Zeitschrift: Mémoires de la Société Vaudoise des Sciences Naturelles

Herausgeber: Société Vaudoise des Sciences Naturelles

Band: 2 (1924-1928)

Heft: 1

Artikel: Description géologique des Préalpes bordières entre Montreux et Semsales

Autor: Gagnebin, Elie

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-248660

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: 11.07.2025

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

Mémoires de la Société Vaudoise des Sciences Naturelles
N° 1. Vol. 2. 1924.

Description géologique des Préalpes bordières entre Montreux et Semsales

PAR
ELIE GAGNEBIN

Communication préliminaire.

INTRODUCTION

« Dans les choses même où il semble que l'on ait séparé l'amour, il s'y trouve secrètement et en cachette, et il n'est pas possible que l'homme puisse vivre un moment sans cela... » B. PASCAL.

La zone des *Préalpes bordières* est une unité géographique et géologique bien définie. C'est le premier chaînon alpin qui s'élève au-dessus du plateau molassique, entre l'Arve et le lac de Thoune. Montagnes peu escarpées, façonnées par la dernière glaciation, couvertes de forêts, elles s'allongent en un chapelet discontinu et légèrement sinueux, comme un feston aux Préalpes romandes. Les collines du Faucigny et la montagne des Voirons, à l'E. de Genève, en sont les représentants français. Au N. du lac Léman, elles constituent les Pléiades, les Corbettes, le Niremont, puis la plaine de Bulle, le Montsalvens, la chaîne de la Berra et celle du Gurnigel [1].

Les terrains de la zone bordière contrastent avec ceux des régions environnantes. Ecailles de calcaires et de schistes mésozoïques pincées entre deux masses de Flysch, leurs affinités stratigraphiques ne vont pas aux chaînes toutes voisines des Préalpes

[1] Géologiquement, cette zone se prolonge vers le N.-E. par une série de masses isolées, supportées par les nappes helvétiques comme la zone de Habkern, ou pincées entre le front de ces nappes qu'elles encapuchonnent, et le soubassement molassique (hypothèse émise par J. Boussac en 1910 (33, page 519) et confirmée par Buxtorf (51).

médianes, mais à la *Zone des cols* ou *Zone interne*, qui s'étend au bord septentrional des Hautes Alpes calcaires.

Dès 1894, H. Schardt montrait la liaison effective, en un même élément tectonique, des Préalpes bordières et de la Zone des Cols (17 et 18). En 1901, M. Lugeon rattachait cet ensemble — on se rappelle en quels termes saisissants — à la plus haute nappe des Alpes helvétiques, la *nappe de la Plaine-Morte* (23, p. 761). Cette dernière unité fait partie d'un complexe bien connu depuis la grande monographie de M. Lugeon (73), et Arnold Heim a donné à ce complexe le nom de *Nappes ultra-helvétiques*, qui désigne donc à la fois les nappes de la Plaine-Morte, du Mont Bonvin, etc., les divers éléments de la zone des Cols, et la zone des Préalpes bordières.

* * *

Le tronçon de la zone bordière dont nous traitons ici, a déjà fait l'objet de nombreuses études ; il convient de rappeller brièvement les principales.

Bernard Studer a, pour la première fois, déterminé l'âge jurassique des calcaires avoisinant Châtel St-Denis et qu'il nommait « Châtelkalk » (1, p. 374). Il connaissait bien notre chaîne, et les coupes qu'il en dessine (2, vol. II, p. 32 et 151) sont justes dans leurs grandes lignes.

Du reste la richesse en fossiles des formations jurassiques et néocomiennes des environs de Châtel St-Denis, et la facilité d'accès du ravin de la Veveyse de Châtel, attiraient les chercheurs : Brunner de Wattenwyl, Ooster, etc. Un paysan de Châtel, J. Cardinaux, fit longtemps commerce de ces pétrifications ; il en pourvut toutes les collections de Suisse et exploita les gisements du *Dat*, des *Crases*, de *Riondonnaire*, pour Favre, pour Schardt, pour Renevier.

En 1870 paraissait la feuille XVII de l'Atlas géologique de la Suisse au 1 : 100 000. E. Favre en avait entièrement levé la région qui nous occupe, et cette carte reste la meilleure que nous ayons, jusqu'ici, de ce territoire.

L'étude remarquable, surtout au point de vue stratigraphique, de V. Gilliéron sur le Montsalvens (40) marque un progrès considérable dans la connaissance géologique de notre chaîne : tous les étages jurassiques et néocomiens y sont déterminés et nettement caractérisés, avec une justesse parfaite.

Ernest Favre poursuivait, pendant ce temps, l'étude minu-

tieuse, paléontologique et stratigraphique, des terrains jurassiques de notre chaîne et il publia la série de monographies bien connues qui nous a été si précieuse (41, 8, 9, 10) ; nous verrons que ses résultats sont entièrement confirmés par nos recherches.

Mais Favre ne put rédiger lui-même le texte explicatif de sa carte géologique. Il en confia le soin à H. SCHARDT, qui connaissait la région dans tous ses détails, et c'est à lui que nous devons la grandiose monographie (11, 1887), où la chaîne bordière, entre autres, est décrite et dessinée comme elle ne l'a plus été depuis.

Les terrains néocomiens, cependant, restaient beaucoup moins connus que les étages jurassiques. C'est CH. SARASIN qui en entreprit l'étude, basée sur une revision des fossiles conservés à foison dans les musées de Genève, Lausanne et Berne. Sarasin put ainsi caractériser paléontologiquement et lithologiquement les divers étages du Crétacé inférieur, et ces résultats lui permirent de préciser le style tectonique de la chaîne (24 et 25).

Dès lors ne parurent que des notes fragmentaires sur la géologie de cette région. Je ne citerai qu'en passant la thèse de M. F. DAMM (29), lequel n'est même pas au courant des travaux de ses devanciers et dont Ch. Sarasin a fait prompte justice (30).

Les études de ARNOLD HEIM sur le Montsalvens [1] lui ont fait reconnaître plusieurs étages crétacés qui n'avaient pas été signalés encore dans la chaîne bordière et que dès lors nous avons pu retrouver entre Montreux et Semsales (54 et 55). C'est à lui aussi que nous devons la mise au point parfaite de la stratigraphie de toute notre zone (37), dans la partie consacrée aux Nappes helvétiques de la monumentale *Geologie der Schweiz* d'ALBERT HEIM.

* * *

Le texte que nous présentons ici n'est qu'une note préliminaire.

Depuis le printemps 1913, nous avons poursuivi l'étude de tout le massif préalpin entre Montreux et le Moléson, avec la région molassique du Mont Pélerin, pour en dresser la carte géologique au 1 : 25 000. Cette carte, la Commission géologique suisse, dans sa séance du 12 février 1921, a bien voulu accepter de la publier. Elle est actuellement à l'impression.

Nous avons commencé la rédaction d'un texte explicatif détaillé de cette carte, laquelle s'étend sur la région frontale des

[1] Il est regrettable que M. Heim ait cru devoir changer le nom de Montsalvens, rendu classique par les travaux de Gilliéron, et si couramment employé depuis, en celui de Mont Bifé — ce qui ne convient pas.

Préalpes médianes, sur la chaîne des Préalpes bordières et sur la molasse subalpine. Mais la lenteur même de cette rédaction ne nous permet pas d'espérer que ce mémoire soit prêt avant quelques années.

Or, la zone si compliquée des Préalpes bordières est actuellement, dans toute la Suisse, l'objet d'études détaillées. Il nous a paru que les résultats de nos recherches sur ce sujet spécial pourraient être, maintenant, de quelque utilité, et qu'en différer la publication risquerait d'en amoindrir l'intérêt. Car les difficultés auxquelles nous nous sommes heurté, d'autres géologues, en ce moment, sont aux prises avec elles ; et il peut n'être pas indifférent pour eux de savoir ce qui nous a poussé à les résoudre d'une façon plutôt que d'une autre dans la région des Pléiades et du Niremont.

Nous avons donc entrepris la publication de ce travail, qui sans entrer dans les détails, sans discuter chaque coupe, expose cependant les traits principaux de la stratigraphie et de la tectonique de cette chaîne bordière.

Je tiens à exprimer ici ma vive reconnaissance aux savants qui m'ont aidé dans ces recherches.

D'abord à mon maître, M. le professeur M. Lugeon. C'est lui qui m'a engagé à entreprendre cette étude, et c'est grâce à lui que j'ai pu jusqu'ici la poursuivre. Constamment, il m'a soutenu ; maintes fois tiré d'embarras ; et ses encouragements, la bonté qu'il m'a toujours témoignée, ont été pour beaucoup dans la joie que j'ai prise à mon travail.

M. le professeur W. Kilian, de Grenoble, m'a accueilli avec la plus grande amabilité dans son laboratoire, où son aide m'a été extrêmement précieuse, ainsi que celle de MM. Lory et Fallot, pour la détermination de mes faunes néocomiennes.

A la Sorbonne, M. le professeur E. Haug s'est montré à mon égard d'une bonté pleine de sollicitude et le semestre que j'ai passé auprès de lui me laisse un souvenir inoubliable.

M. A. Jeannet, de l'Université de Neuchâtel, m'a accompagné plusieurs fois sur le terrain, et m'a préservé de bien des erreurs. M. Arnold Heim a suivi mes tâtonnements avec un intérêt bien précieux pour moi ; ses conseils, ses découvertes dans le massif du Montsalvens, m'ont beaucoup facilité la tâche.

Les conversations que j'ai pu avoir avec M. le professeur H. Schardt, de Zurich, m'ont fort encouragé et stimulé, et je n'ai jamais oublié ce que je devais à la splendide monographie qu'il a publiée, en 1887, sur la région que j'étudie.

M. le professeur ALBERT HEIM m'a donné aussi les plus précieux encouragements ; sous sa présidence, la Commission géologique suisse a bien voulu assumer la lourde charge financière que représente l'impression de notre carte géologique, et m'admettre au nombre de ses collaborateurs. J'en éprouve une profonde gratitude.

J'adresse aussi mes vifs remerciements à l'Université de Lausanne qui, par l'entremise de la Faculté des Sciences, m'a fait bénéficier à plusieurs reprises des intérêts du *Fonds Renevier*.

Enfin ma reconnaissance va à tous mes amis et camarades du laboratoire de Lausanne, qui m'ont depuis dix ans aidé de leurs conseils et maintenu dans la plus joyeuse émulation, MM. les professeurs OULIANOFF et DÉVERIN et M. F. BARTHOLMÈS, M. H. LADOR, préparateur, F. RABOWSKI, L. HORWITZ, F. DE LOYS, G. HENNY, D. TRUMPY, B. SWIDERSKI, TUTEIN NOLTHENIUS, E. POLDINI, C. SECRÉTAN, W. BRUDERER, E. PETERHANS, E. BONNARD, et combien d'autres.

* * *

Il n'est pas inutile de déclarer, en commençant, que sauf avis contraire formellement exprimé, les noms d'étages stratigraphiques sont employés ici dans le sens et sous la définition qu'en a donnés E. HAUG dans son *Traité de Géologie* (70).

PREMIÈRE PARTIE — STRATIGRAPHIE

A. TERRAINS JURASSIQUES

A la suite des études paléontologiques minutieuses de E. Favre (41, 8, 9, 10), sur les terrains jurassiques de la zone bordière des Préalpes, Favre et Schardt, dans leur monographie (11, p. 127 sqq.), y distinguent les niveaux suivants :

Couche tithonique Calcaire à Ammonites acanthicus	Portlandien - Séquanien
Calcaire grumeleux gris Calcaire à ciment	Oxfordien

Sous le nom d'Oxfordien, ces auteurs désignent les trois zones paléontologiques à *Ammonites cordatus, transversarius, bimammatus.* Les deux dernières paraissent à E. Favre se confondre.

Nos recherches confirment la justesse de cette division en quatre niveaux, bien distincts lithologiquement et paléontologiquement ; la délimitation qu'établit Gilliéron (40) d'un niveau de « Calcaires schisteux » au-dessus du « Calcaire concrétionné » (Calcaire grumeleux), nous paraît ici impraticable.

Mais alors que le Calcaire à ciment semblait à Favre et Schardt l'étage le plus ancien de la zone bordière, nous y avons trouvé, A. Jeannet et moi, la formation certainement inférieure des « Schistes à nodules » que Gilliéron décrit au pied du Montsalvens.

Nous distinguons donc, dans nos terrains jurassiques, les étages suivants :

Portlandien	Z. à Beriasella privasensis Perisphinctes contiguus Oppelia lithographica	Calc. tithoniques clairs, massifs, noduleux ou conglomératiques. 4-5^{m}.
Kimeridgien	Aulacostephanus pseudomutabilis Streblites tenuilobatus	Calc. bien lités, à *Aspid. acanthicum* Jusqu'à 150 m.
Sequanien	Perisphinctes Achilles Peltoceras bicristatum	Calc. grumeleux gris 5^{m}. Calc. compacts clairs, 5^{m}.
Argovien	Peltoceras transversarium	Calc. et schistes grumeleux, 5 m. Calc. à ciment 25 m.

OXFORDIEN	Cardioceras cordatum	Schistes noirs à rognons ferrugineux ?

I. **Etage oxfordien** (« schistes à nodules » de Gilliéron).

Aucun étage plus ancien n'est représenté dans notre secteur des Préalpes bordières. Il n'en est pas de même, on le sait, plus à l'Est, où Gilliéron a décrit, dans la région de Bulle, des calcaires gréseux et des schistes bajociens, à *Stepheoceras Humphriesianum* et les « couches de Klaus » bathoniennes, à *Lytoceras tripartitum* et *Perisphinctes procerus.*

L'Oxfordien se présente chez nous sous le même faciès exactement que dans la région de Bulle-Broc. Ce sont des schistes marneux noirs, micacés, à nodules ferrugineux. Les schistes sont généralement menus et fins à la surface de l'affleurement ; en creusant un peu, on découvre de grosses lamelles de marne sableuse, micacée, noire, mate, avec des reflets rougeâtres. Des bancs de calcaire sombre, marneux, s'y intercalent ; rares à la partie inférieure, ils deviennent de plus en plus fréquents dans le haut, et l'on passe insensiblement à l'Argovien, où les calcaires l'emportent sur les schistes devenus plus clairs.

Dans la région de Bulle-Broc, les fossiles cités par Gilliéron établissent que ces « schistes à nodules » comprennent les étages Callovien et Oxfordien *(Phylloceras Kunthi, Hecticoceras lunula, Cardioceras cordatum, Peltoceras arduennense).*

Ici, les fossiles que nous avons recueillis, en partie avec M. A. Jeannet, sont trop rares et trop mal conservés pour que nous puissions rien affirmer à cet égard. La seule ammonite parfaitement caractéristique que nous ayons est le *Peltoceras arduennense,* d'Orb., qui détermine la zone à Cardioceras cordatum.

Nous ne pouvons pas non plus apprécier ici l'épaisseur de cette formation, qui toujours chevauche sur des terrains plus récents, écrasée en général par la masse calcaire du Malm.

Dans le chaînon des *Pléiades,* l'Oxfordien affleure en quelques points à la base de la grande paroi de Malm.

Dans la *Veveyse de Feygire,* il forme une petite écaille indépendante, de 5 à 10 m. d'épaisseur, pincée dans le Flysch, à 75 m. en amont du pont de Feygire.

On le retrouve en beaux affleurements à la base de la paroi de Malm qui fait suite à celle des Pléiades et se continue vers Chaussin.

Sous la grande masse kiméridgienne de la Briaz, il apparaît

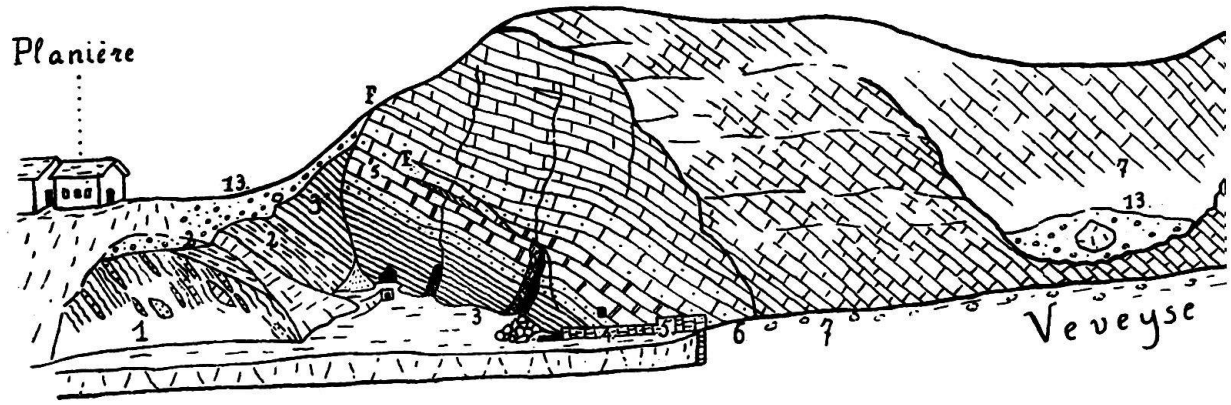


FIG. 1. — *La série jurassique de la Vev*
1. Wildflysch. — 2. Oxfordien. — 3. Argovien. — 4. Niveau grumeleux au sommet de l'Argov
8. Tithonique. — 9. Conglomérat de base du Berriasien. — 10. Berriasien. — 11. Zone à

dans le versant droit de la vallée, à l'altitude de 870-900 m. environ.

Sur le flanc des *Corbettes*, il pointe à peine sur le chemin qui descend de Chaussin vers Fruence.

