complète et plus fine des travaux dans lesquels la question a été débattue. Mais auparavant, il est nécessaire de rappeler ce que l'on entend exactement par « *allochtonie des Préalpes* ».

1. Qu'est-ce que l'allochtonie des Préalpes ?

Un simple coup d'œil sur une carte tectonique des Alpes occidentales (Fig. 1) montre que l'on a reconnu dans celles-ci l'existence de trois grands ensembles structuraux : un domaine externe, ou *dauphinois* (appelé *helvétique* en Suisse), un domaine interne, ou *pennique*, et un domaine *austro-alpin*, essentiellement développé dans la partie orientale de la chaîne. Les deux premiers domaines sont séparés par un accident tectonique majeur : le chevauchement pennique frontal. En deux points de la chaîne, le domaine interne a débordé sur le domaine externe : entre les massifs cristallins du Pelvoux et du Mercantour, où les unités ainsi translitées sont restées en continuité avec leur région d'origine, et au nord-ouest Mont Blanc, où les terrains charriés, qui forment les Préalpes romandes, sont coupés de leur racines. Ainsi, à la différence des *chaînes subalpines* qui les jouxtent (Bornes, Haut-Giffre) et qui appartiennent au domaine dauphinois, les *massifs préalpins* (Chablais, Stockhorn)

¹ GRANDCHAMP, 2011. Les références bibliographiques détaillées sont rassemblées à la fin de l'article.

² DURAND-DELGA, 2010.

³ Communication écrite personnelle en date du 12 octobre 2011.

sont d'origine exotique puisque leur patrie se situe dans le domaine interne. C'est la raison pour laquelle on parle d'*allochtonie des Préalpes*. Cette allochtonie concerne également de petits lambeaux isolés, appelés klippes : ce sont les massifs des Annes et de Sulens, qui reposent sur le fond du grand synclinal de Thônes-Le Reposoir, dans le secteur oriental du massif subalpin des Bornes.

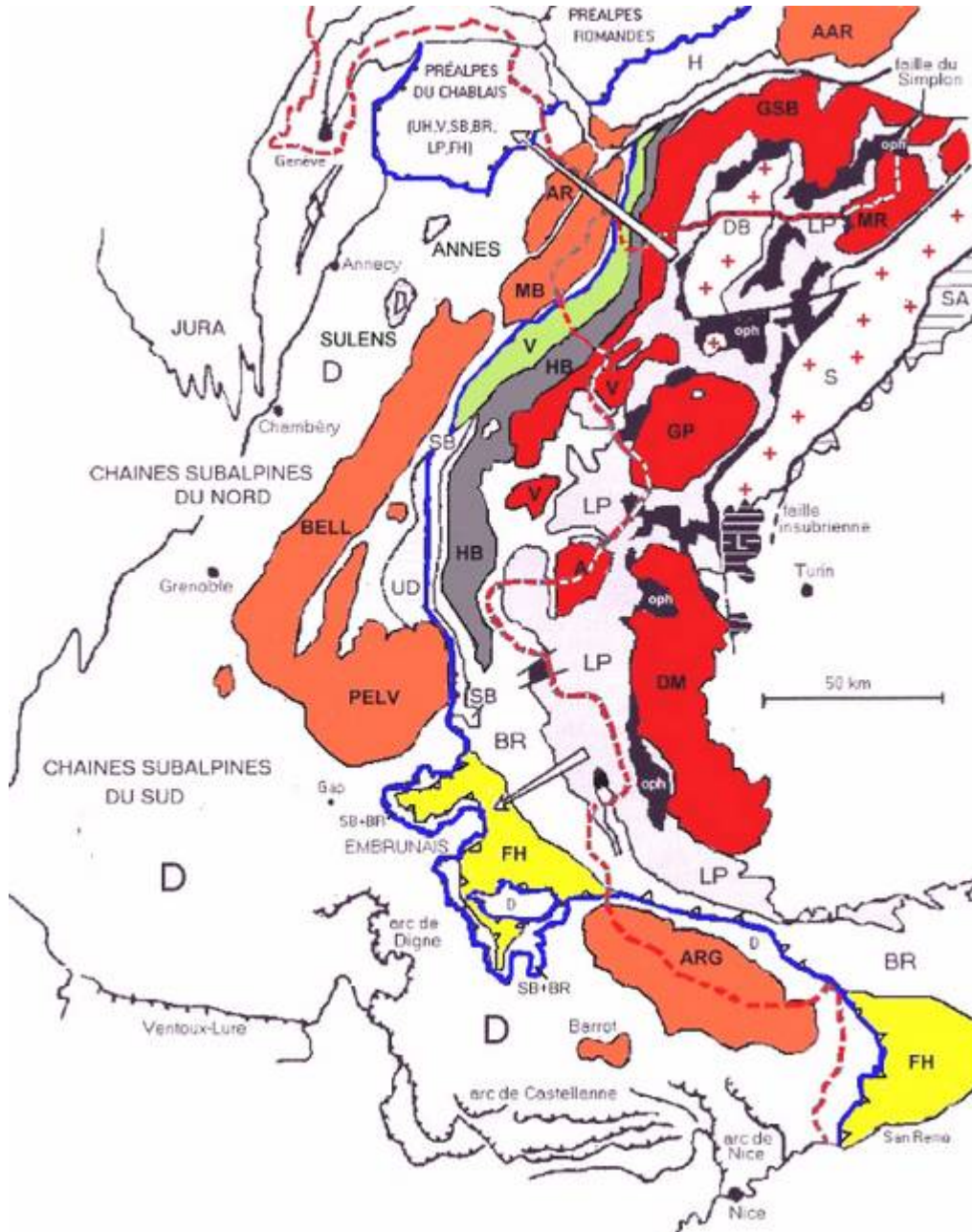


Fig. 1. Carte tectonique des Alpes occidentales.

A : Ambin ; AR : Aiguilles Rouges ; ARG : Argentera ; BELL : Belledonne ; BR : zone Briançonnaise ; D : zone dauphinoise ; DB : Dent-Blanche ; DM : Dora-Maira ; FH : flysch à Helminthoïdes ; H : Helvétique ; HB : zone houillère Briançonnaise ; GP : Grand-Paradis ; GSB : zone du Grand-Saint-Bernard ; L : Lanzo ; LP : zones piémontaise et liguro-piémontaise (ancienne zone des schistes lustrés) ; MB : Mont-Blanc ; MR : Mont-Rose ; PELV : Pelvoux ; S : Sesia ; SA : zone sudalpine (= insubrienne) ; SB : zone subbriançonnaise ; UD : zone ultra-dauphinoise ; V : zone valaisanne. En, les frontières. En bleu, le chevauchement pennique frontal. Les flèches indiquent les débordements du domaine pennique (interne) sur le domaine dauphinois (externe).

2. Comment la découverte de cette allochtonie a-t-elle été racontée et pourquoi aucun des récits proposés n'est-il satisfaisant ?

La découverte de l'allochtonie des Préalpes s'inscrit dans le contexte général de l'application de la théorie des nappes de charriage à la structure de l'édifice alpin. Dans le guide géologique régional Masson intitulé *Pays de Genève et Chablais* (1990), **Jean Charollais** résume les étapes de cette découverte de la façon suivante (p. 121) :

HISTORIQUE

Jusqu'à la fin du XVIII^e siècle, les géologues avaient beaucoup de difficultés à comprendre la formation des montagnes de la rive droite de la vallée de l'Arve ; en effet, en de nombreux points, ils constataient des « *arrangements bizarres* » selon l'expression de A. Favre (1849, 1859) puisque d'importantes masses de couches très anciennes recouvraient des terrains plus jeunes. Et, le panorama que l'on découvre depuis l'église du Mont-Saxonnex fut « *le berceau d'une théorie qui secoua la géologie bien au-delà des montagnes qu'elle prétendait expliquer* » (H. Masson, 1976), d'où ce bref historique.

