

**Zeitschrift:** Eclogae Geologicae Helvetiae  
**Herausgeber:** Schweizerische Geologische Gesellschaft  
**Band:** 69 (1976)  
**Heft:** 2

**Artikel:** Un siècle de géologie des Préalpes : de la découverte des nappes à la recherche de leur dynamique  
**Autor:** Masson, Henri  
**Kapitel:** III: 1893-1902 : la découverte des nappes préalpines et la "période héroïque"  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-164526>

### **Nutzungsbedingungen**

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

### **Conditions d'utilisation**

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

### **Terms of use**

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

**Download PDF:** 15.01.2026

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

### III. 1893–1902: la découverte des nappes préalpines et la «période héroïque»

#### A. La découverte de SCHARDT

Curieuse destinée que celle de HANS SCHARDT (1858–1931), qui, né à Bâle, étudia la pharmacie à Lausanne et Genève avant d'entreprendre une carrière géologique exceptionnellement féconde (J. FAVRE 1932, LEUBA 1932). Peu satisfait de son premier métier et passionné de recherche, il s'en alla enseigner les sciences naturelles au collège de Montreux, petite ville bien située comme base d'excursions géologiques dans les Alpes. Plus tard il professa à l'Université de Lausanne comme privat-docent, puis, quand vint la célébrité, fut nommé professeur à Neuchâtel et enfin à Zürich.

Lorsque SCHARDT conçut sa découverte en 1893, il avait déjà consacré aux Préalpes une quinzaine de publications, certaines très brèves, d'autres beaucoup plus importantes comme le gros ouvrage de 1887 en collaboration avec E. FAVRE (sans parler de nombreuses notes sur la géologie du Jura, des glissements de terrain, etc.). Toute son œuvre se caractérise d'une part par la précision de l'observation, d'autre part par un sens aigu des structures<sup>3</sup>). Cette qualité sera déterminante dans la conception de la théorie des nappes.

En effet, SCHARDT était en conflit avec RENEVIER sur l'âge de certains terrains pauvres en fossiles, particulièrement la brèche du Chablais et de la Hornfluh. Comme cette brèche recouvre toujours des formations crétacées ou tertiaires, et que tous les artifices par lesquels on aurait cherché à l'enraciner sous ces formations étaient en contradiction avec ses observations structurales, SCHARDT (1884) en déduisait qu'elle était plus jeune, donc tertiaire. RENEVIER, fin stratigraphe, soutenait au contraire l'âge jurassique de la brèche, ce qui était correct, mais impliquait alors «logiquement» de la faire monter des profondeurs par des plis étranglés «en champignon», ce dont SCHARDT était à juste titre convaincu de la fausseté. Une controverse analogue opposait les deux savants sur l'âge de certaines dolomies et gypses triasiques, également dépourvus de fossiles et souvent superposés à des flysch crétacés ou tertiaires. La géologie des Préalpes se trouvait donc devant un *paradoxe*, résultant d'une apparente contradiction entre le point de vue stratigraphique et le point de vue structural. L'histoire de la Science connaît d'autres exemples de telles «impasses» et montre qu'elles annoncent souvent une grande découverte, c'est-à-dire l'apparition d'un *concept nouveau* qui résoud la contradiction tout en donnant raison à chacun sur ses arguments.

C'est ce qui arriva dans les Préalpes: en 1893, SCHARDT, convaincu par les derniers travaux de RENEVIER et son élève LUGEON que la brèche était bien jurassique, révisa son opinion stratigraphique tout en maintenant son opinion structurale. Le concept nouveau était celui de *nappe*, qui renaquit ainsi dans les Préalpes 9 ans après le travail de BERTRAND, cette fois pour prendre un envol définitif.

---

<sup>3</sup>) Le goût de SCHARDT pour la géologie structurale se révèle aussi dans les expériences qu'il entreprit sur des modèles en argile pour reproduire en laboratoire les principaux types de dislocations observées dans les montagnes (1884). Ces recherches font également de SCHARDT un pionnier de la tectonique expérimentale.

En créant cette théorie, SCHARDT ne visait pas seulement à expliquer la structure de quelques montagnes. Il avait conscience qu'il jetait les bases d'une conception synthétique et fondamentalement nouvelle de la chaîne alpine, qui ouvrait la voie à la solution simultanée d'une série d'énigmes de nature très diverse: le mystère des blocs exotiques, l'alimentation des flysch et de la molasse, la similitude entre les terrains des bordures interne et externe des Préalpes, le contraste stratigraphique et tectonique entre les Préalpes et leur entourage, le désordre apparent des enchaînements paléogéographiques, l'énigme des klippes de Suisse centrale et de Savoie, etc.:

«Tout cela ne me paraissait former ... qu'un seul et même problème, se rattachant intimement au développement tectonique du versant N des Alpes (1898, p. 150) ... *Tout cela n'a été pour moi qu'un seul jet d'idées, d'autant plus claires et nettes, que l'enchaînement des phénomènes qu'il faut supposer est d'une simplicité surprenante*» (p. 156).

Sitôt conçue, SCHARDT publia sa théorie sous une forme relativement concise (1893), trop brève pour entrer dans les détails, mais cependant assez précise pour émouvoir le monde géologique et soulever une vague de violentes critiques. Il attendit plusieurs années sous l'orage avant d'écrire des justifications plus détaillées. La plus complète parut en 1898 au Bulletin de la Société vaudoise des Sciences naturelles; cet article, certainement l'un des plus importants de toute la littérature géologique par sa richesse en idées nouvelles et par les profondes remises en question qu'il annonçait, contient une démonstration détaillée qui englobe tous les aspects stratigraphiques, paléogéographiques et tectoniques du problème. Par commodité, nous grouperons ici les découvertes de SCHARDT en huit paragraphes.

### 1. Allochtonie des Préalpes

SCHARDT affirme l'*exotisme* des Préalpes. Ce mot, qui figure dans le titre de l'article de 1898, est à lui seul un symbole et un programme. D'une part SCHARDT s'était déjà convaincu depuis plusieurs années que, d'une manière ou d'une autre, la solution de l'énigme des blocs exotiques était étroitement liée à celle du problème posé par l'existence même des Préalpes. D'autre part, ce terme appliqué à l'ensemble des Préalpes exprime de la manière la plus provocante que ces montagnes *n'ont rien à faire là où elles se trouvent*, qu'elles sont *étrangères à leur entourage*, et que, fondamentalement, seule leur dimension les distingue des blocs exotiques dispersés dans les flysch.

«Toute notre région du Stockhorn-Chablais, malgré son étendue de plus de 115 kilomètres, n'est-elle pas, par rapport à son entourage à faciès helvétique, autre chose qu'une *immense klippe*, une *nappe exotique*? Elle ne diffère des klippes que par ses dimensions; comme elles, c'est un *morceau de terre étrangère jeté sur la limite des Alpes et du Plateau miocène*, sans racine ou assise normale en profondeur» (1889, p. 17).