Dans la vallée de la *Veveyse de Châtel*, la partie supérieure de l'Oxfordien forme la base de la grande carrière de Planière ; c'est là qu'on peut observer son passage à l'Argovien.

Mais il est surtout bien développé dans un petit torrent qui rejoint, plus en amont, la Veveyse : dans le *ruisseau des Eterpis*. L'Oxfordien constitue là une lame indépendante, superposée directement au Barrémien de l'écaille principale, et recouverte d'une mince bande de Flysch. Elle mesure une trentaine de mètres d'épaisseur. C'est de tous nos affleurements le plus typique, celui qui nous a fourni le plus de fossiles.

On retrouve enfin l'Oxfordien, en masses épaisses d'une quarantaine de mètres, au-dessous de la carrière jurassique de *Praz de la Chaux*.

Nous avons recueilli dans l'Oxfordien les fossiles suivants :

Veveyse de Feygire, à la base de la première écaille de Malm :

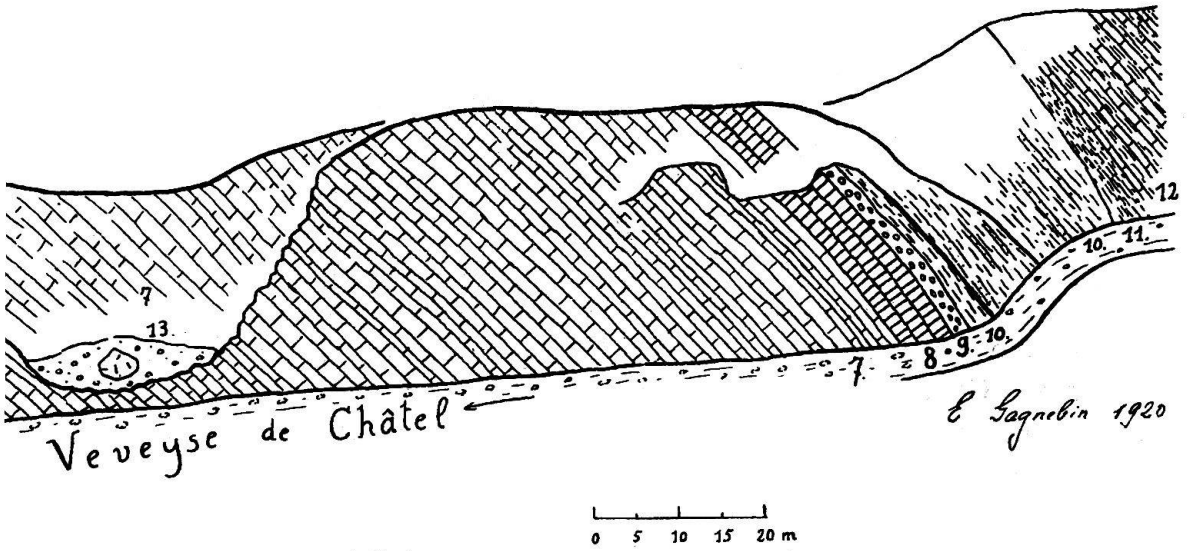
Peltoceras arduennense d'Orb.

Perisphinctes bernensis (?) de Lor.

Oppelia Sp. ind.

Carrière de calcaire à ciment, sous Planière, près Châtel-St-Denis :

Perisphinctes bifurcatus Quenst. in Siemiradzki.



e jurassique de la Veveyse de Châtel.

u sommet de l'Argovien. — 5. Séquanien inf. — 6. Séquanien sup. — 7. Kimeridgien. — iasien. — 11. Zone à *Duvalia lata*. — 12. Valanginien. — 13. Glaciaire. — F: Failles.

Perisphinctes Grossouvrei Siem.
Aptychus sparsilamellosus Gümb.

Ruisseau des Eterpis :
Phylloceras antecedans Pomp.
Perisphinctes bernensis de Lor.
Perisphinctes Pralairei E. Favre.
Perisphinctes Jeremijevi (?) Nikitin.
Taramelliceras Richei de Lor.
Hecticoceras sp. ?
Aptychus laticostatus Gümb.
Pseudomelania ?

Route de Maudens, sur Châtel-St-Denis :
Phylloceras Saxonicum Neum.
Phylloceras mediterraneum, Neum.

Praz de la Chaux :
Phylloceras Zignodianum d'Orb. (= *P. mediterraneum* Neum.?)

II. **Etage argovien** (calcaire à ciment).

Le calcaire à ciment, connu depuis fort longtemps par les travaux de E. Favre, est formé d'une alternance régulière de calcaires et de marnes, où les calcaires prédominent légèrement. C'est un calcaire compact, marneux, onctueux, à cassure conchoïdale. D'un gris bleuté, foncé, à la cassure, ces bancs prennent à l'altération une teinte jaune ocre qui passe par taches à l'orangé et au rouge ferrugineux. Ils ont 25-50 cm. d'épaisseur. Les marnes, schisteuses, sont

d'un gris bleu plus sombre, moins foncées que les schistes oxfordiens, et présentent à la surface une nuance encore plus claire. Elles atteignent rarement 25 cm. d'épaisseur. Vers le haut, ces schistes se chargent de petits grumeaux calcaires.

Les fossiles sont abondants du haut en bas de l'étage, surtout à sa partie supérieure, où les marnes sont grumeleuses ; mais leur conservation est souvent très mauvaise. L'âge de ce calcaire à ciment, que Favre et Gilliéron trouvaient difficile à préciser, est nettement défini par la trouvaille de *Peltoceras transversarium* Quenst., de *Ochetoceras Eucharis* d'Orb., etc.

Le passage de l'Oxfordien à l'Argovien est graduel, mais non pas insensible. Assez subitement, les bancs calcaires perdus dans la masse des schistes oxfordiens, prennent dans l'Argovien la plus grande place, tandis que la texture de chaque élément reste à peu près la même.

L'Argovien a environ 30 m. d'épaisseur ; c'est dans les cinq ou six mètres supérieurs que les marnes deviennent grumeleuses ; il n'y a plus alors de couches schisteuses, mais une alternance de calcaire compact, jaune à la surface, et de bancs grumeleux gris, marneux et tendres, très fossilifères ; le passage est assez brusque au calcaire séquanien.

C'est dans la carrière de ciment hydraulique, sous *Planière*, à 1 km. environ à l'Est de Châtel-St-Denis, sur la rive droite de la Veveyse, que l'Argovien est le mieux représenté (Voir fig. 1). Favre et Schardt ont donné de cet affleurement classique un fort bon dessin (11, Pl. II. fig. 5). C'est le seul gisement qui fût signalé jusqu'ici dans notre chaîne.

On retrouve pourtant le calcaire à ciment en divers points, mais, il est vrai, fort mal représenté. Il affleure par places au-dessous de la paroi kiméridgienne des *Pléiades*. Il est complètement écrasé dans le ravin de la Veveyse de Feygire, mais reparaît sur son versant droit, au-dessous du Malm de la *Briaz*.

Dans la Veveyse de Châtel, l'Argovien pointe en aval de la carrière de Planière dans la petite colline du *Daly* et reparaît à 800 m. en amont de cette carrière, accolé au Malm de la *première écaille du Rothsé*. Bien qu'il soit là très écrasé, il m'a fourni un assez grand nombre de fossiles. L'escarpement de la dernière écaille de Malm du Rothsé, vers l'Est, comprime ses couches repliées.

Plus au Nord, l'Argovien ne se voit plus qu'à la base de la carrière de *Praz de la Chaux*.

L'Argovien est très riche en fossiles à la carrière de *Planière*. Nous citerons :

Sphenodus longidens Ag.
Phylloceras mediterraneum Neum.
Sowerbyceras tortisulcatum d'Orb., *S. protortisulcatum* Pomp.
Lytoceras Orsinii Gemm. (très abondant).

Perisphinctes innombrables : *P. Martelli* Oppel (= P. *variocostatus* Buckland), *P. falculae* Ronchadzé (= *P. Martelli* pro parte ?). *P. Delgadoi* Choffat, *P. plicatilis* Sow. in Siemiradzki, *P. Orbignyi* de Lor. *P. Kiliani* de Riaz, *P. Choffati* de Riaz, *P. Birmensdorfensis* Moesch, *P. cristatus* von Kleb., *P. colubrinus* Rein. (in Quenst.), *P. bifurcatus* Quenst. em. Siem. *P. Pralairei*, Favre, *P. Navillei* Favre, *P. Lucingensis* Favre, *P. convolutus* Quenst., (in de Riaz), *P. Berlieri* de Lor., *P. Elisabethae* de Riaz, etc.

Simoceras Doublieri d'Orb.

Peltoceras transversarium Quenst., *P. berrense* Favre.

Aspidoceras Oegir ? Opp.

Cardioceras alternans de Buch, cf. var. *transversa* Quenst.

Ochetoceras Eucharis d'Orb.

Aptychus punctatus, Voltz. *A. sparsilamellosus* Gümb., etc.

Rhynchoteuthis Brunneri Oost.

Belemnopsis hastatus Blainv., *B. redivivus* May., *B. Montsalvensis* Gill., *B. Mulleri* Gill., *B. Didayanus* d'Orb., *B. Dionysii* Favre, *B. Neyrivensis* Favre, *B. Voironensis*, Favre.

Belemnites ? *Lorioli* Oost.

Pecten Pilatensis Favre, *P. demissus* Beane.

Inoceramus Oosteri ? Favre.

Rhynchonella fastigata Gill., *Rh. Montsalvensis*, Gill., et var. *Heimi* Haas.

Terebratula Bieskidensis Zeuschn, *T.* cf. *rupicola* Zittel.

Collyrites Friburgensis Oost., *C. Voltzi* Ag.

Phyllocrinus Sabaudianus Pict., *Ph. Cardinuxi* Oost.

Eugeniacrinus nutans Gdf.

Hemicidaris sp. (radioles).

Au Daly, Veveyse de Châtel, nous avons recueilli :

Phylloceras mediterraneum Neum.
Sowerbyceras protortisulcatum Pomp.
Perisphinctes Lucingensis, Favre.
Rhynchonella Montsalvensis Gill. var. *Heimi* Haas.

Première écaille du Rothsé, Veveyse de Châtel :
Phylloceras Manfredi Opp.
Sowerbyceras tortisulcatum d'Orb., *S. protortisulcatum* Pomp.
Perisphinctes Lucingensis Favre, *P. virgulatus* Quenst., *P. Thurmanni* de Lor., *P. Richei* de Riaz.
Taramelliceras Bachianum Opp., *T. Kobyi* Choffat, *T.* sp. ? gr. *flexuosum*.
Aptychus punctatus Voltz., *A. sparsilamellosus* Gümb.
Amusium sp.
Collyrites Friburgensis Oost.

Ecaille supérieure du Rothsé :
Ochetoceras Eucharis d'Orb.

III. **Etage séquanien** [1] (calcaire grumeleux gris).

Le Séquanien n'est pas entièrement formé de calcaire grumeleux. Dans le haut de la *carrière de Planière*, il est constitué comme suit :

1. — Zone de calcaires compacts, à la base, de 4 à 5 m. d'épaisseur.

Assez brusquement, les couches de marnes grumeleuses, qui formaient le niveau supérieur de l'Argovien, disparaissent. Mais les bancs calcaires de la base du Séquanien restent joints par de minces délits grumeleux, aussi durs presque que les calcaires. Ce qui donne à la surface des bancs un relief accentué, comme s'ils étaient eux-mêmes grumeleux. Le calcaire est plus dur que celui de l'Argovien, moins marneux, à cassure plus esquilleuse, d'un gris déjà plus blanchâtre. Ces bancs, de 15 à 25 cm. d'épaisseur, dominent actuellement la grande niche d'exploitation de la carrière, dont ils forment aussi le fond ; ils surplombent, plus loin, le niveau grumeleux du calcaire à ciment (Fig. 1).

Dans ces couches, les *Peltoceras bicristatum* Rasp. ne sont pas rares, ce qui détermine la position de cette zone.

2. — Alternance irrégulière de calcaires compacts et grumeleux. Epaisseur environ 5 m.

Sous Planière, ces couches sont accessibles à la vanne qui ferme le canal de prise d'eau. Elles m'ont fourni là des Perisphinctes polyfurqués, bien caractéristiques de la zone à Perisphinctes Achilles (Lusitanien supérieur).

[1] Nous désignons par ce terme les deux zones à Peltoceras bicristatum et à Perisphinctes Achilles.

Les calcaires de ce niveau sont plus compacts encore, plus durs, de teinte plus blanchâtre que ceux de la zone inférieure. Ils ont tout à fait le « faciès Malm ». Dans les couches grumeleuses, les nodules sont bien individualisés, serrés les uns contre les autres, mais entourés d'une gaîne plus marneuse. Ils sont ovoïdes, de forme irrégulière, de taille et de dureté plus grandes que ceux de l'Argovien supérieur. Les bancs de cette zone sont généralement bien lités, en couches de 5 à 15 cm. ; mais ils peuvent s'accoler en assises plus épaisses, de 40 à 50 cm., par places indivisibles et homogènes.

Ces « calcaires grumeleux gris », du Séquanien supérieur, n'ont donc de commun que la texture avec les couches grumeleuses rouges ou grises des Préalpes médianes, d'âge Oxfordien supérieur et Argovien, que Favre avait en partie confondues avec les nôtres et qui leur ressemblent.

La carrière de Planière est l'endroit où le Séquanien est le mieux visible, le plus distinct. (Fig. 1.)

Ailleurs, cette partie inférieure du Malm est presque toujours cachée par les éboulis du Kimeridgien. On retrouve pourtant le Séquanien, vers le N., à la base de la carrière de *Praz de la Chaux*, dans le torrent de *Chaudereire*, au pied de la cascade du *Dat*. Vers le Sud, il n'apparaît dans la Veveyse de Feygire que sur les versants peu accessibles ; sur le flanc des *Pléiades*, il n'est visible, à la base de la grande paroi de Malm, que dans le torrent qui descend de Cytes.

Les fossiles du Séquanien, assez abondants, sont presque toujours mal conservés. Nous avons pu déterminer :

Sous Planière (carrière de calcaire à ciment et ses abords) :

Z. à Pelt. bicristatum :

Peltoceras bicristatum Rasp. (= *P. bimammatum* Quenst. in Favre).

Perisphinctes Tiziani Opp.

Collyrites Friburgensis Oost.

Z. à Perisph. Achilles :

Sowerbyceras Loryi Mun. Chalm.

Perisphinctes discobolus Font., *P. promiscuus* ? Buk.

Aptychus latus Park.

Rhynchonella Goldfussi Kil.

Carrière de Praz de la Chaux :

Z. à Pelt. bicristatum :

Sowerbyceras tortisulcatum d'Orb., *S. Loryi* Mun. Chalm.

Perisphinctes colubrinus Rein. (in Quenst.), *P. Navillei* Favre, *P. stenocycloides* Siem., *P. Regalmicensis* Gemm.

Taramelliceras Hauffianum (?) Opp.

Z. à Perisph. Achilles :

Phylloceras isotypum Ben.

Perisphinctes virgulatus Quenst., *P. Lothari* Opp., *P. discobolus* Font.

Aspidoceras aff. *acanthicum* Opp.,

(Canavari : Strat. Con Aspid. Acanth., Pl. XXXII, fig. 6).

Torrent de la Chaudereire, Niremont :

Perisphinctes Navillei ? Favre.

Torrent au Sud des Biolettes, Niremont :

Perisphinctes lictor Font.

IV. **Etage kimeridgien** (couches à Aspidoceras acanthicum).

La masse la plus importante du Malm est constituée par les calcaires kimeridgiens, qui atteignent 120 à 130 m. d'épaisseur dans la Veveyse de Châtel. Ce sont des calcaires compacts, finement lités, à surface mamelonnée, à cassure brun foncé, à odeur forte, souvent chargés de rognons siliceux. Mais ces lits calcaires, de 3 à 10 cm. d'épaisseur ordinairement, et bien distincts, peuvent s'accoler en bancs plus épais, de 50 à 60 cm.,; ils sont alors souvent séparés par des délits marneux, sans qu'on puisse assigner à cette formation un niveau stratigraphique défini.

Le Séquanien passe graduellement au Kimeridgien, dont la limite avec le Tithonique n'est pas non plus partout très nette. A la base, les calcaires kiméridgiens ont encore une teinte claire à la cassure, qu'ils reprennent à leur partie supérieure. Les rognons siliceux peuvent manquer sur de grandes épaisseurs.

Les fossiles, assez abondants, sont souvent mal conservés, et très difficiles à extraire de la roche.

Le Kimeridgien est très répandu dans les Préalpes bordières, où il détermine de fortes parois visibles de loin. Il forme en général la base de chaque écaille ; grâce à sa faible plasticité, il est souvent écrasé en profondeur avant les terrains crétacés, et de même, en surface, ses grandes murailles sont toujours discontinues. On trouve aussi souvent le Kimeridgien en lentilles dans le Flysch, soit dans le Wildflysch de la base de la chaîne, soit dans la grande masse nummulitique recouvrant les écailles mésozoïques.

Voici les espèces que nous avons pu déterminer, des divers gisements des calcaires kimeridgiens :

Phylloceras Manfredi Opp., *P. isotypum* Ben., *P. Silesiacum* Opp.

Perisphinctes plicatilis Sow., *P. Agrigentinus* Favre, *P. Heimi* Favre, *P. Ernesti* Favre, *P. Basilicae* Favre, *P. Crussolensis* Font., *P. Garnieri* Font., *P. Malletianus* Font., *P. acer* Neum., *P. plebejus* Neum., *P. metamorphus* Neum., *P. Danubiensis* Schlosser, *P. Pasinii* Gemm., *P. cameratus* Toula.