Ce n'est qu'**en 1884** que pour la première fois, dans un article du Bulletin de la Société géologique de France, M. Bertrand proposa d'interpréter les Collines du Faucigny, le Môle, la Pointe d'Orchez et la région des Gets comme des *nappes* ou *lambeaux de recouvrement*. Son texte était accompagné d'une carte de la Suisse qui s'étend jusqu'à la Haute-Savoie et qui met en évidence la présence de nappes sur la rive droite de l'Arve et dans le synclinal de Thônes-Le-Reposoir (fig. 88). Malheureusement, M. Bertrand fut l'objet de très vives critiques de la part de ses contemporains et il abandonna momentanément son hypothèse.

Mais, **en 1893**, H. Schardt souscrivit à l'hypothèse de M. Bertrand et considéra que la rive droite de l'Arve se caractérise par un empilement de nappes ; il écrit que les *plis des chaînes subalpines* « *plongent les uns après les autres, sous leur bordure de flysch* » et que les *plis de la chaîne des Aravis* « *se continuent directement dans les plis couchés des Dents du Midi* ». En 1893, cet auteur, à partir d'observations dans les Alpes suisses et également à partir de la géologie de la basse vallée de l'Arve démontre et explique l'allochtonie des montagnes du Chablais : « *c'est le charriage des nappes sédimentaires, la formation des nappes de recouvrement, commençant par un simple chevauchement, un pli-faille et conduisant à des déplacements de bien des kilomètres* ».

En 1895, M. Lugeon affirme que « *la région de la Brèche du Chablais* » n'a pas de racine en profondeur et que *c'est une immense nappe de recouvrement* ; il conclut que « *les plis des deux rives de l'Arve n'ont aucune relation et ne sont en aucune façon la continuation des uns et des autres* ». Pour lui, « *les plis du Môle ont une tout autre histoire que ceux qui leur font face. Ils chevauchent sur la Molasse, conformément à la première idée de M. Bertrand* ».

Enfin, **en 1898**, H. Schardt publie un nouveau travail dans lequel il présente des idées fondamentales, encore admises aujourd'hui, *sur la mise en place des nappes de couverture*. Cet ouvrage a été récemment réactualisé par H. Masson (1976) dans un article sur « *un siècle de géologie des Préalpes* ».

Ce récit est tout-à-fait représentatif de la manière dont on a pris l'habitude de raconter l'histoire de la découverte des nappes préalpines. Il diffère en effet fort peu de ceux rédigés par Léon Moret

dans les éditions successives de son *Précis de géologie*⁴ et par **Jacques Debelmas** dans son ouvrage *L'exploration géologique des Alpes franco-italiennes*⁵.

S'il n'entrait évidemment pas dans les intentions des auteurs de ces aperçus historiques d'exposer dans ses moindres détails une découverte aussi capitale que celle des nappes préalpines, réduire l'histoire de cette découverte à quelques jalons s'enchaînant de façon linéaire, depuis la formulation de l'hypothèse de Marcel Bertrand en 1884 jusqu'à l'acceptation finale après la parution du second mémoire de Schardt en 1898, présente deux défauts majeurs : 1° l'absence de mention des travaux des protagonistes dont les opinions n'allaient pas nécessairement dans le sens de la théorie des charriages ; 2° l'absence d'explication valable au fait que c'est Hans Schardt et non Marcel Bertrand qui a appliqué avec succès la théorie des charriages aux Préalpes.

Deux historiques plus documentés ont été publiés, l'un par **Edward Battersby Bailey** en 1935, l'autre par **Henri Masson** en 1976, ce dernier (cité dans l'encadré reproduit *supra*) ayant inspiré par ailleurs un premier texte de Jean Charollais en 1982. Plus récemment, **Rudolf Trümpy** et **Marcel Lemoine** (1998) d'une part, **Michel Durand Delga** (2007, 2010) d'autre part, ont abordé la question de la découverte de l'allochtonie des Préalpes à travers les biographies qu'ils ont consacrées à Marcel Bertrand. Ces auteurs apportent d'intéressantes précisions sur le mécanisme de mise en place des nappes imaginé par Schardt et sur ce qui le distinguait du modèle proposé par Bertrand, ou sur les hésitations et les doutes qui semblent avoir habité ce dernier dans les années 1890. Mais leurs études n'échappent pas pour autant aux deux critiques formulées plus haut car, tout en se focalisant sur Marcel Bertrand ou sur Hans Schardt, elles reprennent à leur compte le canevas général décrit précédemment.

De fait, l'interprétation alternative défendue par les adversaires du « nappisme » n'y est mentionnée que très incidemment. Henri Masson, par exemple, parle bien des « *plis en champignon* », mais sans discuter ni même exposer, ne serait-ce que succinctement, ce concept et sans nommer explicitement son ardent promoteur, Émile Haug (dont les travaux sont pourtant cités dans la bibliographie). Plus gênant, un mémoire publié en 1889 par Gustave Maillard est totalement passé sous silence. « *Je n'avais pas cru utile de mentionner [...] son travail de 1889 sur la géologie des environs d'Annecy car il favorise l'hypothèse du horst ou de l'îlot* », plaide à cet égard Henri Masson⁶. « *J'avoue avoir négligé de me pencher sur son œuvre* » reconnaît de son côté Michel Durand Delga⁷. En somme, tout ce qui ressemble de près ou de loin à une interprétation autre que celle qui fut finalement retenue (qu'il s'agisse de *plis en champignon*, de *horst* ou d'*îlot*) est jugé *a priori* dépourvu d'intérêt et présenté, au mieux, comme un frein momentané à la marche ayant conduit inexorablement vers la solution. Or cette manière de voir est hautement critiquable car il ne faut jamais perdre de vue que, pour pouvoir juger en toute connaissance de cause, il est nécessaire

⁴ MORET, 1947, p. 378-381; 1962, p. 388-389.

⁵ DEBELMAS, 2011, p. 51. En fait, Debelmas semble s'être directement inspiré de Moret, sans recourir à d'autres sources.

⁶ MASSON, courriel en date du 8 novembre 2011.

⁷ DURAND DELGA, lettre (déjà citée) du 12 octobre 2011.

d'instruire à charge et à décharge. En d'autres termes, dans le cas qui nous intéresse, un historique complet se doit de recueillir les éléments en faveur et à l'encontre de l'interprétation « nappiste » de la structure géologique des Préalpes.

Quant à expliquer pourquoi Marcel Bertrand n'a pas appliqué lui-même au Préalpes la théorie tectonique dont il était l'inventeur, laissant ainsi à Hans Schardt le soin de le faire, tous les auteurs susnommés, à l'exception notable de Bailey, s'en tirent en invoquant un « renoncement ». Il est vrai qu'après avoir interprété en 1884 certaines parties du Chablais ainsi que les massifs des Annes et de Sulens comme des « lambeaux de recouvrement »⁸, et qu'après être revenu à la charge en 1887⁹, Bertrand proposait, en 1892, dans son travail sur *le Môle et les collines du Faucigny*, de raccorder les plis du massif des Bornes à ceux du Chablais en une double virgation dessinant un rentrant au droit de la vallée de l'Arve (Fig. 2).