Parmi les principaux arguments de SCHARDT, notons:

- Le contraste brutal des faciès aux limites des Préalpes (vallée de l'Arve au SW, zone des cols au SE, lac de Thun au NE). Contrairement à certains de ses contradicteurs qui prétendaient voir des passages graduels (p.ex. HAUG 1899), SCHARDT insiste sur l'absence de transitions, du Trias au Tertiaire, et souligne l'absurdité d'une paléogéographie basée sur les positions actuelles des provinces de faciès.

- Le contact constamment chevauchant des Préalpes sur leur entourage. Dès 1892, SCHARDT avait mis en évidence le chevauchement du bord externe des Préalpes sur la molasse, avec un rejet visible de 10 à 15 km dans la vallée du Rhône. En 1893, il généralise ces observations dans ce qu'il appellera plus tard la «Loi des Préalpes»: les Préalpes reposent partout sur un substratum plus jeune, ordinairement du tertiaire (flysch ou molasse).
- Au contraste stratigraphique entre l'Helvétique et les Préalpes s'ajoute un contraste de style tectonique. SCHARDT en déduit que les plis helvétiques, «lacets couchés toujours vers le N, presque sans rupture, ni failles, mais accusant une lamination énorme des couches», se sont formés sous une pression plus forte que ceux des Préalpes (1899, p. 19). De plus, aux limites SW et NE, les plis helvétiques plongent «très ostensiblement» sous les Préalpes.

En conclusion:

«La zone du Chablais paraît comme encastrée dans la bordure nord des Alpes à faciès helvétique ... Elle forme une pièce indépendante, étrangère à tout ce que renferme la bordure calcaire du versant N des Alpes»; et, après avoir réfuté diverses autres explications, SCHARDT (1893) conclut «*qu'il est encore bien plus simple de considérer toute la région du Chablais et du Stockhorn, de la vallée de l'Arve jusqu'à celle de l'Aare, comme une nappe de recouvrement venue du Sud, par-dessus la zone des Dents du Midi et du Mont-Blanc-Finsteraarhorn*».

## 2. Découverte de plusieurs nappes

Démontrer l'allochtonie des Préalpes en bloc était une grande découverte, mais SCHARDT ne se contente pas de découvrir une nappe. Il en découvre trois (fig. 2):

I. Une nappe principale forme le gros des Préalpes, appelé *Préalpes médianes* depuis LUGEON (1896).

II. SCHARDT montre que les brèches du Chablais-Hornfluh, dont LUGEON venait d'établir définitivement l'âge jurassique, présentent par rapport au gros des Préalpes le même type de relation que celles-ci par rapport à leur entourage helvétique; elles constituent donc une deuxième nappe, dite *de la Brèche*, superposée à la nappe principale.

III. Entre le plan de charriage des Préalpes médianes et le Tertiaire autochtone s'insère une zone discontinue de flysch emballant de grandes lames de terrains mésozoïques, qui affleurent de part et d'autre des Médianes sur les deux bords interne (zone des cols) et externe des Préalpes: cette «traînée de lambeaux» constitue une troisième nappe à la base de l'édifice préalpin (nommée *ultrahelvétique* par ARN. HEIM 1920). En postulant cette liaison (au moins virtuelle) des Préalpes internes et externes par-dessous la nappe des Médianes, SCHARDT mettait en évidence l'un des traits les plus typiques de l'architecture des Préalpes<sup>4</sup>).

---

<sup>4</sup>) SCHARDT corrélait aussi les flysch du Niesen (Préalpes internes) et du Gurnigel (Externes), ce qui est incorrect. Rappelons que l'étude sérieuse des flysch était pratiquement impossible avant l'avènement de la micropaléontologie.