Simoceras Doublieri d'Orb.

Aspidoceras acanthicum Opp., *A. acanthomphalotum* Zittel, *A. Wolfi* Neum., *A. contemporaneum* Favre, *A. Caletanum* Opp., *A. longispinum* Sow., *A. circumspinosum* Quenst, *A. subnodiferum* Canav., *A. microplum* ? Opp. *A. Rupellense* d'Orb.

Spiticeras stephanoïdes Opp.

Taramelliceras pseudo-flexuosum Favre, *T. trachynotum* Opp. *T. Holbeini* Opp., *T. compsum* ? Opp.

Ochetoceras arolicum ? Opp.

Lissoceras cf. subelimatum Font.

Aptychus latus Park., *A. sparsilamellosus* Gümb., *A. punctatus* Voltz.

Rhynchoteuthis Brunneri Oost, *R. Fischeri* Oost.

Belemnopsis semisulcatus Munst., *B. Argoviensis* May., *A. astartinus* Etallon, *B. Mulleri* Gill., *B. Voironensis* Favre.

Inoceramus Oosteri Favre.

Ostrea cotyledon ? Contejean.

Pecten Pilatensis Favre.

Modiola bipartita ? Gdf.

Nerinea sp.

Terebratula Bouei Zeuschn., *T. Carpathica* Zitt.

Rhynchonella Montsalvensis Gill., *Rh. capillata* Zitt., *Rh. fastigata* Gill.

Collyrites Friburgensis Oost., *C. Voltzi* Ag.

V. **Etage portlandien** (calcaire tithonique).

Le passage du Kimeridgien au Tithonique s'observe aisément dans le ravin de la Veveyse de Châtel, sur la rive gauche de la rivière, à l'extrémité de la seconde petite gorge déterminée par le Malm. Le niveau même de l'eau n'est accessible qu'en temps de sécheresse. Mais au-dessus de la gorge se trouve une petite carrière aban-

donnée ; c'est le gisement tithonique de *Riondanaire* d'Ernest Favre [1].

Les lits calcaires du Kimeridgien, de 5 à 15 cm. d'épaisseur, foncés à la cassure, s'accolent en un banc plus gros qui atteint 1 m. La couche suivante, épaisse de 1 m. 20, a déjà une teinte claire, par places rosée. La roche en même temps est devenue noduleuse : des masses blanchâtres, arrondies, parfois grosses comme le poing, sont englobées dans une pâte de texture semblable, mais plus grise. Les bancs sont couverts d'aptychus et de bélemnites. La dernière assise, haute de 2 m. 50 environ, se dresse en mur, surmontée immédiatement par le conglomérat de base du Berriasien. Le Tithonique a environ 4 à 5 m. d'épaisseur.

Au *Dat*, le Tithonique forme la partie supérieure de la grande cascade ; puis une flexure le fait reparaître un peu plus haut, sur la rive gauche. Ici aussi, le passage est net entre le Kimeridgien et le Portlandien, dont la partie supérieure est un véritable conglomérat de cailloux roulés où l'on trouve des débris de fossiles.

Dans le couloir des *Chevalleyres*, qui descend du sommet des Pléiades, le Tithonique se présente aussi sous forme de gros bancs calcaires clairs, noduleux, passant vers le bas au Kimeridgien, et surmontés par les marnes berriasiennes.

Ce sont là les trois meilleurs coupes que l'on puisse observer de ce terrain.

Dans le haut de la paroi de Malm de la *Briaz*, sur le versant droit de la Veveyse de Feygire, le Tithonique est aussi bien développé.

Les quatre gisements cités ci-dessus ont été tellement exploités par E. Favre et ses chercheurs de fossiles, que les restes organiques y sont devenus fort rares. Nous n'avons pu y récolter que des débris assez médiocres.

La liste ci-dessous comprend, outre ceux que nous avons recueillis, les fossiles du Musée de Lausanne dont l'indication de gisement s'est trouvée précise, et que nous avons soigneusement revus :

Pléiades, Couloir des Chevalleyres :
Phylloceras ptychoïcum Quenst.
Aptychus latus Park, *A. obliquus* Quenst., *A. punctatus*, Voltz.
Belemnopsis semisulcatus Münst.

[1] Différent du gisement *kimeridgien* de Riondanaire, lequel se trouve à Pertat, sur la rive droite du ruisseau de Praz Gremy. C'est alors la carrière qui fut exploitée pour construire l'église de Châtel-St-Denis (voir 10, p. 6 note 1, et 11, p. 290 et 291).

Sous la Briaz, versant droit du ravin de la Veveyse de Feygire :

Phylloceras ptychoïcum, Quenst., *P. Silesiacum* Opp.
Berriasella Calisto d'Orb., *B. privasensis* Pict.
Lissoceras tithonium ? Opp.
Aptychus punctatus Voltz., *A. Beyrichi* Opp.
Belemnopsis semisulcatus Munst., *Bel.* ? *Datensis* Favre.
Duvalia ensifera ? Opp., *D. Zeuschneri* Opp.
Pygope janitor Pict.
Terebratula Bilimeki Suess.
Hinniphora globularis Suess.
Metaporhinus convexus Cat.

Veveyse de Châtel :

Phylloceras Silesiacum ? Opp.
Lytoceras Liebigi Opp.
Perisphinctes transitorius Opp., *P. Lorioli* Zitt.
Berriasella Calisto d'Orb.
Spiticeras pronum Opp.
Aptychus punctatus Voltz., *A. sparsilamellosus* Gümb., *A. Beyrichi* Opp., *A. latus* Park.,
Belemnopsis semisulcatus Münst., *Bel.* ? *Datensis* Favre.
Duvalia conophora Opp., *D. ensifera* Opp., *D. Zeuschneri* Opp.
Neaerea Pichleri Zitt.
Pygope janitor Pict.
Terebratula Bouei Zeuschn., *T. Bieskidensis* Zeuschn.
Hinniphora globularis Suess.
Rhynchonella capillata Zitt., *Rh. Hoheneggeri* Suess.
Metaporhinus convexus, Cat.

Cascade du Dat :

Lepidotus maximus Wagner.
Phylloceras ptychoïcum Quenst.
Lytoceras sutile Opp.
Perisphinctes Lorioli Zitt., *P. Richteri* Opp., *P. transitorius* Opp., *P. eudichotomus* Zitt., *P. geron* Zitt.
Forme de passage entre *Perisphinctes* et *Spiticeras*.
Spiticeras pronum Opp.
Berriasella Calisto d'Orb., *B. privasensis* Pict.
Lissoceras elimatum Opp., *L. carachteis* Zeuschn.
Aptychus latus Park., *A. obliquus* Quenst., *A. punctatus* Voltz., *A. Beyrichi* Opp.,

Belemnopsis ? *Datensis* Favre, *B. Pilleti* Pict.,
Duvalia strangulata Opp., *D. Zeuschneri* Opp.
Anisocardia isocardina de Lor.
Pygope janitor Pict., P. *diphya* Colon.
Terebratula simplicissima Zeuschn.
Rhynchonella capillata Zitt., *Rh. spoliata* Suess.
Metaporhinus convexus Cat.
Collyrites Friburgensis Oost.

B. TERRAINS CRÉTACÉS

Tandis que les étages jurassiques étaient pour Ernest Favre l'objet d'études détaillées, les terrains crétacés de notre région ont été longtemps mal connus. C'est ainsi que dans la monographie de Favre et Schardt (11), la grande masse des calcaires et schistes néocomiens n'est pas encore subdivisée. GILLIÉRON, cependant, dans le massif voisin du Montsalvens, avait distingué déjà (40, 1873) jusqu'à six niveaux dans le Néocomien. C'est SARASIN, en 1901, (24 et 25) qui entreprit l'étude de notre Crétacé inférieur, et y définit quatre étages, le Berriasien, le Valangien, l'Hauterivien, le Barrémien. Mais il n'était pas question, dans son beau travail, du Crétacé moyen ni du Crétacé supérieur, dont l'existence dans notre chaîne était même niée.

ARNOLD HEIM, récemment, a pu préciser la stratigraphie du Crétacé moyen et supérieur dans le massif du Montsalvens (54, 55, 37), et notre tâche s'en trouve grandement facilitée.

Les étages néocomiens proprement dits, jusqu'au Barrémien, font suite de la façon la plus normale, dans toute notre chaîne, aux terrains jurassiques. Ils sont généralement recouverts en transgression par le Flysch. L'Aptien et l'Albien sont localisés soit dans la partie méridionale des Pléiades et dans la région de Charnex, soit, au N., dans les écailles inférieures de la zone bordière. Ils succèdent régulièrement au Barrémien.

Le Turonien, au contraire, ne se trouve jamais en série normale entre le Néocomien et le Nummulitique. On ne le rencontre qu'en lentilles, parfois très grandes, pincées dans le Wildflysch qui forme la base de la zone.

Le Sénonien, enfin, n'affleure qu'en un seul point, sans relations nettes, mais il semble être entre le Barrémien et le Nummulitique.

I. BERRIASIEN.

La limite est partout nettement tranchée entre le Tithonique et le Crétacé inférieur. Subitement, la sédimentation devient détritique. Il dut même y avoir émersion momentanée, car en plusieurs points, ainsi que l'indique Sarasin, le Berriasien commence par un conglomérat de base.

Tel est le cas notamment dans le ravin de la Veveyse de Châtel, où la superposition est bien claire sur la rive gauche. Le conglomérat est formé de cailloux roulés de Kimeridgien et de Tithonique, avec fossiles portlandiens remaniés *(Berriasella calisto, B. privasensis*, etc.). Ces éléments sont enrobés dans une marne calcaire grenue, d'un bleu grisâtre, dont l'aspect diffère manifestement de tous les sédiments jurassiques. On sait que ce conglomérat, ailleurs, par exemple à la Lenk, peut contenir des blocs de 2 m. de diamètre (Arn. Heim, 53).

Au-dessus de la cascade du Dat, le conglomérat signalé par Sarasin appartient encore au Tithonique ; on le voit en effet passer latéralement au calcaire compact rosé qui caractérise cet étage.

La masse principale du Berriasien est formée de marnes grises grenues, grossièrement schisteuses, où s'intercalent, sans régularité, des bancs calcaires. Presque partout, ces marnes sont chargées de granulations noires, très dures, bien caractéristiques, qui peuvent atteindre la taille d'une noisette. Ce sont (on le voit au microscope) des concrétions siliceuses autour d'un débris, organique ou non ; souvent la coquille d'un petit gastéropode apparaît au centre. Certains bancs, vers le haut de l'étage, sont formés presque uniquement de ces granulations ; ou bien elles s'éparpillent, jusqu'à manquer totalement.

Souvent aussi, dans la masse des schistes marneux, on trouve des concrétions calcaires ou des cailloux roulés de Jurassique. Par endroits des bancs de calcaires à entroques ou de calcaires siliceux apparaissent dans les schistes.

A la partie supérieure du Berriasien, les bancs calcaires deviennent plus fréquents, plus compacts, et l'on passe insensiblement à l'alternance régulière de calcaires et de schistes qui caractérise le Valanginien proprement dit. Les granulations noires peuvent encore exister lorsque l'alternance est bien établie. Nous les avons considérées, en l'absence de fossiles assez nombreux, et faute d'un meilleur critère, comme déterminant le Berriasien, dont ainsi la limite supérieure reste très vague.

Le nom de ce sous-étage, d'ailleurs, est assez mal défini pour s'appliquer parfaitement à notre formation infracrétacée. Ce même complexe avait été appelé par Ooster : *Couches à Ptéropodes*, d'après une fausse détermination de débris organiques [1]. Il est fâcheux que certains auteurs aient tenu à conserver ce terme. Sarasin l'a remplacé par celui de *Marnes à Oppelia zonaria*, mais le fossile invoqué est si rare qu'il ne faut guère compter sur sa présence pour identifier le Berriasien.

Cet étage, bien développé au Dat, dans les deux Veveyses, et dans le ravin des Chevalleyres, mesure de 40 à 60 m. d'épaisseur.

On sait que Ooster a publié une longue liste de fossiles trouvés dans ces couches à Ptéropodes (4) et que cette liste est reproduite dans la monographie de Favre et Schardt (11, p. 153-159).

Nous avons trouvé dans les couches berriasiennes :

Phylloceras Tethys d'Orb., *P. Serum* Opp.
Lytoceras Honoratianum ? d'Orb.
Hoplites sp. ind.
Pecten sp. ind.
nombreux gastéropodes indéterminables.

II. VALANGINIEN.

Le Valanginien [2] est constitué par une alternance régulière de calcaires et de schistes. Les bancs calcaires sont tantôt compacts, d'un gris clair, tachetés, tantôt plus grenus et plus foncés. Les schistes sont marneux, gris ou jaunâtres. L'épaisseur des couches, assez capricieuse, varie entre 10 et 50 cm. environ.

L'aspect du Valanginien est identique à celui du Barrémien ; on peut trouver des différences locales, mais qu'une étude plus étendue fait évanouir. Heureusement, les ammonites y sont assez fréquentes pour que, même en affleurement restreint, la détermination du Valanginien soit presque toujours aisée.

Toute tentative de subdivision lithologique au sein de l'étage, dans notre région, me paraît vaine. Dans la Veveyse de Châtel, où le passage du Berriasien au Valanginien est spécialement net, on peut pourtant distinguer une mince zone de transition qui correspondrait à une partie des « Couches à Belemnites latus » de Gilliéron

[1] Il est plaisant de lire dans l'étude de F. Damm (29, p. 39) que ces couches renferment de « nombreux restes de Ptéropodes ». Je n'ai pu les retrouver parmi le matériel que M. Damm a déposé à l'Université de Fribourg.

[2] C'est donc le Valanginien moyen et supérieur de E. Haug, W. Kilian, etc.

(Valangienmergel d'Arnold Heim). Au-dessus des marnes berriasiennes, qui ont une soixantaine de mètres d'épaisseur, et dont la partie supérieure est pétrie de granulations noires, reposent des schistes marneux moins grossiers, moins rugueux, en fines plaquettes régulières, qui mesurent 10 m. d'épaisseur au plus. Leur teinte est d'un gris plus jaunâtre. Des parties plus compactes, moins feuilletées, font figure de bancs de calcaire marneux ; dans la moitié supérieure, les calcaires s'individualisent mieux ; ils sont identiques à ceux du Valanginien typique (Diphyoïdeskalk d'Arnold Heim), un peu plus espacés seulement parmi les schistes. Ces couches contiennent *Neocomites neocomiensis*, d'Orb., etc. L'alternance des calcaires et des schistes devient bientôt régulière.

Le Valanginien se trouve tout le long de notre chaîne, régulièrement intercalé entre le Malm et l'Hauterivien, tous deux bien distincts. Il peut atteindre 60 à 80 m. d'épaisseur.

Nous y avons trouvé d'innombrables ammonites, parmi lesquelles :

Phylloceras Tethys, d'Orb., *P. serum* Opp., *P. Calypso*, d'Orb.
Lytoceras quadrisulcatum, d'Orb., *L. Honnoratianum*, d'Orb.
Hoplites : Thurmannia pertransiens, Sayn., *Th. Thurmanni*, Pict. *Neocomites neocomiensis*, d'Orb., *N. paraplesius*, Uhl., *N. noricus*, Roem. *N. oxygonius*, N. et Uhl.
Astieria Sayni, Kil., *A. Jeannoti*, d'Orb.
Lissoceras Grasianum, d'Orb.
Oosterella Garciae, Nicklès.
Bochianites neocomiensis, d'Orb.
Aptychus Didayi, Coq., *A. Seranonis*, Coq., *A. Mortilleti*, Pict. et. Lor.
Duvalia lata Blainv.
Placunopsis tatrica Bœhm.
Rhynchonella spoliata, Suess.

III. HAUTERIVIEN INFÉRIEUR

La description que Sarasin a donnée (24 et 25) de l'Hauterivien ne s'applique strictement qu'à la zone inférieure de cet étage. Elle seule est nettement distincte et tranche, par sa nature lithologique, sur la masse du Néocomien.

Ce sont des bancs de calcaires siliceux, épais de 20 à 40 cm., bien lités, sans trace de marnes ou de schistes entre eux. La teinte est rousse à l'affleurement, grise à la cassure superficielle, d'un

bleu foncé à l'intérieur. Ce complexe, que nous appellerons pour abréger simplement « Hauterivien », notablement plus dur que l'alternance de calcaires et de schistes du Valanginien et du Barrémien, détermine des cascades dans les torrents, des gradins dans les pentes. Il ne dépasse pas une quarantaine de mètres d'épaisseur.

A sa base, l'Hauterivien succède assez brusquement au Valanginien; le passage graduel s'effectue sur 1 ou 2 m. d'épaisseur. Vers le haut, la transformation s'opère peu à peu. Des schistes marneux s'intercalent entre les bancs calcaires, qui perdent leur silice, deviennent moins grenus, plus compacts.

Le calcaire siliceux est dépourvu de fossiles. De longues et patientes recherches ne m'ont fourni que deux exemplaires d'aptychus : *Aptychus angulicostatus*, Pict. et de Lor. et *A. Seranonis*, Coq. Mais sitôt que la roche passe à une alternance de calcaire et de schistes, à sa partie supérieure, apparaissent en grand nombre les *Crioceras* du groupe *Duvali*, caractérisant la deuxième zone de l'Hauterivien. Dès lors la roche n'est plus distincte de celle du Barrémien.

IV. HAUTERIVIEN SUPÉRIEUR ET BARRÉMIEN

La limite entre ces deux étages est impossible à tracer ; dès la zone à *Crioceras Duvali*, l'alternance régulière des calcaires et des schistes reste uniforme, et semblable à celle du Valanginien. Le nom de Barrémien désignera dorénavant, pour nous, tout ce complexe [1].