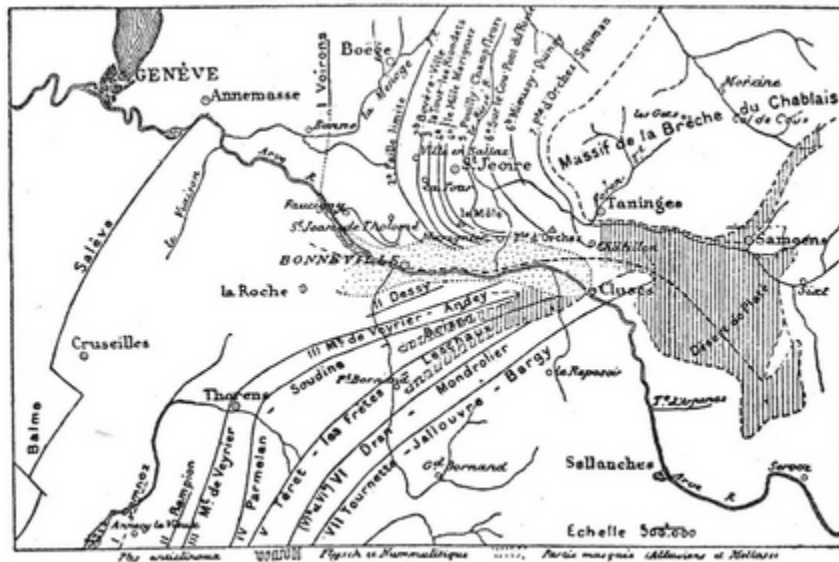


Fig. 2. Schéma structural de la basse vallée de l'Arve par Marcel Bertrand.

Le géologue a mis les plis des Bornes (rive gauche) en correspondance avec ceux du Chablais (rive droite), d'où une double virgation dessinant un rentrant au niveau d'une arête de rebroussement (en pointillés). Ce dispositif suppose implicitement que tous les terrains sont autochtones (*Bull. serv. Carte géol. France*, 4, n°32, 1892, Fig. 26, pl. I).

Il est clair qu'une pareille disposition des plis supposait implicitement que les deux domaines juxtaposés de part et d'autre de la basse vallée de l'Arve partageaient la même histoire tectonique, et que les Préalpes du Chablais étaient par conséquent autant en place que le massif des Bornes. C'est ce qui a fait dire à Jean Charollais (cf. l'encadré reproduit plus haut) que Bertrand avait « *abandonné momentanément son hypothèse* », attitude qui aurait été la conséquence de « *très vives critiques* »¹⁰. Pour Jacques Debelman, c'est un peu différent : « *l'époque n'était pas préparée pour une telle*

⁸, BERTRAND 1884, p. 328 : « *Le sud de la feuille de Fribourg, et la carte de la région de Mont-Blanc, par M. Favre, permettent de suivre les mêmes phénomènes, dont les dernières traces s'arrêteraient en face de la pointe sud du Mont-Blanc (près de Serraval, à l'ouest du mont Charvin.* »

⁹ BERTRAND, 1887, p. 699 : « *Si nous descendons encore au Sud-Ouest, le long des massifs cristallins des Alpes, nous rencontrons, à la hauteur d'Annecy, les deux îlots de Serraval et la montane des Anes [sic], îlots de Trias et de Lias isolés au milieu du Nummulitique.* »

¹⁰ CHAROLLAIS, 1990, p. 121 (cf. encadré *supra*).

découverte, écrit-il, et cette interprétation ne fut pas admise »¹¹. Et tous de déplorer ce changement d'opinion : « *Il est vraiment regrettable que l'auteur de cette hypothèse grandiose abandonnât lui-même cette théorie* »¹² se désole Jean Charollais, tandis que Michel Durand Delga parle d'« *attitude décevante* »¹³.

En fait, si les historiens de la géologie ont cru percevoir un renoncement dans l'évolution de la pensée de Marcel Bertrand, c'est parce qu'ils se sont appuyés sur une lecture trop sélective des publications de l'époque. Ainsi, en écartant le mémoire de Gustave Maillard, dont l'impact sur la pensée de Marcel Bertrand est avéré (comme nous le verrons), ils se sont privés d'une précieuse clef explicative. Et en lisant de façon trop rapide et sans doute aussi trop partisane le mémoire de Schardt de 1898, ils n'ont pas été en mesure de tirer toutes les conséquences de la différence de conception existant entre Schardt et Bertrand au sujet du mécanisme de mise en place des charriages (différence qu'ils ont pourtant bien notée) ; ils n'ont pas, non plus, lu avec toute l'objectivité requise la lettre adressée en 1897 par Bertrand à Schardt et publiée par ce dernier dans ce même mémoire de 1898. S'ils avaient été plus rigoureux dans l'exploitation de leurs sources, ils auraient compris :

- que le « revirement » de Bertrand n'en était pas un et que son refus de considérer les Préalpes comme un ensemble de terrains allochtones était, au contraire, parfaitement logique de sa part *compte tenu de l'idée qu'il se faisait du mécanisme causant la mise en place des nappes de charriage* ;
- et que Schardt n'était pas en proie aux mêmes doutes parce que *le mécanisme grâce auquel il expliquait les charriages était tout différent de celui proposé par Bertrand*.

Ce sont ces deux points que nous allons développer à présent.

3. Quelles sont les véritables raisons du renoncement apparent de Marcel Bertrand ?

Pourquoi Marcel Bertrand a-t-il été conduit à proposer son modèle de la double virgation et à donner ainsi l'impression qu'il abandonnait son hypothèse première ? Pour répondre à cette question, il est nécessaire de connaître les circonstances exactes dans lesquelles il en est venu à s'intéresser à la géologie du Chablais et des massifs des Annes et de Sulens.

En 1887 (l'année où paraissait le mémoire sur le Beausset), Gustave Maillard, un jeune géologue alors promis à un bel avenir, était chargé par Auguste Michel-Lévy et Charles Lory de lever un secteur de la feuille géologique Annecy au 80 000^e. Ce secteur comprenait notamment le massif de Annes ainsi que la partie septentrionale de la montagne de Sulens. Dans le même temps, Auguste Jaccard (un géologue de l'université de Neuchâtel) se voyait confier la cartographie de la bordure méridionale du Chablais (correspondant à la rive droite de la basse vallée de l'Arve). Ce double choix eut deux conséquences : d'une part, Jaccard attribua aux gypses de son secteur un âge tertiaire, ce

¹¹ DEBELMAS, 2011, p. 51.

¹² CHAROLLAIS, 1982, p. 12.