NW

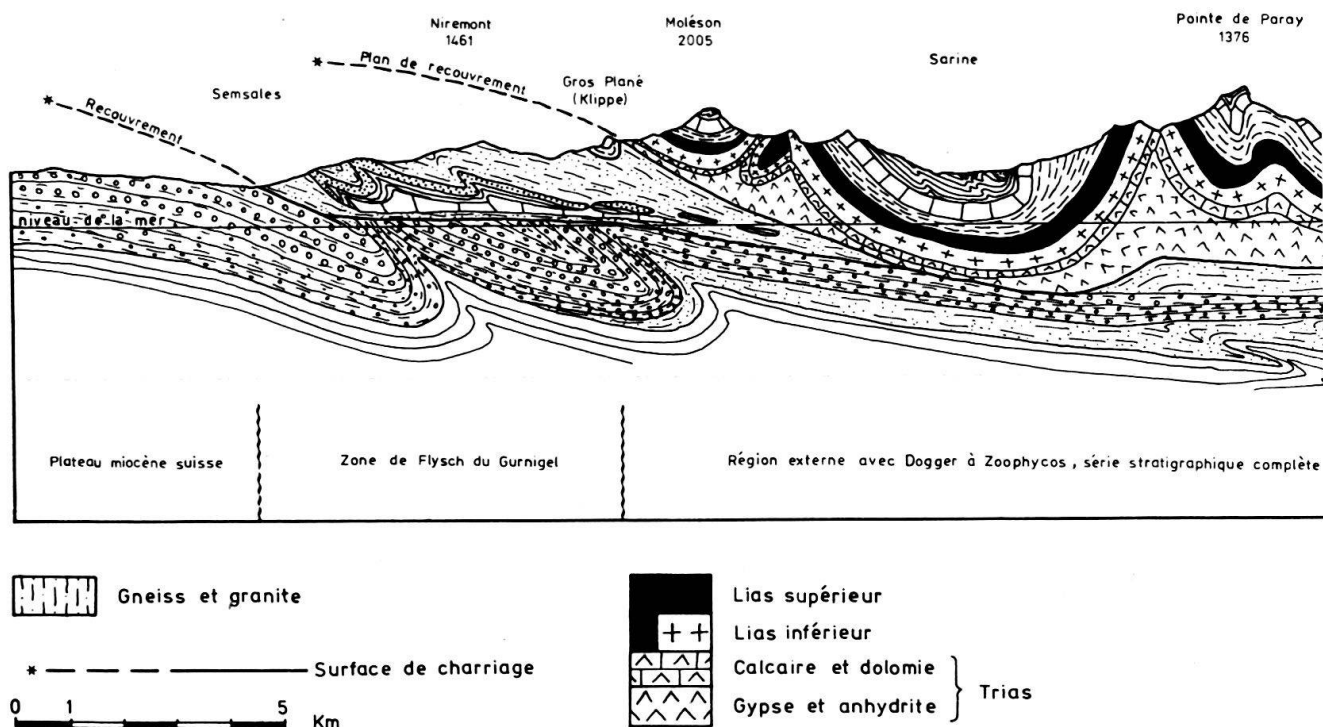


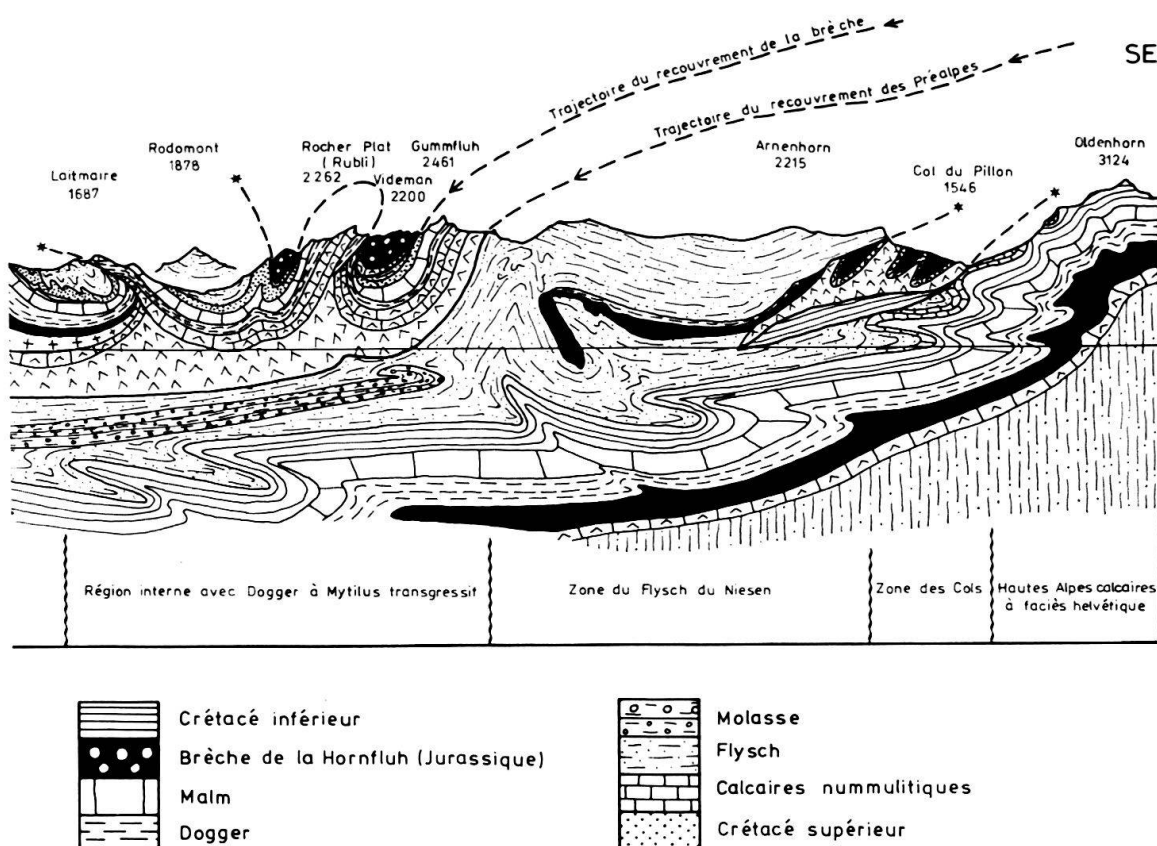
Fig. 2. Coupe tectonique des Préalpes romandes, redessinée d'après SCHARDT (1898, pl. I; dessin daté de 1897). Légende simplifiée.

### 3. Evolution paléogéographique

Sur la base de leurs faciès, SCHARDT replace les nappes dans leurs *positions originelles respectives*. Réciproquement, cette reconstitution palinspastique (la première du genre) explique les faciès particuliers de chaque nappe et leur évolution au cours du temps. *Au chaos paléogéographique*, SCHARDT substitue un enchaînement cohérent de faciès dans l'espace et dans le temps. Cette synthèse entre la tectonique et la stratigraphie d'une chaîne de montagnes représente l'un des plus brillants aspects de toute l'œuvre de SCHARDT (1898, p. 174 suiv.).

Il montre ainsi que les lambeaux mésozoïques de la bordure N des Préalpes et de la zone des cols trouvent leur place logique au S des Hautes Alpes de faciès helvétique (d'où le nom d'ultrahelvétique qui leur fut appliqué plus tard). Plus au S se trouvait le bassin des Préalpes médianes. Enfin, encore plus au S venait le bassin de la Brèche, séparé du précédent par un seuil partiellement émergé au Dogger, qui fut identifié plus tard (cf. IV.D) au géanticlinal *briançonnais* défini par HAUG (1894) dans les Alpes françaises. SCHARDT nous donne ainsi de ce domaine, l'un des plus typiques de la paléogéographie alpine, une reconstitution remarquable dont on appréciera le caractère moderne (fig. 3).

Mieux encore, grâce à ce schéma paléogéographique, SCHARDT explique l'origine de ces brèches sous-marines, sujet important et très à la mode de nos jours.



Elles proviennent de l'écroulement de falaises continuellement rafraîchies par l'activité tectonique de la marge S du seuil briançonnais:

«Le versant S était sans doute une falaise, se continuant par un abrupt sous-marin, siège de dislocations, provoquant des éboulements continuels et alimentant ainsi la formation de la brèche du Chablais et de la Hornfluh» (1898, p. 176).

En 1896, LUGEON était parvenu, au terme d'une étude minutieuse, à une conclusion analogue (alimentation de la brèche par les écroulements répétés d'une falaise mobile), qu'il n'avait toutefois pas insérée dans une reconstitution palinspastique aussi précise.

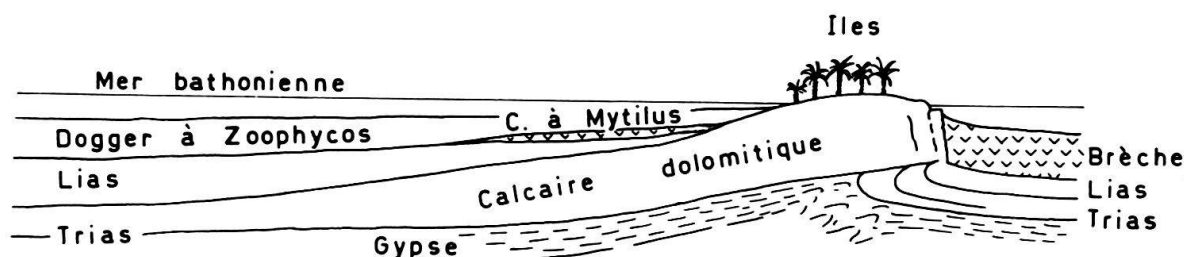


Fig.3. Reconstitution palinspastique des positions originelles des nappes des Préalpes médianes (à gauche) et de la Brèche (à droite), séparées au Dogger par le seuil partiellement émergé des «îles bathoniennes» (assimilé aujourd'hui au domaine briançonnais). Redessiné d'après SCHARDT (1898, fig. 1).

#### 4. *Racines des nappes*

SCHARDT suggère des *racines* (ou mieux, dans le langage actuel, des patries) à ses nappes. Si la provenance de l'Ultrahelvétique ne pose pas trop de difficultés, il n'en va pas de même des autres nappes. Il s'agit là de problèmes très difficiles, qui, aujourd'hui encore, sont loin d'être complètement résolus. SCHARDT reste d'ailleurs d'une grande prudence, qui lui fut reprochée par ses détracteurs, mais qui nous apparaît comme une preuve de sagesse.