Par places, les bancs calcaires peuvent prendre une très grande épaisseur, jusqu'à 2 à 3 m., et se charger de quartz et de glauconie ; l'un de ces bancs détermine une cascade infranchissable dans la Veveyse de Feygire. Ailleurs, les schistes peuvent s'engraisser à leur tour : ce ne sont là que variations locales.

La puissance de ce complexe est très grande mais impossible à déterminer. Car sa plasticité se prête aux duplicatures, aux replis, lesquels sont rarement bien visibles. De plus, presque tout le long de la chaîne, le Flysch transgresse sur le Barrémien. Et là où s'y superpose l'Urgonien ou l'Aptien, les dislocations sont telles que toutes mesures seraient vaines.

C'est aussi pourquoi le classement des fossiles par niveaux est très difficile, même lorsqu'on a repéré minutieusement les récoltes.

[1] Les auteurs (W. Kilian, E. Haug) ne sont du reste pas d'accord sur la limite de ces deux étages.

Disons seulement qu'à la base, dans la zone à *Crioceras Duvali*, coexistent dans la même couche *Neocomites neocomiensis*, d'Orb., et *N. neocomiensiformis* Hohen., avec des types intermédiaires.

Voici les principaux fossiles que nous avons recueillis dans ce complexe très riche de l'Hauterivien supérieur et du Barrémien :

Phylloceras Tethys, d'Orb., *P. serum* Opp., *P. infundibulum* d'Orb., *P. Winkleri* Uhl., *P. ladinum* Uhl., etc.

Lytoceras subfimbriatum d'Orb., *L. crebrisulcatum* Uhl., *L. Liebigi* Opp., *L. sutile* Opp., *L. Phestus* Math., etc.

Hamulina subcincta Uhl., *H. subundulata* d'Orb.

Neocomites neocomiensis d'Orb., *N. neocomiensiformis* Hohen., *N. angulicostatus* d'Orb., *N. paraplesius* Uhl.

Parahoplites Cruasensis Torg.

Crioceras Duvali Lév., *C. baleare* Nol. *C. Nolani*, Kil., *C. Quenstedti* Oost., *C. angulicostatum* d'Orb, *C. Emerici* d'Orb., *C. Jourdani*, Ast. *C. Tabarelli* Ast.

Heteroceras Tardieui Kil.

Astieria Astieri d'Orb., *A. Sayni*, Kil.

Holcodiscus incertus d'Orb, *H. intermedius* d'Orb., *H. Lorioli* Kil.

Desmoceras difficile d'Orb., *D. hemiptychum* Kil., *D. Raspaili* Kil. *D. Rebouli* Kil., *D. cassidoïdes* Uhl., *D. cassida* Rasp.

Oosterella cultrata d'Orb.

Bochianites neocomiensis d'Orb.

Aptychus Didayi Coq, *A. Seranonis* Coq. *A. Mortilleti* Pict. et de Lor.

Pecten Agassizi, Pict. et de Lor.

Inoceramus sp. ind.

V. URGONIEN

Le calcaire zoogène urgonien, décrit depuis longtemps par Gilliéron dans le Montsalvens, signalé par Lugeon dans la Nappe de la Plaine-Morte, n'était pas connu jusqu'ici dans la région qui nous occupe. Il ne se rencontre en effet dans aucune des coupes classiques. J'ai fini par en découvrir quelques fragments sur le versant méridional des Pléiades, aux alentours d'*En Chexbres*.

En cet endroit, les couches néocomiennes ont subi de telles dislocations qu'il n'est pas possible de déterminer les relations stratigraphiques de ces calcaires avec le Barrémien. Moins plastique, l'Urgonien est réduit en lentilles de quelques centimètres ou de

quelques mètres, noyées dans les schistes et calcaires qui les accompagnent. En deux points cependant, sur la lacet supérieur de la route du Crêt des Dailles, et sur la voie du chemin de fer des Pléiades, une centaine de mètres au S.-W. de la station de Fayaux, il semble bien que les calcaires zoogènes représentent la partie supérieure du complexe barrémien.

Ils sont identiques, du reste, à l'Urgonien du Montsalvens, dont la stratigraphie est bien nette. On sait qu'au Montsalvens, JEANNET (in Arn. Heim, 55, p. 446 et 447) a trouvé dans ces calcaires *Orbitolina conulus*, Douv., et toute une petite faune du Barrémien supérieur. La même orbitoline existe dans nos couches des Pléiades.

Ici comme au Montsalvens, l'Urgonien est un calcaire oolitique et zoogène d'un blanc mat, dur et cassant ; il est pétri de milioles, d'orbitolines, de débris d'échinodermes et de mollusques divers. Il n'a pas la fine texture compacte de l'Urgonien helvétique ; c'est au contraire une roche détritique et rugueuse. Par places, de microscopiques grains de quartz s'y pressent. Souvent l'apparence oolitique n'est due qu'à la grande abondance des milioles.

En coupe mince, on reconnaît des textulaires, des rotalidés, des bryozoaires, des piquants d'oursins et de nombreux fragments de diplopores. Les orbitolines sont, par endroits, très abondantes.

VI. APTIEN ET ALBIEN ?

Dans la partie méridionale des *Pléiades*, où les complications tectoniques se multiplient, apparaît, au-dessus du Barrémien, un complexe de couches que l'on a jusqu'ici confondues avec cet étage, mais qui doivent appartenir à l'Aptien et peut-être à l'Albien. Les fossiles y sont extrêmement rares, et très mal conservés. Cependant, les petites faunes que nous y avons trouvées, en partie avec M. Lugeon et A. Jeannet, sont bien distinctes de celles du Barrémien.

Pour autant qu'il est possible d'observer des superpositions normales dans cette contrée si disloquée, il semble que la série stratigraphique puisse s'établir comme suit :

1. — Au-dessus du Barrémien (sans parler des calcaires urgoniens écrasés tectoniquement) s'entasse un complexe plus schisteux, où manquent les calcaires compacts ; ces schistes sont terreux, marneux, foncés ; il s'y intercale irrégulièrement de minces couches d'un grès glauconieux très lourd, d'un bleu noir.

A divers horizons, ces grès se présentent en gros bancs, qui se

délitent en plaquettes et sont accompagnés de schistes arénacés, de même teinte et de nature presque identique.

Ce complexe inférieur représenterait l'Aptien.

2. — L'Albien (?) reprend un aspect très semblable au Barrémien ; on retrouve l'alternance de calcaires assez compacts et de schistes marneux. Mais les schistes prédominent nettement ; et leur passage aux calcaires se fait graduellement, sans limite tranchée : on peut suivre une sorte de schistosité dans les calcaires, en sorte qu'ils forment plutôt des masses irrégulières et mal définies que des bancs continus.

Les deux ensembles que nous venons de définir sont assez distincts l'un de l'autre, bien qu'on ne leur puisse assigner de limites précises. Mais il n'est pas certain que l'un soit Aptien, l'autre Albien ; et leurs relations visibles sont si peu nettes, qu'on ne peut même catégoriquement affirmer : celui-ci est inférieur à celui-là.

Il semble que la série soit normale à *Chantemerle*, le long de la voie du tramway — bien qu'un repli de Barrémien y vienne recouvrir l'Albien. La série serait au contraire renversée sur les lacets de la grande route du *Crêt des Dailles*, où l'Albien bute, par une dislocation visible, contre le Barrémien.

1. — Le complexe qui paraît être l'inférieur est tout à fait analogue à ce qu'Arnold Heim a nommé « Gamserschichten » dans le Montsalvens (54, p. 473 et 55, p. 447). Il parallélise ces schistes et grès glauconieux avec les formations semblables des Churfirsten, et, sur cette seule identité lithologique, les désigne comme aptiens. On peut se demander si, parmi des dépôts sédimentaires aussi variables que ceux du Mésocrétacé alpin, l'identité de faciès autorise des parallélismes à si grande distance. J'ai trouvé, pour ma part, dans les « Gamserschichten » du Montsalvens (torrent des *Covayes*) une grande quantité d'*Inoceramus Coquandi*, d'Orb., qui permettent de mettre en doute l'âge aptien de ces couches.

Dans le complexe probablement aptien des Pléiades, je n'ai pu recueillir que quelques mauvais débris de fossiles :

Belemnopsis semicanaliculatus Blainv.

Belemnopsis subfusiformis ? Blainv. in d'Orb.

Bochianites sp. ind.

Une demi-douzaine de petites ammonites pyriteuses, indéterminables.

Inoceramus concentricus ?

Corbis ? sp. ind.

Pecten ? sp. ind.

Cardium ? sp. ind.

Ces restes organiques ne suffisent pas à fixer l'âge aptien que nous attribuons à ces couches ; mais il est certain qu'elles sont supérieures au Barrémien et même aux quelques lentilles visibles de calcaire urgonien.

2. — Dans la série qui semble dominer cet Aptien, les fossiles sont un peu moins calamiteux, sans permettre toutefois de déterminations certaines :

Belemnopsis minimus Lister.

Bochianites sp.

Lytoceras sp.

Phylloceras gr. *Rouyanum-Forbesianum*, d'Orb.

Phylloceras ellipticum ? Kosm.

M. le professeur W. Kilian a bien voulu examiner les petites Bélemnites et confirmer ma détermination, sans toutefois se prononcer avec certitude. MM. P. Lory et P. Fallot, de Grenoble, ont eu l'amabilité d'étudier les quelques fragments d'ammonites que nous citons, et dont l'état de conservation est si mauvais qu'on ne peut rien affirmer de précis quant à leur âge.

Pour M. P. Lory, auteur du genre Bochianites, le débris que je lui ai envoyé a des cloisons plus découpées que *Bochianites neocomiensis*, d'Orb. Mais il ressemble beaucoup à certaines espèces du Valanginien et de l'Hauterivien. On ne connaît pas jusqu'ici de Bochianites au-dessus de l'Aptien.

M. P. Fallot estime que les petits Phylloceras du groupe *Rouyanum-Forbesianum* ont des cloisons si évoluées que leur âge Aptien supérieur ou Albien est probable.

Dans de telles conditions tectoniques et paléontologiques, on ne saurait donc désigner sûrement l'âge de ces complexes. On ne peut hésiter toutefois qu'entre l'Aptien et l'Albien, car ces couches sont certainement, de par leur faune, antérieures au Cénomanien, et dominent manifestement le Barrémien, dont la faune est toute différente.

Les grès glauconieux aptiens affleurent, au-dessus de Montreux, dans la partie W. et N. du village de *Charnex*, superposés au Wildflysch ; puis on les retrouve au N.-E. de Chaulin, à la base de la colline de *Cornaux ;* puis dans la Baie de Clarens. Nous avons vu que leur extension était assez grande dans le flanc méridional des *Pléiades*.

Plus au Nord, on ne les voit reparaître qu'au pied du Mont Corbetta, perçant sous les éboulis jurassiques, à la sortie orientale du village de *Fruence.*

Enfin, dans les écailles inférieures du Niremont, ils figurent en série renversée entre le Turonien et le Barrénien, soit au *Crêt Piudié,* soit au *Crêt Mory.*

Les couches albiennes ne sont visibles que sur le versant sud des Pléiades, dans le ravin de la Baie de Clarens, et dans les vignes entre Montreux et Charnex.

VII. TURONIEN

Le Cénomanien n'a jamais été signalé dans les Préalpes bordières ou internes, et je n'en ai pas trouvé trace. Peut-être est-il compris dans le complexe que nous avons attribué à l'Albien. On pourrait aussi croire qu'il rentre dans l'ensemble des calcaires blancs turoniens. Mais le faciès de cet étage dans les Nappes helvétiques (Turrilitenschichten) est tout différent de celui du Turonien et n'a aucun correspondant dans notre zone. Il est plus probable que le Cénomanien n'existe pas dans les Préalpes bordières.

Le Turonien lui-même n'est jamais, dans la région qui nous occupe, superposé normalement à la série néocomienne [1] ; celle-ci est recouverte en discordance par le Flysch. Le Turonien se présente en lames indépendantes, en écailles, pincées dans le Flysch, à la partie inférieure de la chaîne.

La roche est un calcaire à rosalines et à globigérines, compact, blanchâtre avec des taches grises argileuses [2], en bancs irréguliers qui s'effilent en fuseaux, feutrés de schistes marneux sans mica. Ces schistes peuvent ne former que des délits très minces entre les couches calcaires, mais parfois ils sont mieux développés, quoique toujours subordonnés.

Les écailles turoniennes atteignent jusqu'à 180 m. de puissance (aux Pléiades, au-dessus des Chevalleyres) ; mais le plus souvent, elles sont écrasées, et il arrive qu'elles ne mesurent que quelques mètres, formant des lentilles dans le Flysch.

Or, parmi les sédiments nummulitiques du Flysch se trouvent des calcaires zoogènes blanchâtres et compacts, identiques d'aspect au Turonien (34). La distinction est souvent très difficile, parfois

[1] Au Montsalvens, par contre, le Turonien repose sur le Gault ; cependant, au seul point où la superposition soit visible, le contact est quelque peu disloqué tectoniquement (55, p. 448).

[2] Sont-elles déterminées par des algues fucoïdes ? (55, p. 448).

impossible, entre ces calcaires nummulitiques et les écailles turoniennes qui s'intercalent dans le Flysch. Car les fossiles macroscopiques sont fort rares, et la faune microscopique est la même dans les deux cas. Cette identité d'aspect et de nature s'explique par une similitude temporaire des conditions de dépôt, mais la difficulté de détermination n'en subsiste pas moins.

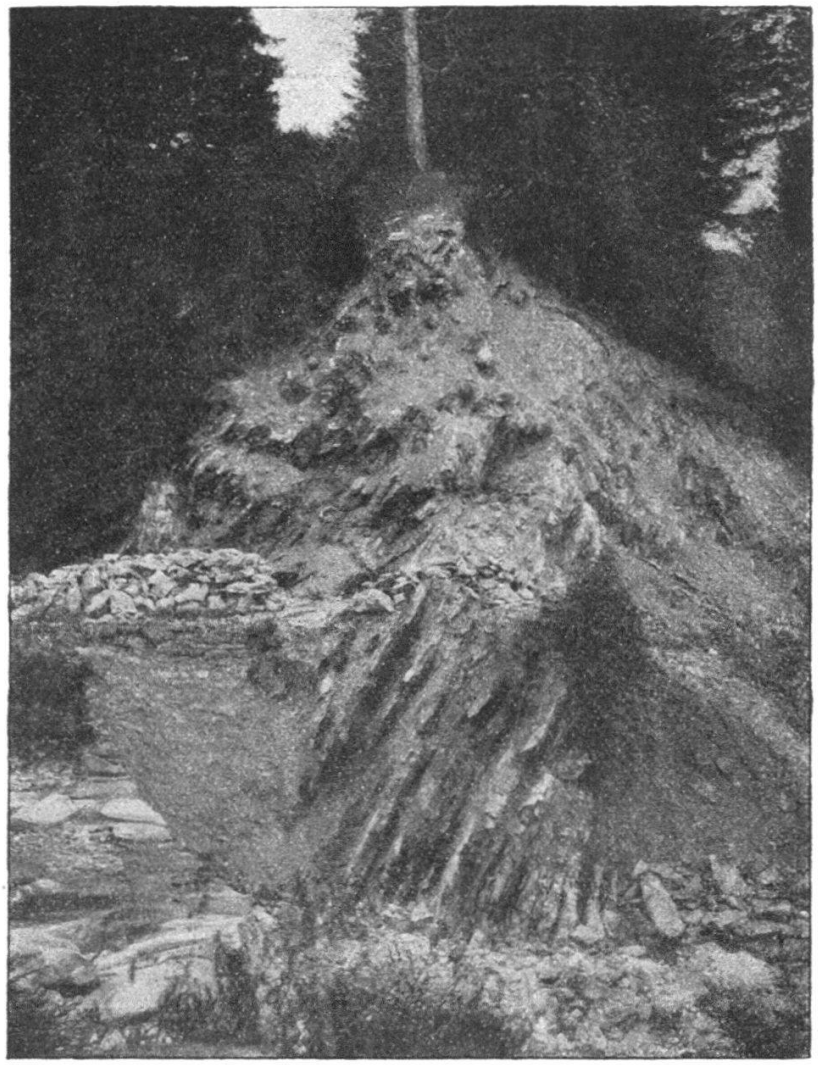


FIG. 2. — *Le gisement de Turonien de Praz Roux, près Semsales.*

On peut remarquer cependant que les schistes qui accompagnent les calcaires nummulitiques sont en général légèrement micacés, ce qui n'est jamais le cas pour les schistes turoniens. Et la trouvaille d'un fragment d'inocérame suffit à déterminer le Crétacique.

A cause de sa grande pauvreté en fossiles macroscopiques, le Turonien a été jusqu'ici confondu avec le Néocomien, dans notre chaîne. Cependant, dans la colline des *Alpettes*, qui lui fait suite vers le N., Gilliéron avait depuis longtemps distingué ces calcaires qu'il

confondait en partie avec des couches sénoniennes. Le gisement de *Praz Roux*, près de Semsales, lui avait fourni quelques organismes qui suffisent à caractériser l'âge turonien de ces couches (fig. 2) :

Inoceramus Brongniarti, Sow.
» *Cuvieri*, Sow.
Ostrea sp.
Gardiaster Gillieroni, de Lor.

Nous n'avons, pour notre part, trouvé dans ces couches que des fragments d'inocérames et de bélemnites.