¹³ DURAND DELGA, 2010, p. 90 (à propos du changement d'opinion de Bertrand sur l'origine des klippen savoyardes).

qui était en désaccord avec ce que l'on pensait alors ; d'autre part, Maillard, qui avait lu le travail de Bertrand sur le Beausset, montra, coupes à l'appui, qu'une explication de la structure des Annes par un pli couché analogue à celui que Bertrand proposait pour le Beausset se heurtait à d'insurmontables difficultés, d'où sa préférence *in fine* pour l'hypothèse d'un « horst » de terrains jurassiques ayant crevé (à la façon d'un diapir) le fond du synclinal de Thônes-Le Reposoir, à cœur de Crétacé et de Tertiaire (Fig. 3). Marcel Bertrand eut connaissance du travail de Maillard. Dans un mémoire de 1890 (publié en 1908, après la disparition de Bertrand), on peut lire en effet sous sa plume : « *M. Maillard vient de discuter, d'une manière très complète, l'hypothèse d'un pli couché et celle d'un écueil préexistant [...]. La coupe qui résume cette seconde explication [celle qui a la préférence de Maillard] me paraît bien invraisemblable : il faudrait non seulement admettre l'existence locale d'un écueil, mais encore supposer que le massif a été soulevé tout d'une pièce, en traversant et perçant comme un coin les couches plus récentes.* » Cependant, reconnaît Bertrand, « *l'explication par un pli couché soulève aussi de sérieuses difficultés* » et après avoir discuté quelques aspects de détail, il estime qu'il convient d'« *ajourner toute solution définitive de la question ; car [...] on ne voit pas d'où serait venu ce pli couché, où l'on pourrait fixer la place de son noyau dénudé* ¹⁴ ». La lecture du mémoire de Maillard a donc quelque peu ébranlé Bertrand dans ses convictions à partir de 1890.

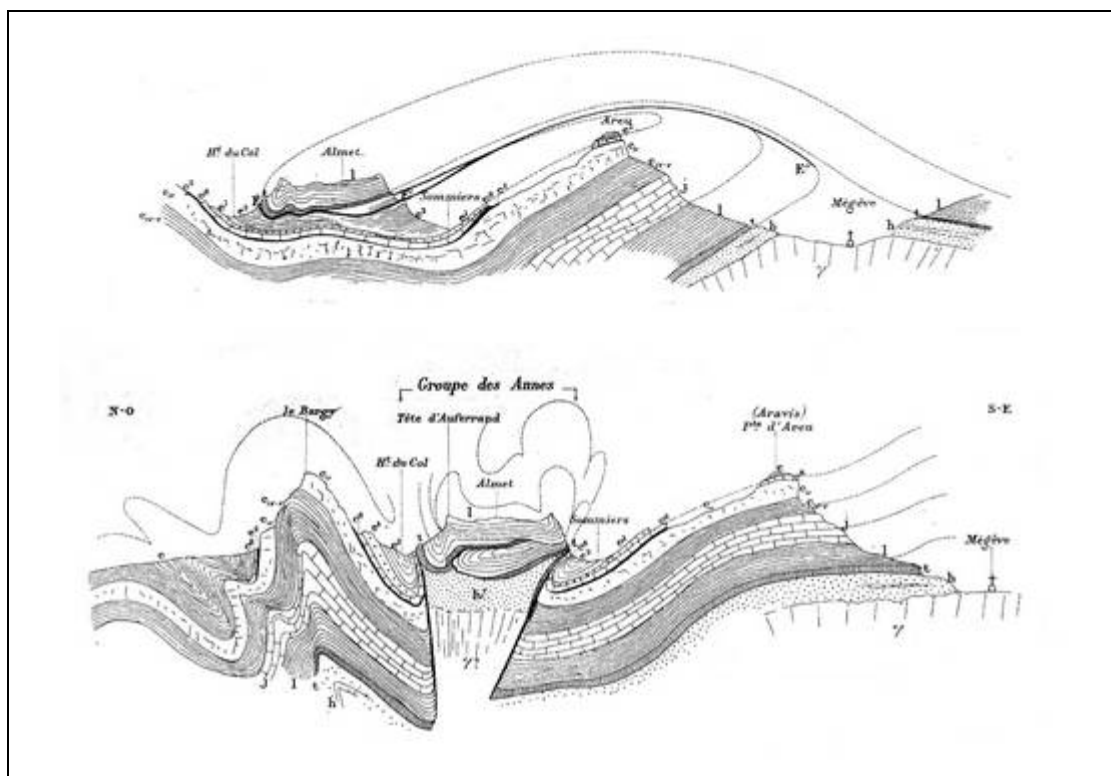


Fig. 3. Interprétations tectoniques de la klippe des Annes par Gustave Maillard (*Bull. Serv. Carte géol. France*, n°6, 1889, pl. V). Coupe du haut : application de l'hypothèse d'un pli couché analogue à celui proposé par Marcel Bertrand au Beausset. Coupe du bas : hypothèse d'un « horst » ayant traversé les couches sus-jacentes.

Deux ans plus tard, Auguste Michel-Lévy chargea Marcel Bertrand de vérifier la datation des gypses de la zone méridionale du Chablais proposée par Jaccard. Bertrand en profita pour examiner de près la géologie du Môle et des collines du Faucigny. C'est à l'issue de cette étude qu'il proposa

¹⁴ BERTRAND, 1890, p. 193-194.

son modèle de double virgation. Ce modèle postule que les terrains du Chablais sont en place, donc autochtones, et que les plis du massif des Bornes, puisqu'ils se poursuivent par ceux du Chablais, ne se raccordent pas à ceux du massif du Haut Giffre et encore moins à celui des dents du Midi, en Suisse. La raison profonde de ce changement de « paradigme » vient de la confrontation de Bertrand avec le terrain. Après avoir été quelque peu ébranlé par les observations de Maillard sur les Annes (voir *supra*), il se trouve maintenant face à un nouveau problème, celui des faciès. En effet, lorsqu'il imaginait un pli couché rabattu à l'horizontale pour expliquer la disposition des terrains observée à Glaris, ce pli ne pouvait impliquer, dans son esprit, que du matériel helvétique (c'est-à-dire la couverture sédimentaire du domaine externe), au sein duquel il se produisait (Fig. 4). Ce modèle pouvait être facilement transposé au Beausset. Mais il n'en allait plus de même avec le Chablais, dont les terrains constitutifs présentent des faciès totalement différents de ceux observés dans les chaînes subalpines environnantes (Bornes, Haut Giffre) qui forment la couverture du domaine externe (appelé zone dauphinoise dans les Alpes occidentales). Si donc un pli couché s'était produit dans ce secteur des Alpes pour former le massif du Chablais, il aurait nécessairement impliqué du matériel dauphinois et non pas des terrains présentant un autre faciès.

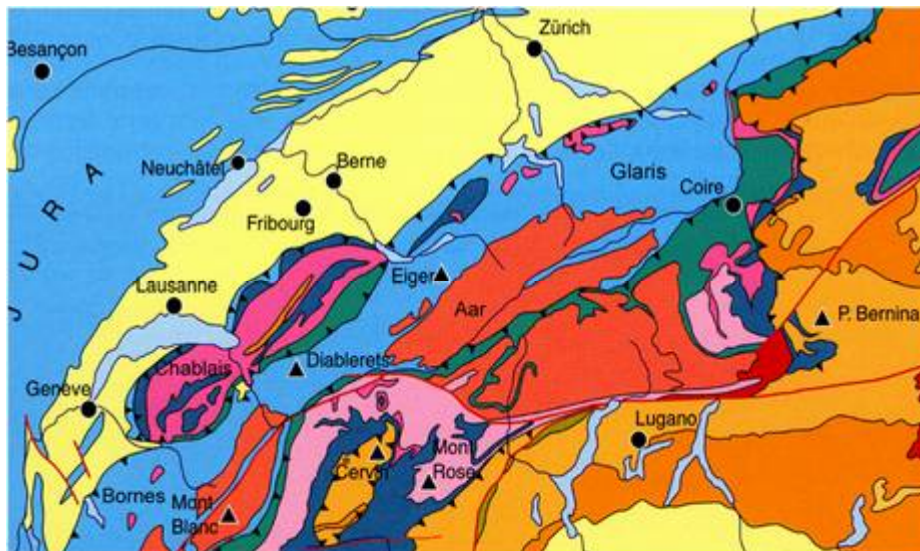


Fig. 4. Carte structurale de la portion de l'arc alpin comprise entre la Savoie et les Grisons. Contrairement aux Alpes de Glaris, constituées exclusivement de matériel helvétique, le massif préalpin du Chablais est fait de terrains dont les faciès sont différents de ceux des massifs subalpins qui l'avoisinent (comme les Bornes), d'où l'impossibilité d'expliquer sa mise en place par un simple pli couché.