C'est donc très précautionneusement que SCHARDT relève les affinités de plusieurs terrains des Préalpes avec ceux de «la zone sédimentaire intra-alpine du Briançonnais» ou des Alpes grises et lombardes. Il est ainsi conduit à admettre pour le gros des Préalpes un charriage de 80 à 100 km, peut-être plus. Mais nous voulons surtout noter que SCHARDT était parfaitement conscient des difficultés inhérentes à de telles reconstitutions:

- Les terrains des Préalpes *ne peuvent plus se trouver dans leur région d'origine*, du fait même qu'ils sont maintenant au N des Alpes (1900, p. 150 et 164).
- Les reliques éventuelles ont été profondément modifiées par le métamorphisme, qui «a agi ... en sorte que les terrains restés en place en ont subi toute l'action, tandis que la nappe charriée vers le N est restée presque indemne» (1898, p. 177).
- Enfin, «ce qui en restait peut avoir été détruit par l'érosion».

On ajouterait seulement aujourd'hui que les reliques ont, de plus, pu être englouties par subduction.

Aussi SCHARDT réclame-t-il des recherches plus approfondies sur le terrain avant de désigner définitivement les racines des nappes. «La fixation exacte du gisement primitif de la nappe des klippen et des Préalpes ne saurait se résoudre à coups de plume! Il faudra des recherches longues et patientes», réplique-t-il en 1900 à l'un de ses plus éminents contradicteurs.

#### 5. *Dynamique des nappes*

SCHARDT propose dès 1893 un *moteur* pour le transport des nappes dont il vient de révéler l'existence: le glissement par *gravité*, dont nous reparlerons plus loin. Il est conduit naturellement à cette idée par l'observation de toutes les transitions entre la dimension des blocs exotiques et celle des nappes, par l'intermédiaire des klippen (qui peuvent être soit des reliques d'érosion d'une nappe continue, soit d'énormes blocs emballés dans le flysch).

En 1898, il ajoute au moteur gravitatif la pression des plis et chevauchements profonds des Alpes penniques, dont l'entassement refoule les couvertures sédimentaires et crée le talus sur lequel elles glisseront lentement. «La superposition complète du gneiss d'Antigorio aux schistes lustrés mésozoïques, dans le massif du Simplon, montre l'énergie des dislocations des terrains profonds dans les parties centrale et méridionale des Alpes» (1899, p. 24). D'ailleurs, dès 1898, SCHARDT suggère que les dômes du Mont-Rose et de l'Adula ne sont, eux aussi, que les dos de plis couchés ou de chevauchements profonds.

## 6. Répercussions de la progression des nappes sur la sédimentation dans les bassins marins où elles glissent

SCHARDT explique par le *démantèlement du front des nappes en cours de progression* l'origine des *flysch à blocs exotiques*, ces complexes hétérogènes et souvent chaotiques qui firent couler tant d'encre. Ainsi peut-on concilier la provenance lointaine des éléments avec les indices d'un transport fluvial ou sous-marin beaucoup plus court.

«Où prendre les matériaux exotiques du flysch? La réponse se donne presque d'elle-même. Le mouvement de cette nappe doit avoir commencé pendant l'époque éocène, lorsque sur le bord N des Alpes se déposaient les calcaires nummulitiques. Il mit fin à cette sédimentation, pour inaugurer celle de la formation du flysch. Ce terrain a dû tirer la majorité de ses matériaux détritiques des débris détachés de cette muraille s'avancant lentement ... Il me semble en effet que *la formation du flysch doit être étroitement liée au développement de ces grandes nappes de recouvrement*» (1893, p. 580 et 582).

«Les blocs exotiques doivent être considérés d'ailleurs comme des débris de klippes, détachés de celles-ci pendant le démantèlement de la nappe ... Des masses importantes de terrain ont été détachées du bord de la nappe en mouvement et ont été empâtées dans le Flysch qui fut, de plus, refoulé; en sorte que nombre de ces lambeaux, même de très grands, furent littéralement enveloppés et roulés dans le Flysch, ainsi que je l'ai décrit à propos de la zone des cols et de la zone extérieure du Flysch des Préalpes» (1898, p. 209).

«Est-ce bien la vraie solution du problème que Studer avait posé il y a plus de 70 ans? Il me semble qu'il est difficile d'en douter, car toutes les complications sont explicables. Les blocs sont originaires d'un pays lointain; ils sont exotiques, mais leur transport s'est fait en masse, par charriage tectonique, sur 60 à 70 kilomètres de distance, sinon plus; aucune usure n'a été le résultat de ce long transport, et finalement les débris désagrégés et allant en s'éboulant, furent ensevelis sur place, après une courte chute dans la mer du Flysch et stratifiés alternativement avec les matériaux vaseux qui composent la majeure partie de cette sédimentation. Des masses plus grandes également, tombées au fond de la mer, formèrent les gros blocs exotiques et une partie des klippes.» (1898, p. 215).

Une fois emballés dans le flysch, les blocs seront ultérieurement chevauchés par la nappe qui leur a donné naissance, ce qui explique la complexité des relations actuelles. L'importance respective des facteurs tectoniques et sédimentaires dans la genèse et le transport des blocs et des lambeaux peut d'ailleurs varier. Si l'accent est généralement mis sur les écroulements et glissements synsédimentaires au front des nappes, ailleurs SCHARDT souligne le facteur tectonique dans l'origine des paquets de terrains «entraînés par la nappe de charriage et qui ont été pris dans le Flysch refoulé devant et au-dessous de celle-ci, puis enveloppés et enroulés littéralement dans ce terrain» (1898, p. 210).

Cette explication de l'origine des flysch à blocs et des klippes est une idée-force de SCHARDT, sur laquelle il revient souvent. C'est aussi, curieusement, un des aspects de son œuvre qui fut le plus négligé par la suite, avant que ces phénomènes soient redécouverts un demi-siècle plus tard. Les explications modernes, fondamentalement voisines, se distinguent surtout par l'usage d'un vocabulaire spécialisé (diverticules, olistostromes, etc.) mieux adapté à la discussion de ces problèmes. Mais SCHARDT montrait incontestablement une compréhension très avancée de ces concepts qui se situent au niveau de la synthèse entre la sédimentologie et la tectonique.

## 7. Bréchification à la base des nappes

La *cornieule*, brèche habituellement liée aux formations triasiques, est l'une des roches des chaînes alpines dont l'origine a suscité (et suscite encore) les plus vives

controverses. Les nombreuses théories proposées depuis un siècle peuvent se grouper en trois catégories: sédiment détritique, brèche tectonique, ou produit de métasomatoses plus ou moins mystérieuses. Dans les travaux les plus récents comme dans ceux du siècle dernier, on retrouve les mêmes conflits entre diverses variantes de ces trois groupes d'explications. Or SCHARDT avait déjà présenté en 1885 de bonnes raisons de croire à l'origine tectonique de cette roche (la seule explication valable à nos yeux, bien que tout le monde ne soit pas d'accord!); nous avons cité ailleurs un passage de cet article (MASSON 1972). Il convient toutefois de noter que SCHARDT excluait certaines cornieules polymictes dont les propriétés paradoxales ne peuvent pas s'expliquer par un mécanisme tectonique simple et classique; mais on ne peut tout de même pas lui reprocher d'avoir ignoré certains concepts de la fracturation des roches qui n'ont été développés qu'après 1955.