VIII. SENONIEN

Le Sénonien n'affleure qu'en un seul point de la région étudiée : du plateau de la Chaudereire, sur le flanc occidental du Niremont, un sentier non marqué sur la carte descend vers le Sud, longeant le ruisseau qui prend sa source au chalet 1264. Ce sentier, entre les cotes 1150 et 1120, approximativement, est taillé dans des couches alternativement calcaires et marneuses, presque verticales et dirigées N-S.

Cet affleurement est tout à fait isolé par le terrain glaciaire ; il se trouve cependant au-dessus des assises néocomiennes, très repliées, qui dominent Montgevin et les Biolettes, et sous la grande masse de Flysch qui forme le sommet du Niremont.

Je n'ai trouvé aucun fossile dans ces couches ; et leur attribution au Sénonien n'est dictée par leur analogie lithologique avec les « Leistmergel » décrites par Arnold Heim (72). M. A. Jeannet, sur l'examen d'un échantillon, m'a affirmé l'identité de ces deux formations.

Ce sont des calcaires marneux d'un gris jaunâtre clair, avec des parties schisteuses irrégulièrement intercalées ; les calcaires eux-mêmes sont plaquetés, schistoïdes ; leur grain est assez fin, leur composition plus marneuse que celle des calcaires turoniens ou néocomiens. Les schistes ont une nature pétrographique très semblable à celle des calcaires, et la même teinte; il n'y a pas de limites tranchées entre eux. Des taches violacées sont fréquentes à la surface des plaquettes calcaires et des schistes.

En coupe mince, on découvre dans les calcaires de très petits granules de quartz et de minuscules micas décomposés ; j'y ai reconnu plusieurs globigérines, *Rosalina Linnei*, d'Orb. (= *Pulvinulina tricarinata* Quereau) et *Pithonella ovalis*. Lorenz.

IX. MAESTRICHTIEN

Au pied du Moléson, intercalés dans la masse de Flysch qui appartient aux Préalpes bordières, surgissent près du *Gros Plané* des rochers de calcaires jurassiques arrachés très probablement aux Préalpes médianes ; et associés à ces rochers de la façon la plus compliquée, on trouve, avec des calcaires à Lithothamnies nummulitiques, des « Couches de Wang » d'âge maestrichtien (35 et 36).

Elles ont ici les mêmes caractères exactement que dans la nappe du Wildhorn, où elles sont si abondantes. Ce sont des calcaires grenus, plaquetés, schistoïdes par places, d'un grain rugneux, d'un bleu sombre et terne. On n'y trouve d'autres organismes qu'une sorte de Serpule, elle alors très fréquente, que M. Lugeon a nommée *Jereminella Pfenderae* (75).

Les Klippes de la Joux derrière, près du Gros Plané, sont les seules où l'on ait trouvé jusqu'ici, entre le Léman et la Sarine, dans les Préalpes bordières, ces « couches de Wang » si caractéristiques des Hautes Alpes calcaires [1].

C. NUMULITIQUE

Les formations nummulitiques des Préalpes bordières sont parmi les plus compliqués des terrains alpins. Elles comprennent ce fameux « Wildflysch » défini par Kaufmann en 1886, dans la région de Habkern, et dont les « blocs exotiques » ont posé aux géologues un des problèmes les plus obscurs et les plus féconds ; car c'est de lui qu'est parti H. Schardt, en 1890, pour « s'acheminer vers la vérité » (20, p. 129), pour découvrir le recouvrement des Préalpes sur le Flysch et transformer la géologie alpine.

La solution donnée à ce problème par M. Lugeon en 1916 (74) marque la fin, provisoirement, d'une série de recherches passionnantes, en conduisant à l'hypothèse aujourd'hui invérifiable de massifs granitiques enterrés sous les Alpes pennines.

Il ne saurait être question, dans cette étude préliminaire, de discuter et d'établir tous les faits qui seront avancés sur la stratigraphie du Nummulitique. Nous nous bornerons à énoncer aussi brièvement que possible les résultats où nous sommes arrivés.

[1] M. C. Mauve, sur sa carte géologique du Moléson (79, pl. VI) indique des « couches de Wang » à la *Blancharda*, à 3800 m. environ, vers l'W. S.-W., de Gruyère ; mais c'est une erreur : c'est le Lias moyen qui affleure là, reposant sur la cornieule triasique, et recouvert par le Lias supérieur.

1. — A la base de notre chaîne, et reposant sur la molasse ou le poudingue oligocènes du plateau suisse, s'empile une puissante série de « Flysch noir » : menus schistes micacés, noirs ou d'un brun sombre, avec des bancs de grès en général fin ; parfois l'alternance des schistes et des grès est régulière, parfois les schistes existent presque seuls, rarement les grès dominent.

On trouve, sur les bancs de grès, de nombreuses pistes de vers limnivores, nommées *hiéroglyphes ;* on y trouve aussi des *Chondrites.* Les traces charbonneuses de végétaux sont fréquentes.

A part ces restes énigmatiques, les organismes sont extrêmement rares dans ce Flysch de base.

Dans la *Veveyse de Feygire,* non loin de son confluent avec celle de Châtel, au coude que fait la rivière pour se diriger vers le S.-W., se trouve le gisement des petits lamellibranches qu'a décrits et figurés Locard (59) ; jusqu'ici, on croyait ce gisement d'âge miocène ; il est bien manifestement dans le Flysch, quelques mètres à peine, il est vrai, au-dessus de son recouvrement sur la molasse oligocène chargée de poudingues. J'y ai retrouvé toutes les espèces de Locard : *Cyrena ovalina,* Desh. ; *Cyrena Saussurei,* Loc. ; *Cyrena Eymari,* Loc., (dont le *Sphaerium Bedoti,* Loc., n'est que la valve gauche (39), *Cyrena thunensis,* Meyer.

Dans la Veveyse de Feygire, on peut suivre vers l'amont ce Flysch de base sans discontinuité, jusqu'au pont de Feygire, où s'y intercalent des lames turoniennes et oxfordienne. C'est sous le pont de Feygire qu'auraient été trouvés, d'après les étiquettes qu'ils portent, deux exemplaires de *Cardium Heeri,* Mey. que possède le Musée de Berne (récoltés en 1865 par J. Cardinaux), et une *Clausilia Escheri,* Mey. recueillie probablement par Renevier et déposée au Musée de Lausanne.

Dans cette masse du Flysch de base s'intercalent, au pied des Pléiades, des bancs épais de grès à gros grains, sans que l'on puisse préciser très clairement leurs relations stratigraphiques ou tectoniques avec le Flysch noir. Ces grès grossiers forment, entre autres, la butte moutonnée de *Cucloz,* au N.-W. des Chevalleyres-derrey. Ils sont composés de grains arrondis, de 1 à 2 cm. de diamètre, reliés par un ciment gréseux, micacé, d'une teinte vert sombre. Les grains sont formés surtout de grès micacés aussi, mais on y trouve en abondance du jaspe rouge ou vert, des quartzites ; les fragments roulés de calcaires siliceux, d'aplite, de gabbros (serpentine, prasinites) n'y sont pas rares ; parfois se rencontre un élément plus gros, de 5 à 10 cm. de diamètre.

Des grès identiques, à semblables gros grains, apparaissent dans la Veveyse de Feygire, en aval du pont, sur les pentes boisées du versant droit ; l'escarpement qu'ils forment est isolé du reste du Flysch, par le glaciaire et l'éboulis.

Je n'ai trouvé aucun organisme dans cette formation détritique, qui n'est pas sans analogie avec certains sédiments molassiques. Sa composition indique nettement qu'elle s'est déposée dans une période de dénudation des nappes austro-alpines (*nappe du Simmenthal* = ancienne *nappe rhétique* romande). Cependant, ces grès grossiers semblent bien être un niveau stratigraphique dans le Flysch noir.

L'âge de toute cette grande masse de Flysch de base n'a du reste pas été facile à établir. Ce terrain ressemble fort au « Flysch noir » de la zone des Aiguilles d'Arves, dont J. Boussac a démontré l'âge priabonien (33, p. 253). Mais il ressemble fort aussi à la série des « couches de Ralligen » que l'on trouve au bord du lac de Thoune chevauchant sur la molasse, et dont l'âge, après de longues discussions, semble établi sans conteste : Rupélien et Chattien (78, 80, 81), comme le Flysch du Dévoluy (33, p. 196). L'analogie de notre Flysch de base avec ces couches de Ralligen avait été notée déjà par Bernard Studer (2, vol. II, p. 32). Et dans le massif du Gurnigel, qui à l'W. du lac de Thoune est exactement l'homologue du nôtre, Ed. Gerber assimile la masse entière du Flysch de base à ces terrains oligocènes (56 et 57).

D'autre part, le Flysch de base de notre chaîne semble passer graduellement au Wildflysch lutétien et auversien.

La faune de petites Cyrènes énumérée ci-dessus ne peut guère renseigner sur l'âge de nos couches, bien que le type de la *Cyrena ovalina*, Desh. provienne du calcaire grossier lutétien du Bassin de Paris [1]. La présence de *Clausilia Escheri*, May. et de *Cardium Heeri*, May. connus tous deux dans l'Oligocène, parlerait plutôt en faveur de l'attribution de notre Flysch de base aux couches de Ralligen.

La trouvaille toute récente que nous avons faite, avec M. Lugeon, dans la Veveyse de Feygire, de bancs de calcaire à lithothamnies, vient trancher la question. Ces bancs se trouvent environ 75 m. en aval du pont de Feygire, en intercalation sans aucun doute stratigraphique dans les schistes micacés du Flysch. Ils renferment, outre des lithothamnies, des bryozoaires et des *Trochocyathus*, de petites

[1] Deshayes, Animaux sans vertèbres du Bassin de Paris, vol. I, p. 505, et Sandberger, Fauna der Vorwelt, p. 208.

nummulites indéterminables, et *Assilina exponens*, Sow. (diverses formes d'Assilines figurées dans Arn. Heim (69, pl. VI, VII et VIII), correspondant toutes, pour J. Boussac, à *Assilina exponens*, Sow.)

Ces assilines déterminent nettement l'âge lutétien supérieur ou auversien de ces bancs qui représentent une récurrence marine passagère dans la série saumâtre, puisqu'ils se trouvent entre les couches à Cyrènes et le point où fut trouvée la *Clausilia Escheri* du Musée de Lausanne.

Il n'y a donc plus de doute : notre Flysch de base, malgré l'analogie des sédiments, n'est pas assimilable aux « couches de Ralligen », mais est lutétien ou auversien. Et par conséquent, il semble bien que les grès grossiers de Cucloz soient du même âge.

2. — Les écailles mésozoïques des Préalpes bordières reposent sur le coussinet basal du Flysch noir ; mais entre deux s'intercale, presque partout, une tranche de « Wildflysch », et c'est dans ce Wildflysch que s'entrelardent les lames mésozoïques inférieures, sans qu'il y ait entre lui et le Flysch noir de limite tranchée : le passage est graduel.

A vrai dire, le Wildflysch se définit aussi bien par sa complication tectonique que par la diversité de sa sédimentation.

C'est un complexe broyé de schistes micacés, noirs, rougeâtres ou verdâtres, toujours sombres ; de grès dont les bancs s'effilent souvent en lentilles ; de quartzites gris ou verts (ölquartzit) ; de calcaires détritiques (formés surtout d'éléments jurassiques) ; de calcaires à polypiers et à nummulites, de calcaires à lithothamnies, assez rares ; et de calcaires à rosalines et globigérines, blanchâtres et compacts, identiques à ceux du Turonien. Ces derniers sont fréquents, et parfois très développés.

Dans ce complexe se faufilent, tectoniquement, des lames de Jurassique, de Néocomien et surtout de Turonien ; nous avons déjà signalé la difficulté que présentait parfois la détermination de ces calcaires mésocrétacés, où cependant l'on finit presque toujours par trouver un fragment d'inocérame.

M. Lugeon a mis en lumière l'alternance de sédimentation détritique et zoogène qui caractérise les dépôts du Wildflysch ; il a montré que les blocs exotiques n'étaient que des éléments plus gros de la sédimentation clastique, provenant sans doute de l'écroulement de falaises granitiques dans la mer du Flysch (74). Sur toute l'étendue de notre chaîne, du Léman au Niremont, nous n'avons trouvé aucun bloc exotique, mais sauf cela le faciès de notre Wildflysch

est le même que celui de Habkern, du Gurnigel et des Préalpes internes.

Le Wildflysch, semblable au « Flysch calcaire » des Alpes françaises, n'est donc point une « série compréhensive », comme le supposait Boussac (33, p. 210 à 215, 513 à 516, etc.). L'âge de ses dépôts est lutétien et peut-être auversien. En effet, nous avons trouvé, avec M. Lugeon, dans ses calcaires à Nummulites, à côté de petites Nummulites non déterminables, de lithothamnies, de bryozoaires, de polypiers indistincts, des formes bien caractérisées d'*Assilina exponens*, Sow. (formes figurées par Arn. Heim (69, pl. VI et VII) ainsi que des orthophragmines. Les schistes du Wildflysch contiennent beaucoup de globigérines : ses calcaires d'aspect turonien sont pétris de globigerines, de *Rosalina Linnei*, d'Orb, (= *Pulvinulina tricarinata*, Quereau), de nodosaires, etc.

3. — Au dessus des écailles jurassiques et néocomiennes, et transgressant sur le Barrémien, s'élève une formidable masse de Flysch qui va s'épaississant, dans notre chaîne, du Sud au Nord. Elle constitue, à l'E. des Pléiades, la colline des Riaux ou de Pautex; elle constitue le sommet du Mont Corbetta, et toute la partie supérieure du Niremont, avec le soubassement du Moléson. Les couches y sont repliées de toutes façons et dans toutes les directions ; des lames de Malm, des lentilles de Wildflysch parfois s'y égrènent.

La roche est formée d'une alternance, en général régulière, de schistes et de grès ; mais l'épaisseur des bancs de grès et leur structure, varient beaucoup. Les schistes sont gris ou jaunes. Rarement s'y intercalent quelques couches d'un calcaire compact, jaunâtre.

Les fossiles sont très rares dans ce « Flysch gréseux ».

Dans la région méridionale des Pléiades, aux *Cornes*, un banc calcaire intercalé dans la série gréseuse est pétri d'*Orthophragmina discus*.

Sur un banc de grès grossiers, dans le ruisseau qui descend du marais des Tenasses, vers la Veveyse de Feygire, j'ai trouvé un fragment de *Pecten* sp. ind.

Enfin, sur le flanc oriental du Niremont, à la carrière de *Moillertson*, nous avons récolté, avec M. Lugeon et quelques étudiants, dans des bancs de grès grossiers, plusieurs petites Nummulites :

Numm. striatus, Brug.
Numm. Partschi (= *N. Oosteri*) de la Harpe.
Assilina exponens, Sow.

Cette petite faune détermine assez nettement l'âge auversien ou lutétien tout à fait supérieur des bancs de Moillerstson. Par de semblables Nummulites, trouvées dans le prolongement de notre chaîne, on savait déjà que ces étages sont représentés dans le Flysch du sommet de la zone bordière ; mais ce Flysch est d'épaisseur si considérable qu'on ne peut dire si ces deux étages le représentent en entier, ou si le Priabonien y existe également (33, p. 507).

Nous avons donc, en résumé :

1° Le « Flysch noir » de base, avec ses Helminthoïdes, ses hiéroglyphes, ses traces de plantes et ses Cyrènes, ses bancs de calcaires à lithothamnies dans la Veveyse de Feygire et les grès à gros grains qui s'y intercalent au pied des Pléiades. L'âge de ce Flysch est donc lutétien supérieur ou auversien.

2° Le « Wildflysch », lutétien et probablement auversien, avec des intercalations tectoniques de lames mésozoïques.

3° Le « Flysch gréseux » du sommet, auversien certainement, et peut-être aussi priabonien.

Le Mésonummulitique semble donc être seul représenté dans la série tertiaire de notre chaîne, ce qui s'accorde parfaitement avec l'admirable synthèse qu'a faite J. Boussac du Nummulitique alpin.

D. QUATERNAIRE

Les formations quaternaires qui recouvrent en si grande abondance les chaînons des Préalpes bordières sont essentiellement composées des dépôts morainiques würmiens du glacier du Rhône ; nulle part on ne trouve de restes manifestes de moraines rissiennes.

Les glaciers würmiens ont dû recouvrir entièrement les Pléiades, les Corbettes et le Niremont, qui sont ainsi d'énormes buttes moutonnées. Entre chacune de ces collines, les dépôts morainiques se sont accumulés en épaisseur formidable, dépassant parfois 150 m. Les trois rivières qui coupent la chaîne, Baye de Clarens, Veveyse de Feygire, Veveyse de Châtel, occupent ainsi d'anciennes dépressions glaciaires transversales, dont les épaulements sont suspendus environ 200 m. au-dessus du plateau molassique. Tout le long du bord occidental de la chaîne, les glaciers ont dû creuser une sorte de chenal, se tenant en gros à la limite des Préalpes et de la molasse, et comblé de dépôts morainiques qui atteignent 100 m. d'épaisseur. C'est ce qui rend si difficile l'étude des relations du Flysch et de la molasse.

Des traînées importantes de dépôts glaciaires se sont déposées aussi, sur le flanc occidental de notre chaîne, au-dessus des parois jurassiques et au-dessus des pentes néocomiennes.

De même, entre les Préalpes bordières et les Préalpes médianes, le glacier a occupé une forte dépression qui s'étend depuis la Baye de Clarens jusqu'au Nord de la Veveyse de Feygire.