C'est donc au nom de son modèle tectonique que Marcel Bertrand en est venu à rejeter les charriages dans le cas du Chablais. Mais cela ne voulait pas dire pour autant qu'il abandonnait sa théorie tectonique là où elle n'était pas contredite par les faits de terrain (Glaris, Beausset). En définitive, son attitude est parfaitement cohérente : il était en effet impossible, par le mécanisme qu'il imaginait, de faire venir du matériel allochtone de très loin (en tout cas pas des zones intra-alpines). Il n'y a donc eu ni revirement, ni renonciation de la part de Bertrand, mais simplement l'acceptation du fait que son modèle de mise en place des nappes ne s'appliquait pas au cas précis du Chablais (et qu'il fallait en conséquence faire appel à un autre mécanisme pour expliquer la tectonique de ce

massif). C'est ce qu'il exprimait sans aucune ambiguïté dans une lettre qu'il adressa à Hans Schardt le 7 juin 1897 et que ce dernier a publiée dans son mémoire de 1898 (p. 160-161) :

« La vérité est bien simple et bien limpide ; j'ai eu l'idée d'une première nappe de recouvrement, comprenant le pli Nord de Glaris, une partie de l'Oberland bernois et le Wildstrubel ; cette idée, en faveur de laquelle je n'ai donné et ne pouvait [sic] donner que des arguments d'ordre général, était une « working hypothesis » qui n'enlèvera rien au mérite de celui, s'il doit venir, qui en démontrera la réalité. J'ai eu aussi, sans la développer, l'idée bien naturelle qu'une partie au moins des klippes, que les massifs des Annes et de Sullens [sic] devaient avoir une origine exotique, mais je n'ai pas eu à ce moment la notion que ces massifs devaient provenir d'une autre nappe de recouvrement supérieure d'origine plus lointaine. Quant aux Préalpes, je n'avais jamais songé à y voir le produit d'un charriage ; et je crois même devoir ajouter qu'avant vos derniers travaux et ceux de Lugeon une pareille idée aurait été une véritable folie.

« Quand j'ai reparlé, très incidemment, de ces questions à propos du Môle, j'ai dit, sans prétendre résoudre un problème de cet ordre par l'étude d'une région isolée, que mon impression était toute favorable à l'idée que les Préalpes sont en place. Je m'étais mal expliqué auparavant, si on a pu considérer cette manière de voir comme un changement d'opinion (qui serait d'ailleurs bien permis en pareille matière). »

Bailey (1935, p. 81-82) a reproduit intégralement cette lettre (qu'il a traduite en anglais) en précisant qu'il n'était pas entièrement d'accord avec son contenu mais que, quoi qu'il en soit, celui-ci prouvait que Bertrand n'avait pas changé d'opinion entre 1884 et 1893. Trümpy et Lemoine (1998, p. 221), et Durand Delga à leur suite (2010, p. 89-90), n'ont cité que la dernière phrase du premier paragraphe de cette même lettre, phrase qu'ils jugent « *étonnante* » car en contradiction avec la carte accompagnant le mémoire de Bertrand de 1884. Cela prouve simplement qu'ils n'ont pas lu d'assez près les publications de Schardt et de Bailey.

Il existe une autre preuve que le pli couché invoqué par Bertrand pour expliquer les recouvrements dans les Alpes a bien sa racine dans la zone helvétique (= dauphinoise) et non dans le domaine interne de la chaîne. On la trouve dans un bref passage (malheureusement ignoré des historiens de la géologie) de son *Mémoire sur les refoulements* (ouvrage posthume imprimé 1908 déjà cité), p. 194-195 : « *Les coupes de la Dent du Midi données par M. Schardt montrent avec certitude [...] l'existence d'un pli couché en avant du Brévent [...]; elles fournissent donc une nouvelle présomption en faveur de l'interprétation donnée pour les massifs des Annes et de Sulens, en face de la prolongation sud de la même chaîne.* » Marcel Bertrand ignorait alors (tout comme Gustave Maillard) que les faciès des terrains constitutifs des klippes savoyardes sont les mêmes que ceux que l'on trouve dans le Chablais (et que leur patrie se situe dans le domaine intra-alpin), ce qui l'a conduit à assimiler ici la racine du pli qui, selon lui, pourrait être à l'origine des klippes savoyardes à celle de la nappe de Morcles (nappe « inférieure » n'impliquant, de fait, que du matériel helvétique). Cette façon de voir était, somme toute, assez logique de sa part puisqu'il se refusait à voir dans les plis subalpins

du Haut Giffre (dont on sait aujourd'hui qu'ils sont la continuation en France de la nappe de Morcles) le prolongement de ceux du massif des Bornes.

4. Pourquoi Hans Schardt n'a-t-il pas été en proie aux mêmes doutes ?

Dans son mémoire de 1898, celui dans lequel il démontra de façon quasiment définitive la réalité de l'allochtonie des Préalpes, Hans Schardt a décrit la double virgation des plis imaginée par Bertrand et ayant conduit celui-ci à admettre l'autochtonie du Chablais, avant de conclure, non sans une certaine ironie : « On voit que l'éminent maître n'applique guère, après examen sur place, sa supposition d'un vaste pli de recouvrement, prolongeant, à travers la Suisse occidentale, jusqu'au delà de la vallée de l'Arve le grand pli glaronnais, ainsi qu'il l'avait fait en 1884, avant d'avoir visité le Chablais¹⁵. » Si Schardt a pu user d'un ton aussi péremptoire, montrant que sa pensée n'a pas connu les hésitations de Bertrand, c'était parce que la conception qu'il se faisait du mécanisme de mise en place des nappes de recouvrement était « absolument différente [c'est lui qui souligne] de la supposition exprimée par M. Bertrand¹⁶ ».

En effet, après avoir rappelé que c'est parce que les terrains des Préalpes appartiennent tous, sans exception, à un autre faciès que celui des massifs subalpins, que Marcel Bertrand a été conduit à rejeter l'idée d'un charriage du Chablais, cette région n'offrant « pas l'ombre de la relation supposée avec le double pli glaronnais », Schardt proposait une explication tout autre, mettant en jeu le « charriage d'une nappe sédimentaire d'une région centrale des Alpes sans préexistence d'un pli couché ». Autrement dit, à la différence de Bertrand, Schardt envisageait une *origine lointaine* des Préalpes – d'où le qualificatif d'« *exotique* » qu'il leur donnait dans le titre de son mémoire – et il faisait appel pour cela à un *mode de mise en place différent* de celui imaginé par son devancier (Fig. 5).