En 1898, SCHARDT souligne que la cornieule forme une «zone de trituration» jalonnant la base de la nappe préalpine. Il intègre ainsi l'origine de cette roche à la tectonique des nappes, qui avançaient sur une semelle plastique (p.ex. gypse) ou «triturée» (cornieule).

#### 8. *Vaste étendue originelle des nappes préalpines*

Pour SCHARDT, les nappes des Préalpes recouvraient à l'origine un territoire beaucoup plus vaste qu'aujourd'hui. Cela est prouvé par les *klippes* de Savoie et de Suisse centrale, reliques épargnées par l'érosion.

«Les lambeaux isolés des Gyswylerstöcke, du Stanzerhorn, du Buochserhorn, des Mythen, etc., sont des témoins plus qu'éloquents, qui attestent l'ancienne extension de la nappe chablaisienne vers le NE, par-dessus les Alpes d'Unterwald et de Schwytz» (1893, p. 578).

Vers l'E, les Préalpes vont probablement se rattacher à la «nappe du Rhaetikon» (1893) qui chevauche le flysch du Prättigau et du Vorarlberg. Les analogies de certains faciès sont frappantes, mais «des recherches détaillées seraient nécessaires» pour préciser les relations dans cette région où «la complication doit être extrême» (1898).

Enfin, l'érosion de ce vaste recouvrement a alimenté la *molasse* du Plateau suisse.

«L'érosion qui a caractérisé la période miocène eut pour effet de démanteler complètement cette nappe dans la partie comprise entre le lac de Thoune et le Rhin, en ne laissant subsister que des lambeaux, les grandes klippes. Dans la Suisse occidentale et le Chablais, où l'érosion fluviale a été bien moins intense, ainsi que l'atteste le faible développement des amas de poudingues miocènes, la nappe resta continue» ... «De cette manière s'explique ... le caractère austroalpin des matériaux des poudingues miocènes, en face des chaînes offrant aujourd'hui le faciès helvétique» (1898, p. 217).

#### B. 1893–1902: dix ans de lutte pour le triomphe d'une théorie

La théorie de SCHARDT fut accueillie avec autant de scepticisme que de stupeur. D'éminents géologues prirent la plume pour l'attaquer, en termes parfois violents. La lecture de ces âpres controverses montre que c'en était trop: SCHARDT introduisait trop d'idées trop hardies, et réclamait de ses lecteurs une maîtrise trop parfaite de la géologie des Alpes; tant il est vrai que, en ne regardant qu'un petit secteur de la chaîne, ou en ne considérant que certains types de phénomènes, d'autres théories



pouvaient paraître aussi satisfaisantes que celle des nappes; mais que celle-ci était la *seule* susceptible d'intégrer *tous* les faits observés dans une synthèse cohérente. Il fallut 10 ans au monde géologique pour digérer cette moisson de nouveautés. En attendant, SCHARDT, contrairement à BERTRAND, eut au moins la satisfaction d'être vivement critiqué, ce qui, à tout prendre, vaut mieux que l'indifférence.

D'abord complètement isolé, SCHARDT fut bientôt suivi par le jeune, brillant et ambitieux MAURICE LUGEON (1870-1953), dont l'œuvre puissante contribua grandement au succès de la nouvelle théorie. Né à Poissy, près de Paris, d'un père suisse qui revint quelques années plus tard au pays, LUGEON se passionna très jeune pour les sciences naturelles. Ayant commencé un apprentissage de banque à Lausanne, il passe ses loisirs à visiter la galerie du Musée de Géologie, où il attire l'attention de RENEVIER; en 1886, celui-ci lui offre une place de préparateur à 70 francs par mois. L'année suivante, LUGEON publie son premier travail sur des plantes fossiles de la molasse. Plein d'ardeur, il rattrape ses études pendant l'hiver, passant l'été sur le terrain. Il soutient sa thèse sur la brèche du Chablais en 1895, enseigne à l'Université dès 1896, est nommé professeur en 1898. Il y resta pratiquement jusqu'à sa mort.

Les premiers résultats de LUGEON sur la brèche du Chablais avaient joué un rôle important en convaincant SCHARDT de son âge jurassique (1893). Mais LUGEON lui-même expliquait la position de ces terrains par un pli en champignon selon la mode de l'époque. Pendant deux ans il s'opposa à SCHARDT, puis se convertit pendant qu'il rédigeait sa thèse. Dans la dernière partie de ce travail remarquable, LUGEON soumet toute la géologie des Préalpes chablaisiennes à une discussion serrée qui le mène à retrouver une partie des résultats de SCHARDT; il conclut que l'hypothèse d'un gigantesque chevauchement des Préalpes, venu du SE, est la plus vraisemblable. Dès lors LUGEON sera l'un des plus vigoureux partisans de la théorie des nappes, dont la percée au début du 20<sup>e</sup> siècle fut dans une très large mesure son œuvre.

Très diplomate quand il le voulait bien (mais féroce en d'autres occasions), LUGEON sut faire preuve d'une grande habileté pour un «révolutionnaire» (ainsi qu'on le qualifiait). Non seulement il appuyait ses conclusions sur des raisonnements très détaillés, mais il avait l'art de retourner les arguments de ses adversaires, les leur renvoyant intégrés à sa propre théorie, et ayant encore juste assez de mauvaise foi pour ajouter que son savant contradicteur «aura sa part légitime» dans la victoire des nappes ..., ce qui facilitait la reconversion des vieilles gloires aux nouvelles idées.

Le revirement critique se produisit en 1902. L'année précédente, la Société géologique de France avait demandé à LUGEON de conduire une excursion dans les Préalpes du Chablais; les discussions furent animées, et les résistances encore très vives. Le 17 février 1902, LUGEON présenta à Paris sa synthèse «Les grandes nappes de recouvrement» devant un auditoire au premier rang duquel figuraient bon nombre des plus éminents géologues de plusieurs pays. Dans cette vaste fresque qui couvrait les Alpes de l'Arve à Salzbourg, LUGEON dépeignit les enchaînements des structures et des faciès en des termes si convaincants qu'il enthousiasma ses auditeurs: ce fut le triomphe. «C'est tout le tableau de la structure harmonieuse des Alpes qui, féériquement, s'illumine, alors qu'avant ce prodigieux coup de projecteur, tous les éléments en paraissaient chaotiques» (FALLOT 1954). Mais la réaction la



plus touchante est certainement celle du vieux maître zürichois de la géologie alpine, ALBERT HEIM, qui prit trois mois de réflexion avant d'écrire à LUGEON:

«Votre théorie des plis de nos Alpes calcaires m'explique une quantité de faits qui, jusqu'ici, étaient restés pour moi énigmatiques ... Je suis très heureux de pouvoir vous dire que votre théorie m'apparaît comme une lumière nouvelle qui m'éclaire sur bien des points; c'est pour moi un grand plaisir de reprendre, sous ces points de vue rajeunis, l'étude de régions, à moi si connues et qui m'ont occupé si longtemps. En tout cas votre théorie, si étonnante, presque effrayante au premier abord, mérite l'examen objectif le plus attentif ... On peut dire aussi que dans ces études successives notre esprit s'est graduellement exercé à concevoir de mieux en mieux le mécanisme de la formation des Alpes. Les nouvelles théories se sont échafaudées en s'appuyant sur les anciennes. Mais cela m'est une vraie joie personnelle de reconnaître que mes élèves vont plus loin que moi et m'apprennent à accepter des idées devant lesquelles je m'étais jusqu'à présent arrêté.»