Le matériel des dépôts morainiques est celui que l'on trouve dans toutes les formations würmiennes du glacier du Rhône (32) ; les blocs de poudingues permiens s'y font remarquer par leur couleur lie-de-vin ; les gneiss, les gabbros, les conglomérats carbonifères, les grès et conglomérats nummulitiques haut-alpins n'y sont pas rares ; on n'y trouve aucune trace du « poudingue de Mocausa », si fréquent dans le bassin de la Sarine.

Une seule particularité me semble devoir être relevée : tout le long du flanc occidental du Mont Corbetta et jusqu'au N. de la Veveyse de Châtel, on trouve égrenés, entre 900 et 950 m.d'altitude environ, d'énormes blocs de calcaire siliceux grenu, bleu foncé ou brun. Il s'en dresse au-dessus de Chaussin ; près de la chapelle du Scex, au Sud du ruisseau de Praz Gremy, ils atteignent 10 m. de hauteur (Gilliéron a déjà signalé l'un d'eux) ; ils parsèment le plateau de Riondonnaire, quelques-uns ont chu dans la Veveyse tout près de la carrière de Planière ; enfin les derniers se trouvent dans les prés au S. de Maudens. Ces blocs ont tous la même nature pétrographique, qui n'est pas celle du Néocomien des Préalpes bordières (comme l'affirme encore M. Behmer (32, p. 28) pour le seul qu'il ait remarqué), ce sont des blocs de l'Hauterivien des Hautes Alpes calcaires.

De même qu'on explique les immenses blocs de protogine de Monthey par la chute, sur le glacier du Rhône, d'une aiguille du Massif du Mont-Blanc, il faut admettre ici qu'un écroulement d'Hauterivien s'est produit sur le glacier en amont de St-Maurice, et que les blocs en ont été déposés en traînée au-dessus du gradin que déterminent les rochers jurassiques du Mont Corbetta. Car on n'en trouve aucune trace sur le flanc des Pléiades, ni sur le Niremont au N. de Maudens.

CONCLUSIONS

On sait, d'une façon générale, qur les formations néritiques des Hautes Alpes calcaires, de la nappe du Wildhorn en particulier, prennent vers le Sud, en passant aux Nappes « ultra-helvétiques », un

faciès de plus en plus vaseux (23, p. 763). La série stratigraphique des Préalpes bordières nous montre donc une remarquable suite de sédiments géosynclinaux, de l'Oxfordien à l'Eocène. Les dislocations ont quelque peu brouillé son histoire, mais les traits principaux en sont encore bien nets :

Les menus schistes de *l'Oxfordien*, si noirs et si argileux, avec leurs rognons de pyrite et leur pauvreté en fossiles, font imaginer une mer profonde, tranquille, surpeuplée d'organismes, peut-être une sorte de mer des Sargasses. Peu à peu sa profondeur semble diminuer et ses eaux s'éclaircir : des bancs calcaires s'intercalent de loin en loin dans les argiles, calcaires sombres et onctueux d'abord, plus compacts à mesure qu'ils deviennent plus fréquents, et l'on passe à *l'Argovien*, ou l'alternance est parfaitement régulière. Les marnes se chargent de grumeaux calcaires à la partis supérieure de l'étage, et ne forment plus que de minces délits dans le *Séquanien*, où les calcaires sont presque blancs.

C'est là un phénomène fréquent dans les Alpes de faciès helvétique, et sur lequel M. le professeur P. Arbenz a récemment attiré l'attention (77). Mais tandis que dans les nappes inférieures et septentrionales (Morcles, Diablerets, Wildhorn avec ses nombreuses digitations) la sédimentation devient néritique dès le Séquanien, elle reste ici franchement bathyale ; les Phylloceras sont fréquents dans le *Kimeridgien*, où se dévoloppent prodigieusement les gros *Aspidoceras*. En même temps se multiplient les rognons siliceux ; est-ce un refroidissement graduel qui aurait d'abord débarrassé la mer de ses Sargasses, puis favorisé le développement des éponges siliceuses ?

Dans le haut du Kimeridgien, les bancs plus minces, plus foncés et d'odeur plus forte, presque entièrement dépourvus de fossiles, font songer à une nouvelle invasion d'organismes planctoniques, mous, dont la décomposition produirait des acides qui disolvent les tests calcaires. Mais au *Portlandien*, les calcaires redeviennent parfaitement blancs, tout pétris de Calpionelles, et les Ammonites reparaissent.

Les trois zones du Tithonique (70, p. 1088) ne sont réprésentées, dans notre région, que par 4 à 5 m. de calcaires en gros bancs, alors que dans les nappes inférieures on trouve les puissantes masses schisteuses (« Zementsteinschichten » d'Arn. Heim) qui passent insensiblement au Berriasien. Et nos bancs tithoniques sont formés d'un calcaire noduleux, presque bréchoïde, dont les éléments sont réunis par un ciment de contexture analogue à la leur. Les grosses

Pygope ne sont pas rares. Les *Phylloceras* et les *Perisphinctes* restent fréquents. Il semble bien, cependant, qu'à cette époque la partie méridionale du géosynclinal helvétique — en général la plus profonde — se soit relevée considérablement, alors que la mer s'approfondissait au Nord. Il y eut même certainement émersion, tout au moins locale, entre les temps jurassiques et les temps crétacés. En effet, Gilliéron a signalé depuis longtemps un dépôt *sidérolitique* sur les calcaires jurassiques redressés de la Tour de Trême, près de Bulle ; et Arn. Heim, qui le rappelle, considère ce fait comme encore inexplicable (37, p. 291). De plus, Sarasin l'a bien montré, le *Berriasien* débute souvent par un conglomérat dont les éléments arrondis, empruntés pour la plupart au Jurassique, sont englobés dans une pâte marneuse à grain grossier. Arn. Heim a même découvert près de la Lenk un affleurement où ces éléments atteignent 2 m. de diamètre (53).

Tout l'étage *berriasien* témoigne d'une sédimentation détritique, en mer assez peu profonde ; l'aspect de ces terrains varie beaucoup d'un endroit à l'autre : on y trouve aussi bien des marnes sombres que des calcaires à entroques ; les petits gastéropodes, les *Pecten*, les *Lima*, les petits coraux isolés, constituent le fond de la faune ou les ammonites sont rares. Et l'abondance des spicules siliceux que révèle le microscope, montre le rôle qu'ont repris alors les éponges.

Elles le perdent bientôt : Au *Valanginien moyen et supérieur*, l'alternance régulière de calcaires marneux tachetés et de schistes, sans trace de spicules siliceux, avec une riche faune d'ammonites, fait penser à une mer profonde, tranquille, aux eaux claires. La présence d'une ammonite presque exclusivement espagnole — *Oosterella Garciae*, Nicklès [1] — indique un climat plutôt chaud.

L'Hauterivien marque au contraire un refroidissement dans toute la région méditerranéenne (Cf. E. Haug, 70, p. 1366). Brusquement, les calcaires marneux du Valanginien font place à des bancs de calcaire siliceux, pétris de spicules d'éponges ; c'est un sédiment tout à fait analogue à celui de l'Hauterivien des Nappes helvétiques (« Kieselkalk » des auteurs suisses allemands), avec cette seule différence que la texture en est un peu plus fine. L'absence de fossiles ne permet pas d'apprécier les conditions d'existence.

Dès l'*Hauterivien moyen*, à *Crioceras Duvali*, le faciès redevient graduellement ce qu'il était au Valanginien ; nous avons noté combien la distinction était difficile entre les couches valanginiennes et

[1] Je dois à l'amabilité de W. Kilian, professeur à Grenoble, la détermination de cette ammonite, et la mention de son intérêt pour les Alpes, où c'est la première fois qu'on la rencontre.

barrémiennes. Toutefois, la sédimentation au *Barrémien* fut moins uniforme qu'au Valanginien : on y rencontre des calcaires plus grenus, parfois même siliceux ou glauconieux, des calcaires et des marnes souvent plus sombres. La faune, presque uniquement formée d'ammonites, est de caractère nettement méditerranéen : les *Phylloceras* des groupes *infundibulum* et *Tethys* y dominent, avec les *Desmoceras*, les *Crioceras*, les *Bochianites*.

Le faciès *urgonien*, à la partie supérieure du Barrémien, est beaucoup moins bien représenté que dans les Nappes helvétiques, et dans des conditions assez différentes : nul rudiste, mais des algues diplopores, des orbitolines, une grande abondance de milioles. Cette roche a des analogies beaucoup plus grandes avec certaines « craies blanches » qu'avec l'Urgonien récifal ; la mer est plus profonde, certainement, que dans la zone helvétique. Cependant, ce faciès zoogène témoigne d'un soulèvement du fond à la fin du Barrémien et d'un changement dans les conditions de dépôt.

A l'*Aptien*, la sédimentation est franchement néritique et détritique, assez variable du reste. Les gros bancs de grès glauconieux alternent irrégulièrement avec des schistes arénacés ou marneux.

Les couches que nous avons attribuées à l'*Albien*, témoignent certainement d'un approfondissement de la mer, d'un retour aux conditions du Barrémien, avec de légères différences — dont la plus malencontreuse est la grande pauvreté en fossiles, mais dont la principale est une irrégularité dans l'alternance de dépôt beaucoup plus grande.

Le *Cénomanien*, nous l'avons vu, n'a jamais été constaté dans les Préalpes bordières ou internes. Il ne semble pas que ses dépôts aient pu être entièrement détruits par la transgression nummulitique, puisque ceux du Turonien ont été si bien conservés. Peut-être sont-ils compris dans les couches que nous considérons comme albiennes. Plus probablement, notre zone géosynclinale aura été exondée pendant cette époque où la mer transgressait si largement sur les aires continentales. Cela s'accorderait bien avec la loi de Haug. Mais il faut le dire, aucun indice d'émersion, ni de transgression turonienne, n'est connu jusqu'ici.

Le *Turonien*, avec ses calcaires marneux blanchâtres à rosalines et inocérames, est tout semblable au « Seewerkalk » des Alpes helvétiques ; mer assez profonde, calme, claire, avec des algues qui déterminent peut-être les taches grises de la roche ; le plancton devait être abondant; la faune benthonique, peu vorace, contraste, malgré l'analogie lithologique, avec celle du Kimeridgien à gros *Aspidoceras*.

Le peu que l'on connaît du *Sénonien* témoigne d'un approfondissement de la mer ; Arn. Heim voit dans ses « Leistmergel », le produit d'une sédimentation terrigène, mais tout à fait régulière et uniforme, en mer très profonde, pauvre en nourriture (72, p. 180 à 181).

Quelle que soit l'incertitude qui puisse régner encore sur la stratigraphie de certains de nos terrains *nummulitliques*, l'émersion de la zone bordière au début de l'Eocène est bien manifeste. Le « Wildflysch » lutétien, marque une irrégularité de sédimentation étonnante : les calcaires à rosalines y alternent avec des grès, des schistes noirs micacés, des schistes à globigérines, des calcaires siliceux, des brèches à éléments jurassiques. Puis c'est le Flysch, auversien et peut-être aussi priabonien, d'une épaisseur formidable, où souvent l'alternance des grès fins et des marnes est d'une régularité parfaite, avec de subites traînées d'éléments plus grossiers où l'on a chance de trouver de petites Nummulites. Seuls les animaux limnivores foisonnent. On a l'impression d'une mer trouble, instable. Marcel Bertrand a montré (63) à quel point ce faciès Flysch était caractéristique des chaînes de montagnes, de leur dernière phase de sédimentation. Je ne puis trouver d'expression plus frappante, dans sa tournure elliptique, ni plus heureuse, que celle dont use couramment M. Lugeon dans ses cours : « Le Flysch est un faciès de fermeture des géosynclinaux. »

Ainsi, la partie la plus profonde, la plus centrale que nous connaissions du géosynclinal helvétique, celle où se sont sédimentés les terrains de notre zone bordière, a subi une série de mouvements de bascule, positifs et négatifs, qui des abimes bathyaux l'ont fait remonter jusqu'à sortir de la mer. Ce sont des mouvements orogéniques précurseurs des paroxysmes tertiaires.

De l'Oxfordien au Tithonique, mouvement ascendant du fond, lequel replonge et s'ennoie au Valanginien et jusqu'à la fin du Barrémien ; remontée à l'Aptien, avec une petite récurrence bathyale à l'Albien, mais émersion probable au Cénomanien; retour de la mer au Turonien, approfondissement au Sénonien ; troisième émersion à l'Eonummulitique, suivie de la transgression lutétienne et des oscillations de la mer du Flysch, précédant la grande poussée tectonique.

SECONDE PARTIE

TECTONIQUE

Le caractère général de la structure tectonique des Préalpes bordières a été défini pour la première fois par CH. SARASIN en 1901 (24). Cet auteur, en précisant la stratigraphie des assises néocomiennes dans le ravin de la Veveyse de Châtel, a pu établir que la chaîne bordière était formée d'écailles superposées, chacune en série normale, sans trace de flancs renversés.

Il est, nous le verrons, des exceptions à cette règle : la Veveyse de Feygire nous montre de véritables plis imbriqués ; cependant, la constatation de M. Sarasin reste juste pour l'ensemble de la chaîne.

Cette chaîne, au premier abord, semble de structure assez simple. A mesure qu'on pousse l'investigation, qu'on précise la recherche, les complications apparaissent de plus en plus nombreuses, et déconcertantes pour l'esprit qui cherche une loi de distribution. Et il est vraisemblable que ces complications, nous ne les connaîtrons jamais toutes : l'étendue et l'épaisseur des terrains superficiels, glaciaires et éboulis, sont telles, que des éléments essentiels de la tectonique peuvent nous être cachés entièrement. C'est pourquoi les coupes que nous dessinons sont de valeur très inégale suivant les points ; l'appui d'une description très détaillée leur est indispensable pour qu'elles montrent vraiment ce qu'elles doivent représenter : les faits connus et visibles en même temps qu'un essai de synthèse.

Ici, nous nous bornerons à marquer les traits généraux tels qu'ils nous apparaissent. Et si beaucoup nous sont voilés, on peut cependant assez bien se représenter le *style tectonique* de la chaîne ; les principaux ravins nous le montrent assez nettement.

La zone des Préalpes bordières n'a pas de racine en profondeur ; elle s'écrase vers le S.-E., entre les Préalpes médianes et la molasse. Tel est le fait capital que H. SCHARDT a publié en 1894 ; il a montré qu'au Bouveret, sur la rive gauche du Léman, le Trias de la nappe médiane repose directement sur la molasse rouge, identique à celle de Vevey, que l'on retrouve au Sud dans le Val d'Illiez. La continuité à donc été rompue entre les Préalpes internes et les

bordières, au moins sur l'emplacement de la vallée du Rhône, (17 et 18).

De même, les Préalpes bordières, dans leur longueur, sont tronçonnées, étirées, divisées en petits massifs isolées les uns des autres, dont l'ensemble contourne fidèlement les deux protubérances que décrivent les Préalpes médianes, entre l'Arve et le Rhône, entre le Rhône et l'Aar. Cette discontinuité longitudinale n'a pas une moindre signification tectonique que l'écrasement en profondeur constaté au Bouveret. M. Lugeon l'a nettement montré pour les klippes carpathiques : ce tronçonnement est en relation avec la forme arquée du front des nappes, et témoigne de la poussée qu'elles ont subie. A mesure en effet que leur courbure frontale s'accentuait vers le Nord, le développement longitudinal s'exagérait au point de provoquer une disjonction de la zone externe, de l'étirer en un chapelet de lentilles (67).

Ce que nous saisissons donc à Montreux, c'est l'extrémité méridionale de l'un de ces tronçons des Préalpes bordières, et nous suivrons vers le Nord son accroissement continu.

On sait que cette zone est formée, en gros, d'écailles mésozoïques superposées, pincées entre deux coussins de Flysch dont l'un, à la base, garde une épaisseur à peu près constante, tandis que le supérieur augmente de puissance graduellement vers le Nord, jusqu'à dépasser, entre Semsales et le Moléson, une largeur de 7 km.

I. ENTRE MONTREUX ET LA BAYE DE CLARENS

La zone des Préalpes bordières n'occupe qu'un faible secteur sur les pentes du Mont Cubly ; elle figure comme une mince collerette autour de cette montagne, et ne s'y manifeste par aucun relief propre. Ce versant a été raboté par le glacier du Rhône, dont l'action se marque dans la topographie d'une façon beaucoup plus saisissante que la structure tectonique. Les dépôts morainiques ne laissent apercevoir que par ci par là quelques affleurements isolés, qui ne suff sent pas à nous représenter la structure de la chaîne.

A *Montreux* même, où notre zone ne dépasse par 1500 m. de largeur, apparaissent des têtes de couches néocomiennes, du Turonien derrière la poste de la gare, des schistes nummulitiques dans le buffet de la gare même, et sous les escaliers de l'Hôtel Suisse, tandis que le Flysch perce le glaciaire en plusieurs points, entre Montreux et Clarens (31, art. Montreux), et que l'Albien affleure dans les vignes au N-E., de Vuarennes.

A *Charnex* (voir coupe I) surgit une lentille de Kimeridgien, dominant les calcaires turoniens qui reposent eux-mêmes sur les grès glauconieux de l'Aptien, lesquels s'appuient sur le Flysch. Au-dessus du Malm, le coussin supérieur de Flysch n'a pas 100 m. de puissance, et soutient la cornieule triasique des Préalpes médianes.

Sur la route entre Charnex et *Chaulin*, affleure du Berriasien puis du Wildflysch. Et sur ce Wildflysch reposent en discordance (coupe I bis), le Valanginien et l'Hauterivien — rocher que domine le village de Chaulin — puis le Barrémien, et enfin l'Aptien qui apparaît au pied de la colline de *Cornaux*, sur la voie du chemin de fer électrique. Cent mètres plus loin, et juste au Nord, sur cette même voie, à la station de Cornaux, c'est le Valanginien de nouveau qui perce en butte moutonnée les dépôts morainiques.