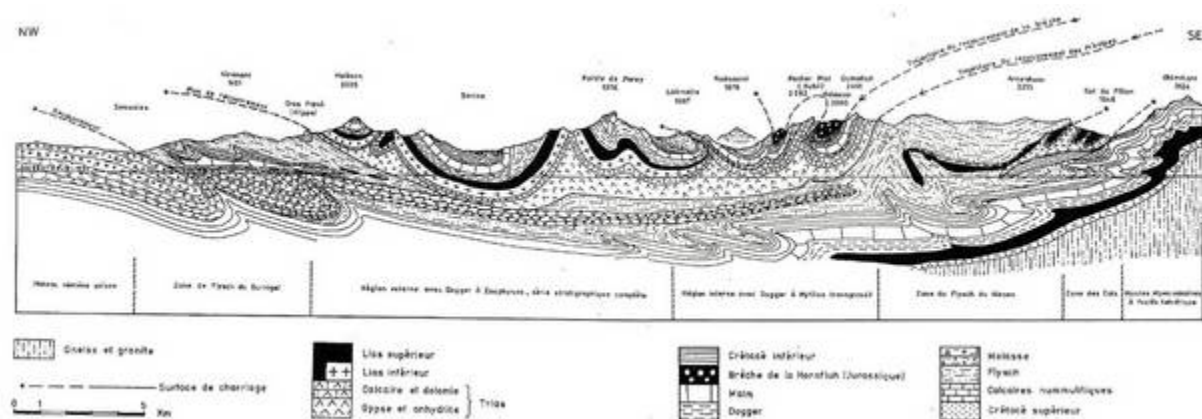


Fig. 5. Coupe géologique des Préalpes par Hans Schardt (1898).

À la différence de Marcel Bertrand, qui imaginait une mise en place des recouvrements par la formation de plis rabattus à l'horizontale, Schardt faisait venir les terrains charriés de loin, le long de plans de chevauchement s'enracinant dans la zone intra-alpine, par-dessus les massifs cristallins externes. Entre ces terrains charriés et le socle, la couverture dauphinoise (= helvétique) plissée forme une « nappe inférieure » (la nappe de Morcles).

¹⁵ SCHARDT, 1898, p. 135.

¹⁶ *Ibid.*, p. 158.

Le premier historien de la géologie à avoir bien perçu la différence existant entre les interprétations de Bertrand et de Schardt est Edward Battersby Bailey : « *When, however, we look the facts in the face, the apparent resemblance between Bertrand's early guess and Schard's eventual discovery falls to the ground* »¹⁷. Henri Masson s'est fait l'écho de l'analyse de Bailey dans son étude très documentée de l'histoire de la géologie des Préalpes¹⁸. Trümpy et Lemoine¹⁹ ont fort bien expliqué les deux façons théoriques de concevoir la genèse d'un charriage, mais sans les attribuer explicitement à l'un ou à l'autre des deux géologues. Dans la première (qui correspond à la pensée Bertrand), le charriage procède, au départ, d'un pli couché ; on passe ensuite à un pli à flanc inverse étiré, et pour finir à un pli-faille qui n'est rien d'autre que le chevauchement (ou charriage, ou « recouvrement ») ; la faille du chevauchement se raccorde alors à un demi-synclinal et à un demi-anticlinal et, dans ce cas, *la filiation théorique va du pli au charriage*. Dans la seconde (qui correspond à la conception de Schardt) c'est le mouvement relatif s'effectuant de part et d'autre de la surface de faille (ou de charriage) qui rebrousse les couches ; dans ce cas, *la filiation théorique va du charriage au pli*. Mais aucun de ces auteurs n'a évoqué clairement les conséquences que pouvait avoir cette différence entre les deux conceptions sur l'ampleur des charriages que chacune pouvait induire. Or c'est bien cette différence de conception qui a permis à Schardt de dépasser le blocage sur lequel Marcel Bertrand a buté à cause de son modèle de pli couché.

5. Que penser de l'attitude d'Émile Haug dans cette affaire ?

Dans l'histoire de la découverte de l'allochtonie des Préalpes, Émile Haug apparaît incontestablement comme l'opposant le plus déterminé à l'application de la théorie des charriages à cette région des Alpes. Son entrée en lice fut fortuite : il fut appelé après le décès prématuré de Gustave Maillard, survenu en 1891, pour terminer au pied levé son travail sur la feuille Annecy au 80 000^e (tandis que, dans le même temps, Marcel Bertrand était chargé de réviser le travail de Jaccard dans le Chablais). Haug avait travaillé auparavant dans les chaînes subalpines méridionales²⁰, ce qui lui donnait des compétences certaines pour étudier leurs homologues septentrionales. Il fut ainsi conduit à s'intéresser aux massifs des Annes et de Sulens et au prolongement des plis des Bornes en rive droite de l'Arve²¹ (plis que Marcel Bertrand raccordait à ceux du Chablais, comme nous l'avons vu).

En explorant au cours de l'année 1895 la montagne de Sulens en compagnie de Maurice Lugeon, qui travaillait alors sur la région de la brèche du Chablais (sujet de sa thèse²²) et qui venait de se convertir aux vues « nappistes » que Schardt avait développées dans son mémoire de 1893, Haug mit en évidence l'existence d'une ordonnance périphérique d'écaillés autour de ce massif, ce qui le

¹⁷ BAILEY, 1935, p. 80.

¹⁸ MASSON, 1976, p. 534.

¹⁹ TRÜMPY et LEMOINE, 1998, p. 217.

²⁰ Haug a rassemblé les observations géologiques qu'il a faites dans cette région des Alpes dans un mémoire publié en 1891 par le Service de la Carte géologique de la France intitulé *Les chaînes subalpines entre Gap et Digne*.

²¹ HAUG, 1895.

²² Publiée en 1896 dans le *Bulletin du Service de la Carte géologique de la France*.

conduisit à proposer un « pli en champignon » pour rendre compte de cette structure²³. Cette découverte conforta d'ailleurs Marcel Bertrand dans l'idée que le mécanisme du pli couché ne permettait pas d'expliquer de façon satisfaisante la mise en place de cette klippe²⁴. Par la suite, « le rugueux Alsacien » (c'est ainsi que Durand Delga appelait Haug) persista dans sa façon de voir, qu'il appliqua à l'ensemble des Préalpes romandes en affirmant qu'elles présentaient une structure en « éventail composé imbriqué » (dont les « plis en champignon » des klippes des Annes et de Sulens étaient, en quelque sorte, des modèles réduits). Dans un article publié en 1897, Haug développa longuement son modèle et illustra son propos au moyen d'une carte inspirée de Lugeon et destinée à mieux faire ressortir la supériorité de l'interprétation alternative qu'il proposait (Fig. 6).

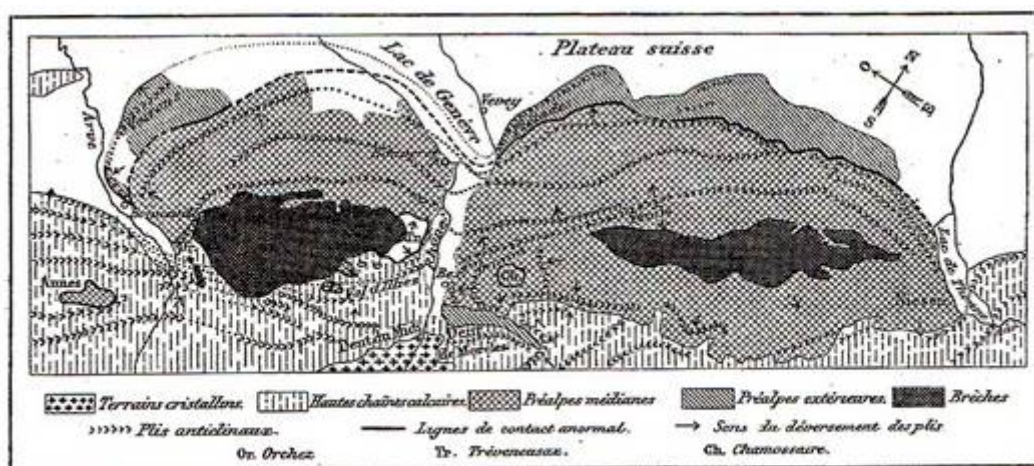


Fig. 1. — Carte schématique de la région des Préalpes, d'après M. Lugeon (avec quelques modifications).