Une analyse moins lyrique et plus froidement objective nous poussera plutôt à comparer la synthèse de LUGEON (1902a) à celle de SCHARDT (1898). Force est de constater que, sur certains problèmes conceptuels, la synthèse de LUGEON nous apparaît aujourd'hui un peu en retrait de celle de SCHARDT, notamment sur ce qui touche à l'origine des blocs et des lambeaux exotiques, envisagée alors par LUGEON d'un point de vue trop exclusivement tectonique.

Plus généralement, la principale critique que nous croyons devoir adresser à l'œuvre de LUGEON du début de ce siècle, est qu'il considérait systématiquement les grands chevauchements comme dérivant de plis par l'intermédiaire de plis-failles couchés où l'élément faille l'emportait progressivement sur l'élément pli, à mesure que le front de la nappe s'éloignait de sa racine. Il s'agit là d'une hypothèse cinématique, dont la confirmation ou le démenti sont le plus souvent hors de notre portée, mais dont l'adoption généralisée eut des conséquences pratiques très importantes. Il semble que LUGEON doit cette «philosophie» tectonique autant à l'influence de BERTRAND, auprès de qui il étudia un hiver à Paris, qu'à son séjour zürichois auprès de HEIM en 1895-1896. Celui-ci, rappelons-le, avait brillamment révélé la plasticité des roches soumises à de fortes pressions, et la capacité des couches de s'étirer en s'amincissant. Il devenait dès lors très tentant d'interpréter tous les chevauchements comme des plis dont le flanc renversé, soumis à un étirement extrême, s'était réduit à une épaisseur nulle (ainsi HEIM interprétait le Lochseitenkalk comme le flanc renversé très étiré du «pli double» glaronnais).

Cette optique «ultra-ductile» pouvait présenter des avantages dans certaines parties de l'Helvétique, où LUGEON travaillait plus particulièrement à l'époque; mais sa généralisation à l'ensemble des nappes eut des conséquences négatives, et nos recherches historiques nous ont convaincu qu'elle fut même un sérieux frein à l'élucidation de plusieurs problèmes importants.

Les défauts du maître se trouvant traditionnellement grossis chez les disciples et les imitateurs, il en résulta chez beaucoup de géologues alpins une véritable obsession pour la recherche de charnières frontales ou radicales et de lambeaux de flancs renversés. Ainsi, l'un des points les plus criticables des brillantes reconstitutions d'ARGAND est qu'il dote systématiquement d'un flanc renversé des nappes qu'on sait aujourd'hui être dans bien des cas constituées d'un empilement d'écaillés normales; erreur conceptuelle qui le conduisit, p.ex., à attribuer à l'«enveloppe» renversée de la nappe mésopennique du Grand St-Bernard la zone valaisanne de Sion, qu'on rattache aujourd'hui au Pennique inférieur. De même, lorsque LUGEON trouve des reliques d'Ultrahelvétique sur la nappe helvétique du Wildhorn, ce qui était une découverte importante (cf. IV. C et V. C), la superposition inverse des diverticules normaux lui fait croire qu'il est en présence du flanc renversé du «pli» ultrahelvétique, qu'il raccorde, également à tort, à l'Helvétique par une charnière synclinale. Les Préalpes montrent avec persistance des exemples des conséquences funestes de cette optique, à preuve certaines tentatives assez récentes de fabriquer un flanc renversé de la nappe de la Simme.

De là découle une déviation de la notion «schardtienne» de nappe dont les implications sur la nomenclature firent couler beaucoup d'encre. Alors que les exemples historiques des nappes (Glaris et Préalpes) sont de purs chevauchements<sup>5)</sup>, comme d'ailleurs la majorité des nappes des Alpes et

<sup>5)</sup> Au moins dans leur état actuel. Pour la nappe helvétique de Glaris, plusieurs faits donnent consistance à l'hypothèse cinématique d'un premier stade sous forme d'un pli couché (TRÜMPY 1969).

probablement du monde, c'est le modèle fictif d'une nappe à flanc renversé ( $\pm$  réduit) qui s'imposa par les travaux de LUGEON et ses contemporains, en particulier TERMIER (1906); dans sa «Synthèse des Alpes», ce dernier consacra la primauté présumée des nappes-plis en les nommant *nappes du premier genre*, tandis qu'il mettait en doute l'existence même des vrais chevauchements: «Jusqu'à nouvelle découverte, toutes les nappes des Alpes sont, ou certainement, ou probablement, des plis couchés ayant atteint ou dépassé l'horizontale».

Pour expliquer cette grande plasticité des roches dans les nappes-plis, LUGEON était enclin à les faire mouvoir sous une forte pression, donc en profondeur (ou, dans le langage de TERMIER, sous un «traîneau écraseur»). Ce qui supprimait la possibilité des interférences tectonique-sédimentation que SCHARDT avait si bien mises en évidence dans les Préalpes, et menait en revanche à l'interprétation de mainte lame ou écaïlle (souvent un olistolite ou un diverticule dans le langage correspondant à nos interprétations actuelles) comme une tête de pli étranglée dans une ambiance d'extrême plasticité.

SCHARDT avait évité ce piège, comme nous l'avons montré, et considérait au contraire la mise-en-place des Préalpes comme l'effet d'une *tectonique superficielle en interaction constante avec la sédimentation*. En 1900 (p. 162), il ira jusqu'à répliquer à l'un de ses contradicteurs que si les Préalpes montraient un flanc renversé, il n'aurait jamais conçu l'hypothèse du charriage lointain!

Nous verrons que, plus tard, LUGEON se corrigea lui-même. Il développa alors, sous une forme adaptée au contexte d'une géologie préalpine qui avait fait entre temps de grands progrès, des vues qui marquent à cet égard un retour aux conceptions originelles de SCHARDT (glissement gravitatif, diverticulation, etc.).

Nous croyons qu'il était utile d'insister sur ce problème conceptuel et méthodologique; car nos recherches nous ont convaincu que la notion de chevauchement dérivant d'un pli couché a été pendant 40 ans un «archétype» de la géologie alpine, un modèle inconsciemment sous-jacent et dont les implications, immédiates ou lointaines, conditionnèrent de très nombreux travaux.