Ainsi nous saisissons à Charnex un copeau jurassique chevauchant du Crétacé moyen ; à Chaulin, sur le Wildflysch une série néocomienne normale et bien développée, qui subitement s'écrase en tournant au N.-E., et c'est tout. Ce qui se passe entre deux, le glaciaire nous le cache.

II. LE RAVIN DE LA BAYE DE CLARENS

Cette rivière qui d'abord coule dans le sillon morainique séparant les Pléiades des Préalpes médianes, coupe subitement la chaîne bordière, puis reprend son cours vers le Sud, dans la molasse. Elle nous montre une section transversale de notre zone, que nous allons examiner en remontant le torrent, de l'W. à l'E.

Un ancien cours de la rivière, rempli de dépôts morainiques, et passant au pied du village de *Brent*, cache le contact de la molasse rouge et du Flysch préalpin ; mais celui-ci affleure en amont du pont de Brent, et sur plus de 500 m. forme les deux versants de la Baye.

Alors apparaissent les écailles mésozoïques, mais si différentes de l'une à l'autre rive, qu'on est d'abord tout embarrassé. Et si j'ajoute que, jusqu'en 1920, le versant droit était ici couvert, du haut en bas, d'une carapace de tuf, on comprendra que les détails de cette tectonique soient restés si longtemps obscurs.

Sur la *rive gauche*, on observe une succession assez régulière de Crétacé en série renversée :

Un premier, un deuxième escarpement, d'une vingtaine de mètres d'épaisseur en tout, sont formés de Turonien à fragments d'inocérames, qui semble reposer directement sur le Flysch.

Au-dessus, on aperçoit au bord de l'eau, de menus schistes noirs, qui se chargent bientôt de bancs calcaires, et ce nouveau complexe forme un troisième escarpement ; ce sont probablement des couches albiennes. Au niveau du torrent, elles sont plissées en synclinal, puis en un petit anticlinal irrégulier, aplati.

Un second anticlinal y fait suite, beaucoup mieux marqué, avec un jambage rongé par l'érosion. C'est le replis qu'a figuré schématiquement H. Schardt (11, pl. II, fig. 15b et p. 299). Les couches ainsi tordues sont de gros bancs de calcaires gréseux à glauconie, aptiens.

Au-dessus, la roche redevient schisteuse, en lames irrégulières d'un gris-bleu foncé, avec quelques bancs calcaires ; c'est l'Aptien encore, très probablement. Il est surmonté par du Barrémien fossilifère, peu épais, que recouvre à son tour le Flysch.

L'ensemble de cette série mésozoïque ne dépasse pas 200 m. de largeur.

Sur la *rive droite* (coupe II) ce Barrémien fossilifère se continue et s'épaissit, bien visible dans le torrent de Chantemerle. Mais dans le bas de ce torrent, près de son petit cône, le Barrémien recouvre directement le Wildflysch, lequel forme tout le versant escarpé que tapissait naguère le tuf, et qui fait face aux rochers turoniens et albiens de la rive gauche. Ce n'est qu'au haut de l'escarpement, dans une niche d'arrachement récente, qu'on aperçoit l'Aptien, en discordance sur le Wildflysch, s'intercalant entre lui et le Barrémien. Une petite lentille de couches albiennes, écrasée encore entre le Wildflysch et l'Aptien, est limitée par l'émergence de deux sources tufeuses.

Ainsi, le calcaire turonien n'existe plus sur la rive droite ; une forte épaisseur de Wildflysch a pris sa place ; les couches albiennes sont réduites à une menue lentille, et l'Aptien, écrasé au niveau de la rivière, a fui vers le haut du versant. En le suivant, nous verrons *sous lui* apparaître de nouvelles couches barrémiennes, qui formeront un élément essentiel et parfaitement continu tout le long des Pléiades.

Au-dessus des écailles mésozoïques, dans la Baye de Clarens, n'affleure plus que le Flysch, fort replié, qui disparaît bientôt sous les amas de tuf du *Scex que pliau*, puis sous l'énorme masse de glaciaire qui dépasse 150 m. de puissance à Saumont, où elle est guillochée de ravins à vif.

III. LES PLÉIADES

Au Nord de la Baye de Clarens, la zone des Préalpes bordières gagne en ampleur, et forme à elle seule toute une montagne, allongée suivant le méridien, et qui atteint 1400 m. d'altitude : les Pléiades.

Le côté oriental, de pente assez douce, est formé par le dos des couches mésozoïques et par le Flysch qui les recouvre. C'est sur le flanc occidental, beaucoup plus escarpé, qu'apparaît la structure de la zone.

Une longue paroi rocheuse, presque continue, raie à mi-côte le versant, dominant une longue forêt ; elle monte doucement vers le Nord, jusqu'au-dessous du point culminant de la crête, où elle s'interrompt, se décale, pour descendre ensuite lentement jusqu'à la Veveyse de Feygire. C'est la paroi kiméridgienne, base de l'écaille principale, jurassique et néocomienne, qui forme toute la partie supérieure de la montagne. Un large couloir, visible du plus loin qu'on aperçoit la montagne, descend du sommet en ligne droite, légèrement inclinée vers le Sud, jusqu'à la paroi jurassique : c'est le couloir des *Chevalleyres*.

Au-dessous de la paroi, c'est la zone du Wildflysch, qui passe graduellement au Flysch noir de base, lequel repose sur la molasse. Des lentilles de Malm, des lambeaux de calcaire turonien, s'intercalent dans ce Wildflysch, sans ordre apparent ; une lame turonienne, au nord des Chevalleyres atteint 180 m. de puissance, et détermine une terrasse en bastion avancé, au-dessous du sommet (coupe III).

L'*écaille principale* s'allonge avec une remarquable régularité du S. au N. des Pléiades, superposant en série normale le Malm et les étages néocomiens ; le Barrémien, replié sur lui-même, forme toute la crête et le flanc oriental jusqu'au marais des *Tenasses*, où il est recouvert par le Flysch. Mais sur le versant méridional de la montagne, la structure de l'écaille est beaucoup plus compliquée, et son raccord avec la Baie de Clarens ne se fait pas sans dislocation. C'est là que foisonnent les couches aptiennes et albiennes.

Au-dessus de l'Aptien, qui s'écrasait sur la rive droite de la Baie de Clarens, apparaît, dans les pentes de *Chantemerle* que traverse la voie du train Vevey-Chamby, du Barrémien (coupe II) ; et un peu plus haut, de l'Hauterivien, puis du Valanginien, en série tout à fait normale que l'on peut suivre vers le Nord jusqu'en Chexbres. Ce Crétacé repose directement sur le Wildflysch, où se

faufilent de petits lambeaux de Malm, de Turonien, tout à fait discontinus.

Brusquement, au-dessus de la voie de chemin de fer des Pléiades, surgit à la base de la série crétacée le Malm, en une paroi du premier coup haute de 40 m. Le Barrémien que nous avons suivi bute contre ce Jurassique, s'entasse contre lui, et se relie sans discontinuité à la série néocomienne qui forme la crête des Pléiades.

Il y a ici une *flexure transversale* de l'écaille, au Sud de laquelle le Jurassique est complètement écrasé (fig. 3) ; il semble que l'Aptien et l'Albien en profitent pour s'accumuler : avec le Barrémien, ils se replient, se laminent, se chevauchent de la façon la plus capricieuse.

Au N. de cette *flexure d'En Chexbres*, la paroi kiméridgienne fait une base solide à l'écaille, dont l'allure est dès lors tranquille ; cette muraille domine une pente d'éboulis presque continue ; cependant la coupure de quelques torrents permet de voir, au-dessous d'elle, le Séquanien, l'Argovien, l'Oxfordien, lequel repose directement sur le Wildflysch [1].

Nous avons dit déjà que la paroi jurassique s'interrompt au milieu de sa course ; elle s'étire et s'écrase, pour reprendre environ 300 m. plus au Nord, et 80 m. plus bas. Le chemin qui gravit ce versant des Pléiades, après s'être élevé sur la terrasse turonienne, profite de cette interruption du Malm pour gagner Orquières et Prantin. Cette *flexure des Pléiades*, que les divers auteurs ont depuis longtemps signalée, doit avoir sa cause dans le soubassement de la montagne (fig. 3). En effet, son contre-coup s'atténue de plus en plus dans les terrains néocomiens de l'écaille : l'Hauterivien n'est que légèrement tordu, et les couches barrémiennes y restent insensibles. Au contraire, au-dessous du Malm, la grande lame turonienne qui atteint là 150 m. d'épaisseur, semble s'écraser subitement, et disparaître. Et c'est dans le torrent qui prend naissance à la flexure du Malm, que l'on voit, dans la gorge de la Veveyse, le contact du Flysch sur la molasse à 550 m., alors qu'un peu plus au Sud, il est visible à 650 m. Bien que l'étendue des dépôts morainiques ne permette pas de le constater clairement, il est donc très probable que c'est *une dénivellation topographique dans le pays molassique, antérieure à la mise en place de la nappe*, qui a provoqué la *flexure des Pléiades*. En tout cas, *aucune dislocation* n'affecte la molasse dans cette région-là.

[1] Une erreur de détermination m'a d'abord fait prendre cet Oxfordien pour du *Berriasien*, qui eût alors représenté un fragment du flanc renversé de l'écaille : c'est ce que j'avais indiqué dans une note précédente que je tiens à rectifier ici (34).

Au Nord de la flexure des Pléiades, l'écaille principale descend doucement vers la Veveyse de Feygire. La paroi jurassique s'interrompt encore une fois, entre Conversions et Praz Bettex, mais sur l'espace de 75 m. seulement, avec un décalage de 30 m. à peine. Le Berriasien repose alors directement sur l'Oxfordien.

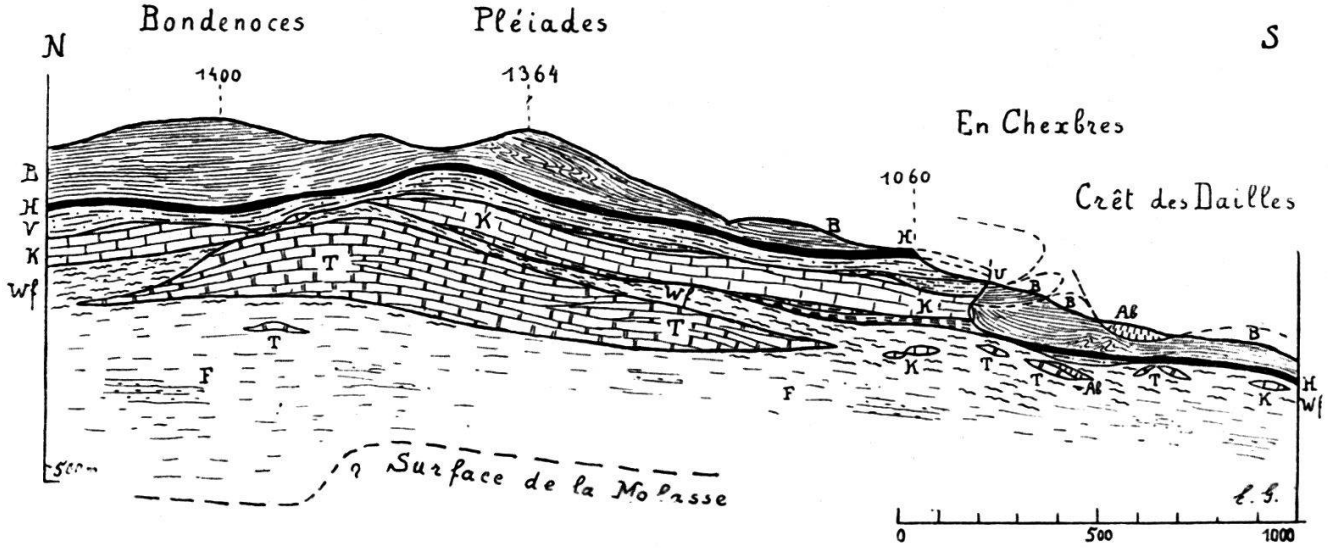


FIG. 3. — *Flexure des Pléiades et flexure d'En Chexbres.* — Voir légende Pl. I.

Au-dessous de l'écaille principale, à l'Est du pâturage de Saumont, — banquette morainique où percent quelques buttes de Flysch — des rochers de Malm surgissent au pied de la pente boisée ; ils ne semblent pas écroulés, bien qu'isolés par le glaciaire, et doivent être des lames de charriage dans le Wildflysch caché par les terrains superficiels.

La masse supérieure de Flysch, qui recouvre l'écaille principale des Pléiades, prend de plus en plus d'ampleur vers le Nord. Elle forme, à l'Est du marais des Tenasses, la colline surbaissée et marécageuse de *Pautex,* puis disparaît sous les énormes dépôts glaciaires qui emplissent la dépression de la Veveyse de Feygire.

IV. LA VEVEYSE DE FEYGIRE

Cette rivière, qui fait limite entre les cantons de Vaud et de Fribourg, nous offre une des meilleures coupes qu'on ait de la zone bordière. Si elle est moins connue que celle de la Veveyse de Châtel, c'est que son accès est moins facile, son ravin plus encaissé et plus sombre, hérissé de forêts.

Nous remonterons le cours du torrent, de l'W. à l'E. (voir coupe IV).

A son confluent avec la Veveyse de Châtel, notre rivière coule dans la direction du S. S. W., dans les poudingues chattiens ; et sur sa rive gauche on peut observer le passage latéral de ces conglomérats à la molasse rouge, que surmonte le Flysch préalpin.

Environ 750 m. en amont du confluent, la vallée fait un coude brusque : nous sommes en plein dans le Flysch, au gisement des Cyrènes décrites par Locard (59). Maintenant, la rivière coule de l'E. à l'W., séparant la terrasse glaciaire de Saumont de celle, identique, de Fruence. Mais le Flysch à traces charbonneuses affleure sans interruption dans ce segment du ravin qui va jusqu'au pont de Feygire, avec la seule intercalation des bancs de calcaire à Lithothamnies décrits ci-dessus (p. 32). Dès le pont, nous verrons le torrent couler, à travers toute la chaîne, vers l'W. N. W., avec de nombreux petits méandres déterminés par la direction presque méridienne des couches.

C'est immédiatement à l'E. du pont de Feygire qu'apparaissent les *écailles mésozoïques*. Du pont lui-même, on voit une lame turonienne s'élancer du lit de la rivière en montant vers l'W. sur la rive gauche. Au-dessous d'elle, le Flysch noir se transforme graduellement en Wildflysch. Cette lame n'a que 5 à 6 m. d'épaisseur, mais elle est suivie de deux autres, qui sur la rive droite s'écrasent en lentilles. Ces trois lambeaux turoniens, séparés par du Wildflysch typique, contiennent des débris d'inocérames.

Quelques mètres plus loin, c'est une lame *d'Oxfordien* qui s'intercale dans le Wildflysch ; Oxfordien supérieur, déjà chargé de bancs calcaires onctueux ; l'écaille ne dépasse pas 10 m. d'épaisseur.

Un peu en amont de l'embouchure d'un ruisseau qui descend, rive gauche, de la Cergne, apparaît dans le lit du torrent une nouvelle lentille turonienne, toute petite ; nous sommes à 250 m. de l'Oxfordien. Le Wildflysch reprend, sur une cinquantaine de mètres, et subitement se dresse l'*écaille principale*, jurassique et néocomienne.

C'est celle que nous avons suivie tout le long des Pléiades. On voit le Kimeridgien plonger en s'effilant vers l'E. S. E., écrasant sous lui en lentilles le Séquanien et l'Argovien, et reposant sur les schistes Oxfordiens. Sur le versant droit, le Malm est complètement écrasé au niveau de la rivière ; mais il s'épaissit bientôt dans le versant et se prolonge vers le Nord en une paroi rocheuse que domine un hameau : *le Chaussin*. Dans le lit du torrent, on voit sur la rive gauche le Tithonique, fort laminé, puis le Berriasien où Ooster a

trouvé (sur la rive droite) sa faune classique (4), puis le Valanginien, peu épais, au-dessus duquel l'Hauterivien inférieur dresse une muraille de calcaires siliceux. La rivière y taille une petite gorge infranchissable. Sur la rive droite, une faille fait reparaître un bloc de Malm, contre lequel bute l'Hauterivien au seuil de la gorge. Le Barrémien qui fait suite est très épais ; peut-être est-il replié plusieurs fois sur lui-même, mais on n'en peut rien constater ; il s'étend sur plus de 300 m. dans le fond du ravin, en série parfaitement isoclinale.

Un peu de Flysch le recouvre, d'où surgit une *seconde écaille* jurassique et néocomienne. Le Malm, au niveau du torrent, n'a que 5 à 6 m. d'épaisseur, mais il s'engraisse bientôt en montant sur le versant droit, et forme la grande paroi, haute de plus de 100 m., qui soutient la colline de *la Briaz.* On voit ce Kimeridgien, sous la cascade du torrent de la Briaz, se courber en anticlinal, tandis que sous lui le Séquanien, l'Argovien et l'Oxfordien continuent à monter obliquement la pente. A l'W. de la Briaz, c'est le Tithonique qui forme la *base* de la muraille, et sous lui des couches néocomiennes sont repliées en synclinal puis en anticlinal : ce ne peut être que le *flanc renversé* de l'écaille, bien visible ici.

Au-dessus du Kimeridgien, au bord de la rivière, s'étagent régulièrement les assises néocomiennes; le Barrémien a 150 m. d'épaisseur et le Flysch gréseux, riche en Zoophycos et en fucoïdes, le recouvre directement.