Fig. 6. Carte structurale des Préalpes par Émile Haug.

L'auteur reprend (à sa façon) l'interprétation structurale de Lugeon pour mieux la combattre et démontrer la supériorité de son modèle alternatif d'« éventail composé imbriqué » (*Revue générale des sciences pures et appliquées*, 1897, p.700).

L'année qui suivit la parution du second mémoire de Schardt, intitulé *Les régions exotiques du versant nord des Alpes suisses* (1898), Haug répondit par un article au titre éloquent : *Les régions dites exotiques du versant Nord des Alpes suisses*²⁵. Tout en combattant le point de vue « nappiste » de Schardt, Haug y minimisait l'apport de ce dernier (p. 116-117) : « *quoi qu'en dise M. Schardt, M. Marcel Bertrand avait émis dès 1884 une hypothèse presque identique [...] Partant de de considérations toutes différentes, les deux auteurs sont 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 que reviendrait l'honneur d'avoir émis le premier*

²³ HAUG et LUGEON, 1895. Quelques années plus tard, Haug a précisé ainsi la pensée qui l'animait alors : « *j'avais cherché à expliquer les particularités tectoniques des deux montagnes par l'hypothèse de plissements anténummulitiques et d'une surrection du noyau liasique, sur l'emplacement de ce plissement, sous l'action de poussées périphériques.* » (*Notice sur les travaux scientifiques de M. Émile Haug*, 1903, p. 63).

²⁴ Commentant cette découverte, Marcel Bertrand déclara en effet : « *Les faits ne sont certainement pas favorables à l'idée d'un transport lointain ; mais l'idée d'une surrection sur place de ce massif isolé de Trias et de Lias à travers le Flysch qui l'entoure se heurte à des impossibilités mécaniques au moins équivalentes* » d'où l'impossibilité de « *parler actuellement d'arguments péremptoires en faveur d'une théorie ou d'une autre* » *Bull. Soc. géol. Fr.*, (3), 23, 1895, p. XXX, séance du 4 février, remarques de Marcel Bertrand à propos d'une communication de Haug et Lugeon sur la montagne de Sulens ; voir aussi DURAND-DELGA, 2010, p. 90 (qui nomme par erreur Kilian à la place de Lugeon).

²⁵ Haug avait attaqué une première fois la théorie de Schardt en 1894, après la publication du mémoire de 1893 dans lequel ce dernier exposait pour la première fois son point de vue, dans un article intitulé *L'origine des Préalpes romandes et les zones de sédimentation des Alpes de Suisse et de Savoie*.

l'hypothèse du recouvrement » Nous avons vu plus haut que les « *considérations toutes différentes* » dont parle ici Haug ne pouvaient pas conduire à des « *conclusions tout à fait analogues* ». Haug est donc d'assez mauvaise foi, tout comme il l'est lorsqu'il reproche à Schardt de faire venir le charriage du nord et non du sud, erreur que Schardt avait effectivement commise en 1893, mais corrigée de lui-même dès les premières lignes de son article de 1898. Autre critique visant à minimiser les mérites de Schardt : selon Haug, son mémoire de 1893 ne faisait qu'indiquer l'hypothèse des charriages, sans en apporter la preuve, ce qui lui ôtait toute valeur. Nous avons reproduit plus haut une lettre dans laquelle Marcel Bertrand admettait lui-même qu'en 1884, il n'avait donné que des arguments généraux en faveur de l'idée du recouvrement, qui n'était alors pour lui qu'une « *working hypothesis* ». On voit donc que ce que Haug reprochait à Schardt, il n'en tenait pas rigueur à Bertrand ; ce qu'il accordait généreusement à l'un, il le refusait obstinément à l'autre. Conséquence de cette attitude : pour Haug, la théorie des charriages a pris corps pour la première fois en 1895 dans le travail de Lugeon sur la brèche du Chablais où elle est présentée « *sous une forme si personnelle [...] 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 "* ». ²⁶ »

Cette volonté de rabaisser Schardt à tout prix se manifesta à nouveau chez Haug en 1901, au cours de la réunion extraordinaire que la Société géologique de France tint cette année-là en Chablais : On peut lire en effet dans le compte rendu de cette session : « *M. Haug rappelle que l'hypothèse du recouvrement de l'ensemble des Préalpes a été émise dès 1884 par M. Marcel Bertrand. Grâce aux efforts juxtaposés de M. Hans Schardt et de M. Lugeon, elle a pris corps dans ces dernières années, mais, malgré les remarquables travaux dont les Préalpes ont été l'objet, le charriage de cette zone étrange a conservé son caractère hypothétique.* » ²⁷ Haug prend toutefois le soin de préciser qu'il n'est personnellement « *nullement adversaire des grands recouvrements et des charriages lointains* » mais que les arguments présentés par Schardt et Lugeon pour démontrer l'origine exotique des Préalpes lui paraissent discutables. Attitude commode et prudente qui lui permet de ménager l'avenir.

De fait, en 1903, Haug tournait brusquement casaque : dans la *Notice sur les travaux scientifiques de M. Émile Haug* qu'il rédigea en vue de sa candidature à l'Académie des sciences (où il n'entrera qu'en 1917), il écrivait en effet (p. 64) : « *La question de l'emplacement de la racine des nappes superposée des Annes et de Sulens est intimement liée à celle de l'origine des Préalpes romandes [...] Il ne saurait y avoir de doute aujourd'hui que cette origine doive être recherchée assez loin dans l'intérieur des Alpes, dans tous les cas en arrière du massif du Mont Blanc.* » Haug se gardait bien de citer le moindre nom. Par pudeur ou par orgueil ?

Une ultime étape fut franchie en 1907 lorsque, rédigeant son *Traité de Géologie*, Haug déclara sans le moindre scrupule : « *Les plis couchés empilés peuvent être privés, par étirement, de leur flanc inverse, de sorte que l'on se trouve en présence de nappes de charriage superposées. Ce régime a*

²⁶ HAUG, 1899, p. 117.

²⁷ *Bull. Soc. géol. Fr.*, 1901, (4), 1, p. 702.

été reconnu par Maurice Lugeon et par l'auteur dans le massif de Sulens, en Savoie, et il est réalisé sur une plus vaste échelle dans une grande partie des Alpes Suisses, comme l'a établi Lugeon.²⁸ » Exit donc définitivement Schardt, place à Lugeon et à « l'auteur », Haug, qui, si l'on ose dire, montre en la circonstance une méprisable tendance à tirer la couverture à lui !

Conclusion : quels enseignements pouvons-nous retenir ?