Sur d'autres points, en revanche, LUGEON ouvrait de brillantes perspectives. Ainsi, sur le plan régional, LUGEON étendait le domaine d'application de la théorie des nappes à tout l'Helvétique, que SCHARDT n'avait guère touché; et, plus sommairement, aux zones profondes des Simplo-tessinoises (où il découvre en passant la nappe du Monte-Leone, confirmée en 1903 par le percement du tunnel du Simplon), et même à une partie des Alpes orientales. En fait, dans une vision synthétique des Alpes, l'existence de nappes dans certaines parties de la chaîne impliquait logiquement leur existence dans d'autres (c'est ce qu'avaient aussi bien compris certains adversaires des nappes, tel HAUG en 1899, dans un commentaire qui se voulait ironique mais fut involontairement prophétique: si on suivait la théorie de SCHARDT, disait-il, «il ne resterait plus, dans la chaîne des Alpes, que bien peu de parties qui ne seraient pas en recouvrement» ...). L'ampleur de ce champ d'application, qui témoignait d'une érudition pour le moins remarquable chez un jeune homme de 32 ans, compta certainement pour beaucoup dans l'impact du discours de LUGEON.

Or l'extension du système des nappes à tous les secteurs de l'édifice alpin, et surtout au socle gneissique des Alpes penniques, conduisait LUGEON (1902b) à une estimation de la *contraction de la croûte terrestre* bien supérieure à ce qu'on avait jusqu'alors cru possible: «Mesuré sur les Alpes actuelles» (c'est-à-dire, selon l'habitude, dans le référentiel lié au substratum originel des nappes, cf. fig. 1), le chemin parcouru par les nappes préalpines «atteint environ 80 kilomètres, mais si l'on essaye ... de placer côte à côte dans leur position primitive ces masses qui sont actuellement superposées» (c'est-à-dire de mesurer la translation dans le référentiel de l'avant-pays stable), «on arrive à des valeurs dépassant plusieurs centaines de kilomètres». Et pour donner une comparaison, LUGEON affirme qu'on pourrait obtenir une chaîne de la largeur des Alpes «si l'on contractait sur eux-mêmes les territoires

méditerranéens entre Alger et les côtes de France, avec la même intensité que celle qui a présidé à la formation des Alpes». Inutile de souligner la hardiesse de ces vues, qui préfigurent les théories d'ARGAND et WEGENER (IV. E).

Un autre point très important, sur le plan conceptuel, est que LUGEON (1902a) introduisait pour la première fois une *chronologie de la mise-en-place des nappes*, en montrant que le mouvement de l'Ultrahelvétique avait précédé celui de l'Helvétique, dont les plis frontaux pénètrent «comme un coin dans la partie interne des Préalpes» (fig. 4)<sup>6</sup>. En termes modernes, LUGEON montra que les surfaces axiales et de chevauchement d'un groupe de nappes sont déformées par la mise-en-place d'un autre groupe de nappes. La notion de pli complexe résultant de la surimposition de deux phases de déformation était déjà connue (bien qu'encore peu utilisée), du moins dans le cas simple de deux plissements d'axes parallèles (DE MARGERIE & HEIM 1888, p. 61-63). Mais à l'échelle de la tectonique des nappes, ce *passage de la géométrie à la cinématique* était une nouveauté d'une grande importance, dont le principe ne tarda pas à être appliqué avec succès dans d'autres régions.

La date de 1902, qui marque le ralliement massif des géologues alpins à la théorie des nappes, clot la «période héroïque», celle des combattants solitaires de la première heure – BERTRAND, SCHARDT, LUGEON. Désormais, dans les Alpes, on ne discute plus le principe des nappes, on les compte et on cherche leurs racines. La voie était ouverte, une multitude s'y rua. Le modèle entrevu par BERTRAND à Glaris, élaboré par SCHARDT dans les Préalpes, et déjà extrapolé par LUGEON à une grande partie des Alpes, fut aussitôt exporté dans des chaînes de tous les pays et tous les âges.

LUGEON, le premier, donna l'exemple. En 1903, il montra l'existence de nappes charriées du S vers le N dans les Carpathes, qu'il n'avait jamais visitées et ne connaissait que par la littérature. La même année, après une brève excursion, il présenta cette hypothèse au Congrès géologique international de Vienne:

«Lorsque le Congrès géologique se réunit à Vienne, il n'était question, en effet, que du jeune géologue vaudois qui voulait non seulement bouleverser la tectonique de toutes les Alpes et les conformer au modèle effarant qu'il avait proposé pour le Chablais, mais qui prétendait, en outre, étendre ses vues révolutionnaires aux Carpathes qu'il ne connaissait que par la récente description d'UHLIG et la rapide excursion qu'il venait de faire sous la direction du grand professeur viennois. UHLIG, qui plus tard se rallia aux vues de LUGEON, en était très affecté et il comptait, avec tous ses amis, sur HEIM pour réduire à sa juste proportion l'outrecuidance de son jeune adversaire. Aussi la stupéfaction fut-elle à son comble lorsque – après la conférence de LUGEON – HEIM vint confirmer les exemples les plus frappants de cette théorie. Malgré les quelques faits que HEIM réservait encore pour une vérification, son intervention fut pour LUGEON un véritable triomphe» (DE BETHUNE 1955).

Il va de soi que, dans cette course aux nappes, à côté de belles découvertes, des excès furent aussi commis. Trop de gens voulurent en toute hâte prendre le train en marche, et, pour être sûrs d'être dans le vent, publièrent des applications bâclées de la nouvelle théorie (situation qui rappelle la course aux plaques de ces dernières années). On vit des ultra-nappistes décrire des nappes qui n'existaient que dans leur

<sup>6</sup>) Malheureusement, LUGEON généralisa ce résultat à l'ensemble des Préalpes, alors qu'en toute rigueur ses arguments ne concernaient que l'Ultrahelvétique des Préalpes internes. Depuis 1902, tous les auteurs répètent après lui que l'arrivée des Préalpes (sauf le Niesen, démontré plus tardif par BADOUX en 1945) est antérieure à celle des nappes helvétiques. Cette généralisation, acceptée comme un dogme, nous paraît beaucoup plus douteuse.

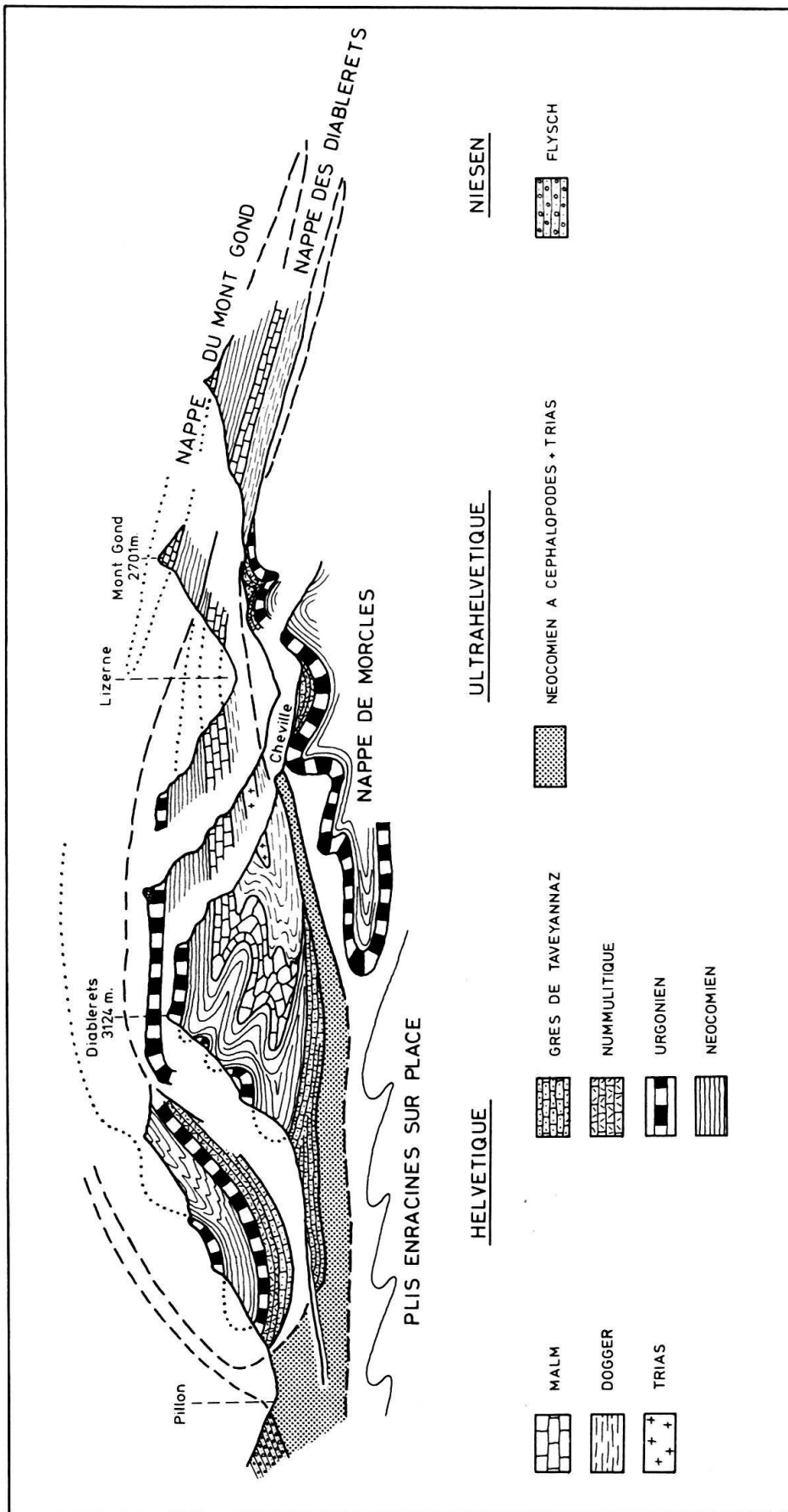


Fig. 4. Coupe tectonique du massif des Diablerets, redessinée d'après LUGEON (1902, fig. 3).

Cette coupe montre la superposition des trois nappes helvétiques de Morcles, des Diablerets, et du Wildhorn (= «du Mont Gond»), le tout recouvrant l'autochtone nordhelvétique (= «plis enracinés sur place»). Le but principal de LUGEON était d'établir que le massif des Diablerets forme une nappe superposée à celle de Morcles (comparer avec la fig. 2 où l'Oldenhorn, sommet voisin des Diablerets, est encore dessiné en place). Mais le point le plus intéressant est que LUGEON montre comment l'Ultraschiste, nappe complexe supérieure aux trois nappes helvétiques et d'origine plus méridionale, s'insinue par la gauche entre les nappes de Morcles et des Diablerets. LUGEON en déduit que la mise-en-place des nappes jumelées Diablerets + Wildhorn est postérieure au recouvrement de l'Helvétique par l'Ultraschiste. LUGEON expliquait ainsi, par la tectonique, l'énigme paléogéographique de l'existence d'une bande de Crétacé à faciès profond («Néocomien à Céphalopodes») comprise entre deux zones de Crétacé néritique (avec Urgonien récifal).

Parmi les retouches qu'il convient d'apporter aujourd'hui à cette coupe, la plus importante est le rattachement à l'Ultraschiste du Trias que LUGEON attribuait à la nappe des Diablerets.



imagination; erreurs qui alimentèrent l'inévitable réaction des anti-nappistes, dont quelques chapelles subsistèrent çà et là jusqu'à nos jours. Mais ces aléas sont presque du ressort de l'anecdote. Grâce aux efforts des pionniers dont nous avons résumé l'œuvre, une manière totalement nouvelle de concevoir la structure et l'histoire des chaînes de montagnes s'était imposée dans les Sciences de la Terre.

#### IV. 1902-1940: l'application de la théorie des nappes et le problème des racines

##### A. Introduction

Pendant que le concept de nappe triomphait dans la plupart des chaînes de montagnes du globe, la géologie des Préalpes entra dans une phase relativement plus calme d'application de la nouvelle théorie. Il s'agissait désormais d'exploiter et de perfectionner un modèle dont le principe n'était plus contesté. Et c'est sans grand bouleversement théorique que s'accumula, pendant 40 ans, une nouvelle masse de données dont nous ne pouvons citer ici que les plus marquantes. Nous insisterons sur la tectonique, mais il ne faut pas oublier que les Préalpes furent aussi le lieu de belles recherches stratigraphiques, parmi lesquelles les plus remarquables sont certainement celles de JEANNET (1912-18) et de PETERHANS (1926).

La première tâche était de compter les nappes, reconnaître leurs limites, et s'assurer de leur ordre de superposition. Mais le problème crucial, pierre de touche de la nouvelle théorie, consistait à découvrir les *racines ou patries* de ces nappes. Il est évident que ce problème ne pouvait pas être résolu à l'intérieur des seules Préalpes, et il mobilisa bien des énergies des Alpes françaises aux Grisons. Inutile d'en souligner les grandes difficultés, déjà relevées par SCHARDT (cf. III. A. 4). Nous ne serons donc pas surpris d'apprendre qu'il ne fut, dans la plupart des cas, pas résolu à la satisfaction générale pendant la période considérée; et pour ne pas en laisser la discussion inachevée, nous anticiperons dans ce chapitre sur la période contemporaine et nous exposerons brièvement les solutions préconisées par les travaux récents.

On peut comparer la recherche des racines d'un ensemble de nappes à la résolution d'un vaste système d'équations. Ce système comporte de très nombreuses inconnues, mais heureusement aussi de très nombreuses relations, les unes de nature géométrique, les autres stratigraphiques, pétrographiques, etc. Or on ne connaît pas de méthode toute faite pour extraire la solution du système extrêmement complexe des équations alpines, et c'est d'ailleurs bien là que réside l'intérêt de cette affaire. Le géologue doit donc procéder par un «tâtonnement synthétique» qui consiste à la fois à éliminer les solutions menant à des contradictions et à rechercher des combinaisons inédites, sans jamais perdre de vue l'ensemble du problème. Cette démarche, typique pour la recherche en rétrodiction dans les très grands systèmes, confère à l'histoire de la géologie alpine un intérêt méthodologique dont la portée scientifique dépasse largement les problèmes de nos montagnes. «*Là où font défaut le souvenir, ou l'intuition qui livre la clé des traces (ces «fossiles») d'un état passé du monde, la rétrodiction devient un art de haute conjecture, impliquant toute la difficulté des «problèmes de probabilité des causes», et requérant toute l'imagination créatrice des constructeurs de théories*» (COSTA DE BEAUREGARD 1963).