Au terme de cette étude je ne prétends nullement avoir épuisé la question de l'histoire de la découverte de l'allochtonie des Préalpes, mais j'espère simplement avoir pu éclaircir certaines zones d'ombre ou certaines incohérences nées d'une exploitation trop sommaire ou trop partielle des sources bibliographiques. Comme souvent en pareil cas, les auteurs qui ont écrit sur cette question se sont contentés de recopier leurs prédécesseurs, tant il est vrai que « *ce n'est que faiblesse particulière, qui nous fait contenter ce que d'autres, ou que nous-mêmes avons trouvé en cette chasse de connaissance : un plus habile ne s'en contentera pas* ». ²⁹

On voit aussi à travers cette étude combien il est illusoire et même dangereux de faire de l'histoire « à rebours », c'est-à-dire en partant d'un état de connaissances supposé correspondre à la vérité absolue et en recherchant, à partir de là, tout ce qui a pu préfigurer dans le passé cet état de connaissances, en écartant tout ce qui s'en éloignait. Non seulement cette façon de procéder qui consiste, en somme, à « *donner des bonnes notes* » (pour reprendre une expression de Jean Goguel) n'apprend rien, mais de plus elle induit une vision fautive de la façon dont progresse le savoir et dont se font les découvertes.

Enfin, l'histoire de la découverte de l'allochtonie des Préalpes montre de quel poids peuvent peser les équations nationales et personnelles dans la marche des sciences. Équations nationales, d'abord, avec la volonté affichée des géologues français de mettre en avant coûte que coûte Marcel Bertrand et de minimiser, bien à tort, les apports des Suisses Schardt et Lugeon ; équations personnelles, ensuite, avec un Émile Haug se refusant obstinément à accorder à Hans Schardt la place qui lui revient de droit dans l'histoire des progrès de la tectonique alpine.

Bibliographie

BAILEY, E. B. (1935). *Tectonic Essays, mainly Alpine*. Clarendon Press, Oxford, 200 p.

BERTRAND, M. (1884). Rapports de structure des Alpes de Glaris et du bassin houiller du Nord. *Bull. Soc. Géol. Fr.*, (3), **12**, p. 318-330, pl. XI.

BERTRAND, M. (1887). Îlot triasique du Beausset (Var). Analogie avec le bassin houiller franco-belge et avec les Alpes de Glaris. *Bull. Soc. Géol. Fr.*, (3), **15**, p. 667-702, pl. XXIII et XXIV.

²⁸ HAUG, 1907, p.200-201.

²⁹ MONTAIGNE, *Essais*, Livre II, chapitre XIII, De l'expérience.

- BERTRAND, M. (1890 – impr. 1908). Mémoire sur les refoulements qui ont plissé l'écorce terrestre et sur le rôle des déplacements horizontaux. *Mém. Acad. Sci. Paris*, 267 p.
- BERTRAND, M. (1892). Le Môle et les collines du Faucigny (Haute-Savoie). *Bull. serv. Carte géol. France*, **4**, n°32, Baudry, Paris, p. 345-395.
- CHAROLLAIS, J. (1982). À propos du panorama géologique du Mont Saxonnex : essai sur l'histoire de la géologie de la basse vallée de l'Arve, depuis de Saussure jusqu'au début du XX^e siècle. *Société géologique Suisse, Centenaire 1982, excursion A : les nappes de recouvrement, livret-guide*, p. 3-34.
- CHAROLLAIS, J. & BADOUX, H. (1990). *Suisse lémanique. Pays de Genève et Chablais*. Coll. guides géologiques régionaux, Masson, Paris, 223 p.
- DEBELMAS, J. (2011). *L'exploration géologique des Alpes*. Presses des Mines, Paris, 252 p.
- DURAND-DELGA, M. (2007). Marcel Bertrand (1847-1907), honneur de la géologie française. *Trav. COFRHIGÉO*, (3), **21**, p. 221-352.
- DURAND-DELGA, M. (2010). *Marcel Bertrand (1847-1907), génie de la tectonique*. Presses des Mines, Paris, 185 p.
- GRANDCHAMP, P. (2011). Une figure méconnue de la géologie alpine : Gustave Maillard (1860-1891). *Trav. COFRHIGÉO*, (3), **25**, p. 63-102.
- HAUG, E. (1892). Sur la continuation vers le sud des plis de la Dent du Midi. *Bull. Soc. géol. Fr.*, (3), **20**, p. CLXXXIV-CLXXXIX, séance du 19 décembre 1892, avec remarque de M. Bertrand.
- HAUG, E. (1894). L'origine des Préalpes romandes et les zones de sédimentation des Alpes de Suisse et de Savoie. *Archives des sciences physiques et naturelles*, (3), **32**, p. 154-173.
- HAUG, E. (1895). Études sur la tectonique des hautes chaînes calcaires de Savoie. *Bull. serv. Carte géol. France*, **8**, n°47, Baudry, Paris, 297 p., 6 pl.
- HAUG, E. (1897). Le problème des Préalpes. *Revue générale des sciences pures et appliquées*, p. 699-705.
- HAUG, E. (1899). Les régions dites exotiques du versant Nord des Alpes suisses. *Bull. Soc. vaud. Sc. Nat.*, 35, p. 114-161.
- HAUG, E. (1903). *Notice sur les travaux scientifiques de M. Émile Haug*. Bigot, Lille, 96 p.
- HAUG, E. (1907). *Traité de Géologie. I - Les Phénomènes géologiques*. Colin, Paris, 546 p.
- HAUG, E. & LUGEON, M. (1895). Communication préliminaire sur le synclinal de Serraval et la montagne de Sulens. *Bull. Soc. Géol. Fr.*, (3), **23**, p. XXVI-XXIX.
- LUGEON, M. (1896). La région de la brèche du Chablais *Bull. serv. Carte géol. France*, **7**, n°49, Baudry, Paris, 310 p., 7 pl., 1 carte dépliant.

- MAILLARD, G. (1889). *Notions de géologie élémentaire appliquées à la Haute-Savoie (Faucigny et Genevois)*. Abry, Annecy, 46 p., 1 pl. Travail publié initialement dans la *Revue savoisienne* de 1889, p. 25-40, 78-98 et 107-115.
- MASSON, H. (1976). Un siècle de géologie des Préalpes. *Eclogae geol. Helv.*, 69/2, p. 527-575.
- MORET, L. (1947). *Précis de Géologie*. Masson, Paris, 637 p. ; 2^e éd., 1955, 669 p. ; 3^e éd., 1958, 675 p. ; 4^e éd., 1962, 678 p.
- Réunion extraordinaire de la Société géologique de France à Lausanne et dans le Chablais du mardi 3 septembre au mercredi 11 septembre 1901, *Bull. Soc. Géol. Fr.*, (4), 1, p. 677-825.
- SCHARDT, H. (1893). Sur l'origine des Préalpes romandes (zones su Chablais et du Stockhorn). *Arch. Sci. phys. nat.*, (3), 30, p. 570-583 ; et *Eclogae geol. Helv.*, 4, février 1894, p. 129-142.
- SCHARDT, H. (1898). Les régions exotiques du versant nord des Alpes suisses (Préalpes du Chablais et du Stockhorn et les klipptes). Leurs relations avec l'origine des blocs et brèches exotiques et la formation du flysch. *Bull. Soc. vaud. Sci. nat.*, 34, n°128, p. 113-219.
- TRÜMPY, R. et LEMOINE, M. (1998). Marcel Bertrand (1847-1907) : les nappes de charriage et le cycle orogénique. *C. R. Acad. Sci. Paris, Sci. Terre-Planète*, 327, p. 211-224.