Cette seconde écaille (nous la nommerons *écaille de la Briaz,* pour la distinguer de l'*écaille des Pléiades et du Chaussin*) ne peut être suivie vers le S. ; elle disparaît, en effet, sur la rive gauche de la Veveyse, sous d'énormes masses de glaciaire. Vers le N., au contraire, nous la verrons se continuer, non sans de multiples avatars, sur le flanc des Corbettes et jusqu'au Niremont.

La *masse supérieure de Flysch,* taillée en gorge par la rivière sur un parcours d'environ 600 m., apparaît intensément repliée sur elle-même, bouleversée, contorsionnée. Puis le glaciaire envahit tout, et ce n'est qu'à plus d'un km. en amont qu'affleurent les terrains des Préalpes médianes.

V. LE MONT CORBETTA

On dit plutôt, dans le pays, et dans la littérature géologique, « *les Corbettes* ». C'est une colline arrondie, haute de 1400 m., isolée par les ravins de la Veveyse de Feygire au S., de la Veveyse de

Châtel au N. Le flanc occidental s'élève du plateau morainique de Fruence, par une belle paroi jurassique, base de l'écaille du Chaussin ; vers le S., on voit la grande masse rocheuse du Malm de la Briaz. Mais tout cela n'est qu'un premier gradin, qui n'atteint pas 1100 m. d'altitude. Au-dessus de lui, toute la partie supérieure de la montagne est formée de Flysch.

Le Flysch de base, le Wildflysch, ne se voient nulle part au pied des Corbettes.

Nous suivrons vers le N., l'une après l'autre, les deux écailles jurassiques et néocomiennes que nous avons distinguées dans la Veveyse de Feygire, et nous verrons ce qui leur arrive.

1. *Ecaille des Pléiades et du Chaussin.*

La paroi kimeridgienne que domine le Chaussin s'effile en pointe et s'interrompt juste au N. de ce hameau, permettant au chemin qui monte obliquement du village de Fruence d'arriver sans peine au Chaussin. On voit sur ce chemin même reparaître le Malm, précédé d'un petit affleurement d'Oxfordien ; et la paroi reprend, de plus en plus haute, formant au-dessus de Fruence un abrupt rocheux d'une cinquantaine de mètres, au haut duquel est perchée la petite chapelle du *Scex*. Muraille bien homogène, d'un seul tenant, du haut en bas kimeridgienne.

Et voici que cette masse rocheuse, au N. de Fruence, sur la rive droite du ravin de *Praz Gremy*, se divise en deux. La partie inférieure forme une butte boisée, et vient s'écraser, s'éteindre, dans le Wildflysch, au-dessus du hameau d'En Vuavra. La masse supérieure continue son trajet, à l'W. de la ferme de Riondonnaire, et arrive fort épaisse à la Veveyse de Châtel où elle détermine deux petites gorges.

A l'E. de Fruence, au bord du chemin qui sort du village, perce sous les éboulis de la paroi jurassique un petit affleurement de *grès glauconieux aptiens*, tout à fait isolé par le glaciaire ; c'est la seule trace qui apparaisse, au pied des Corbettes, des écailles mésozoïques pincées dans le Wildflysch.

Au-dessus de la paroi jurassique, les étages néocomiens se superposent normalement. Le Barrémien est presque entiérement caché par le glaciaire, mais l'on sait tout de même qu'il se replie sur lui-même, car la pente régulière qu'il forme est coupée par un petit gradin d'Hauterivien inférieur. On peut suivre vers le N. ces couches plus siliceuses jusqu'au torrent de Praz Gremy, où l'on voit bien qu'elles surgissent en pleine masse barrémienne.

Ce replis, qui n'était pas sensible dans la Veveyse de Feygire, semble de même s'être effacé dans la Veveyse de Châtel.

2. *L'écaille de la Briaz.*

Elle est, au flanc des Corbettes, beaucoup plus disloquée que l'écaille du Chaussin ; mais malheureusement, les terrains superficiels en cachent la plus grande partie. Le glacier a très énergiquement raboté la partie supérieure du gradin mésozoïque de la montagne, plus résistant que la masse de Flysch, et les terrains de notre écaille n'apparaissent qu'en buttes moutonnées, arrondies, isolées complètement les unes des autres.

Le sommet de la grande paroi qui domine la Veveyse de Feygire, où le Jurassique est replié en anticlinal, forme une première butte, à l'E. de laquelle s'élève celle de la Briaz, où le Valanginien, l'Hauterivien et le Barrémien sont amplement développés.

Mais brusquement la masse jurassique s'écrase, comme celle du Chaussin. Et lorsqu'elle reprend, quelques mètres plus loin, sur le *Haut du Mont*, elle est double. La partie inférieure dessine de petits escarpements boisés, la partie supérieure apparaît en deux buttes moutonnées, dont la première tourne vers le N.-E., la seconde redevenant méridienne. Entre les deux traînées de Malm, une autre butte, boisée, isolée, est faite de calcaires siliceux hauteriviens.

Dans le haut du ruisseau de Praz Gremy, la masse inférieure n'existe plus, ni l'Hauterivien. Et au-dessus du Kimeridgien de la traînée supérieure, les couches valanginiennes sont coupées en biseau par le Flysch, suivant un plan ondulé.

Entre ce ruisseau et la Veveyse de Châtel, tout est caché par les dépôts morainiques ; mais dans la Veveyse, nous retrouverons cette même écaille, bien plus disloquée encore et plus compliquée.

La *masse supérieure de Flysch*, que nous avons vu grossir depuis le lac Léman, occupe mainteuant tout le haut de la montagne. Entourée de glaciaire, elle émerge comme une énorme butte moutonnée.

Derrière elle, Favre et Schardt signalaient (11, p. 293) au chalet *des Crêtes*, une Klippe de Néocomien. C'est en réalité (voir coupe IV) l'Aalénien des Préalpes médianes qui affleure là sous la moraine, et dont l'alternance de calcaires et de schistes rappelle en effet la Valanginien et le Barrémien de la zone bordière. Nous y avons trouvé *Tmetoceras scissum*, *Ludwigia opalina*, etc.

VI. LA VEVEYSE DE CHATEL

La coupe offerte par cette rivière à travers notre chaîne est déjà classique ; au dessin et à la description qu'en firent FAVRE et SCHARDT, à l'étude de CH. SARASIN (11,24), on ne peut ajouter que peu de chose. Et l'interprétation complètement fausse qu'en donna plus tard F. Damm fut tout de suite réfutée (29, 30). Pourtant, comme toujours avec la zone bordière, plus on examine cette coupe, plus se multiplient les complications. Nous n'avons pas l'illusion de les avoir toutes reconnues... (voir coupe V).

La ville de *Châtel-St-Denis* est bâtie sur des buttes de poudingues molassiques, d'âge chattien (on y a trouvé *Helix Ramondi*, etc.), contre lesquelles vient frapper la Veveyse, pour emboîter dès lors leur direction presque méridienne, en une gorge abrupte. La plaine d'alluvion où la rivière divague avant de s'encaisser ainsi, à l'E. de la ville, cache malheureusement le contact du Flysch et des bancs molassiques.

A quelque cinq cents mètres en amont du pont de Châtel, s'élève sur la rive gauche la colline du *Daly*, toute couverte de moraine, mais au flanc de laquelle apparaît une écaille jurassique inclinée vers l'E., et chevauchant le Flysch noir. Les étages Argovien, Séquanien, Kimeridgien, sont là en série normale, épaisse d'une vingtaine de mètres. Et lorsque les eaux de la Veveyse sont assez basses, on peut observer l'écrasement complet de cette écaille dans le Flysch, où elle se pulvérise en lentilles et disparaît brusquement.

Dès lors, jusqu'au pont de bois couvert qui mène à Fruence, le Flysch affleure dans le lit du cours d'eau ; Flysch gréseux, d'aspect tout à fait normal d'abord, qui se change bientôt en Wildflysch, extrêmement tourmenté, avec des masses lenticulaires de calcaires blancs, pétris de globigérines et de rosalines.

Immédiatement en amont de ce *pont de Fruence*, apparaissent, sur la berge gauche, des couches valanginiennes, fossilifères. Le glaciaire empêche de voir leurs relations, mais il semble que ce soit un petit copeau tout à fait isolé dans le Wildflysch. Celui-ci reprend en effet, quelques mètres plus loin, et affleure jusqu'à la grande carrière de calcaire à ciment.

Favre et Schardt ont cru y voir une seconde lentille néocomienne isolée : il semble plutôt que ce soient là des couches calcaires appartenant au système nummulitique.

A l'W. de la *carrière de Planière*, carrière de calcaire à ciment qui

s'ouvre sur la rive droite de la Veveyse, on voit les couches de l'Oxfordien supérieur chevaucher en discordance le Wildflysch (fig. 1) ; celui-ci affleure sur une pente abrupte, où l'on peut étudier mieux que partout ailleurs la diversité des roches qui le constituent. Des boules de grès, des lentilles de calcaire identique au Turonien, des calcaires foncés et grenus s'y effilent dans de menus schistes micacés.

La carrière exploite l'*Argovien*, que surmonte une haute paroi kimeridgienne. C'est la base de l'*écaille des Pléiades et du Chaussin*, laquelle prend ici une ampleur imposante.

Le *Kimeridgien* lui-même a 150 m. d'épaisseur ; la rivière le coupe en deux gorges successives entre lesquelles le surcreusement glaciaire a élargi le ravin. Le Tithonique a été exploité sur la rive gauche, par une ancienne petite carrière : c'est le gisement portlandien de *Riondanaire* que cite E. Favre. On y voit la superposition directe du Berriasien, dont la base est conglomératique.

Les couches calcaires du *Valanginien* sont traversées par la rivière en un *méandre épigénétique*. L'Hauterivien inférieur est ici épais de 75 m. : nulle part il n'est aussi développé ; et l'on peut observer son changement graduel en une alternance de calcaires et de schistes, où abondent les *Crioceras* du groupe *Duvali*. Nouveau méandre épigénétique à travers le *Barrémien*. Les couches alternativement calcaires et marneuses, inclinées vers l'E., de direction presque méridienne, ont fait dévier la rivière, dans les deux cas, vers le N.

En restant dans le lit de la Veveyse, on voit le Barrémien recouvert de terrains morainiques, qui cachent tout affleurement sur une centaine de mètres ; puis brusquement surgit, sur la rive droite, un rocher jurassique qui s'allonge en croupe vers le Nord ; c'est l'une des *écailles du Rothsé* que nous allons décrire avec un peu plus de détails. Mais pour voir leurs relations avec la grande écaille inférieure, il faut remonter le ruisseau qui débouche dans la Veveyse, sur la rive gauche, dans la convexité du méandre barrémien. C'est le *ruisseau des Eterpis*.

Les écailles du Rothsé. — Sur la rive gauche du ruisseau des Eterpis, on voit le Barrémien de l'écaille des Pléiades recouvert directement par des couches oxfordiennes ; c'est même en cet endroit que l'étage oxfordien est le mieux développé. Il forme ici une lame indépendante, d'une trentaine de mètres d'épaisseur, immédiatement dominée par du Flysch.

Et au-dessus de ce Flysch, peu épais, s'étage une *série néoco-*

mienne normale, que l'on peut observer surtout dans le petit ruisseau qui descend de la ferme du Rothsé et se jette dans celui des Eterpis sur sa rive gauche. Le Valanginien, l'Hauterivien, le Barrémien y sont représentés. Le Flysch surmonte de nouveau cette série néocomienne, dans notre petit ruisseau, dont il occupe la rive gauche jusqu'à une paroi kimeridgienne qui s'allonge vers le N.-E. pour aboutir à la ferme du Rothsé.

Si maintenant nous suivons vers le S. ce Flysch, nous rejoindrons la Veveyse. Sur la croupe qui sépare les deux cours d'eau, une première *lame kimeridgienne* prend naissance dans ce Flysch, et descend en arête émoussée, vers le S. S. E., jusqu'au bord de

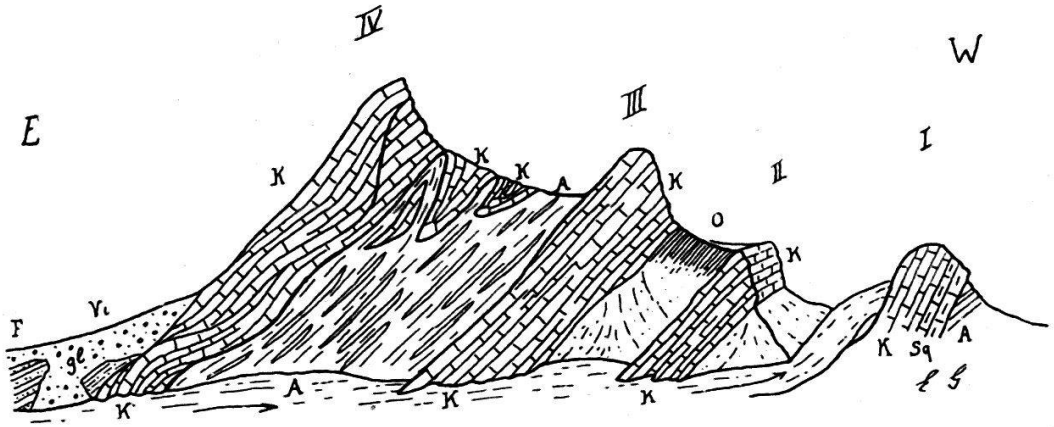


FIG. 4. — *Les écailles du Rothsé, sur la rive gauche de la Veveyse de Châtel.*
O = Oxfordien; A = Argovien; Sq = Séquanien; K = Kimeridgien; Vi = Berriasien; V = Valanginien; H = Hauterivien; B = Borrémien; F = Flysch; gl = glaciaire.

la Veveyse, dont elle détourne le cours dans la même direction (lame I des fig. 4 et 5). Cette lame n'est visible que sur la rive droite de la rivière ; la rive gauche est encore, en ce point, occupée par du glaciaire. Sous les éboulis qu'abandonne le Kiméridgien, on voit poindre le Séquanien et l'Argovien fossilifère (voir p. 12).

C'est ici que la Veveyse nous montre les complications les plus curieuses et les plus caractéristiques de notre zone bordière.

Sur la *rive gauche* (fig. 4), en amont de cette première lame kimeridigienne, on en voit surgir une seconde, puis une troisième, entre lesquelles s'écrasent de menus schistes oxfordiens. Au-dessus affleure une large masse de calcaires et schistes argoviens (j'y ai trouvé *Ochetoceras Eucharis*, d'Orb.) surmontée par une quatrième lame kimeridgienne dont les couches fort tourmentées jaillissent du lit de la rivière, écrasant sous elles l'Argovien, s'élèvent en une paroi d'une vingtaine de mètres de hauteur, et se replient dans le haut du versant, en deux petits synclinaux. Ce Kimeridgien est

recouvert d'un peu de Berriasien, puis le Flysch occupe seul la rivière.

Sur la *rive droite* (fig. 5), on retrouve aisément la seconde lame kimeridgienne, qui semble du reste s'arrêter bientôt ; la troisième apparaît divisée en deux, et ne semble pas non plus se poursuivre. La quatrième enfin s'épaissit beaucoup, et se replie en un large synclinal. Mais l'Argovien qui l'entoure s'appuie sur une nouvelle *série néocomienne* normale, dont on ne voit pas trace sur la rive gauche.

Et si l'on suit vers le Nord, sur une cinquantaine de mètres, cette série néocomienne, on en voit s'écraser la partie inférieure contre

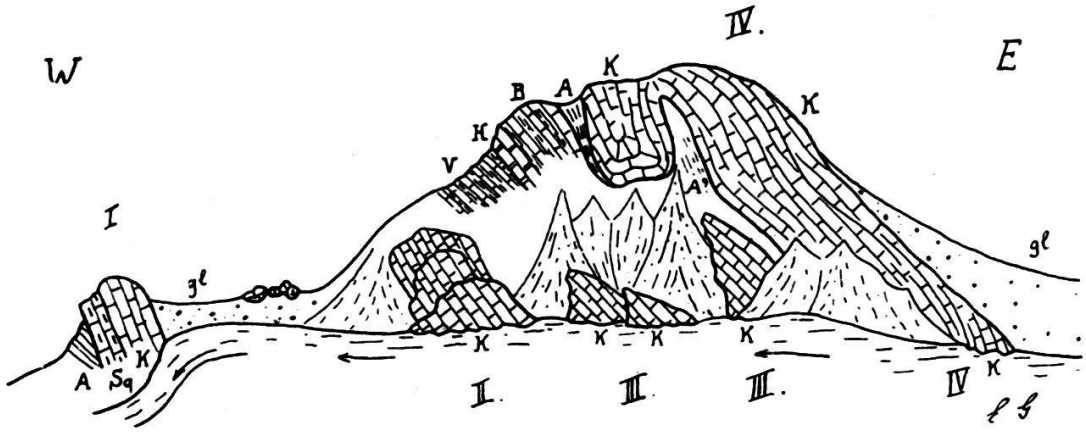


FIG. 5. — *Les écailles du Rothsé, sur la rive droite de la Veveyse de Châtel.* Voir légende fig. 4.

une lentille de Malm, au bas du pâturage du Rothsé. Cette lentille est probablement l'homologue des deuxième et troisième lames de la Veveyse, et c'est elle qui semble se poursuivre en paroi, dirigée vers le N-E., jusqu'à la ferme du Rothsé.

Si nous récapitulons les éléments tectoniques de ces écailles du Rothsé, nous voyons se superposer, soit dans le ruisseau des Eterpis, soit dans la Veveyse, au-dessus du Barrémien de la série des Pléiades :

1° une lame oxfordienne, séparée par du Flysch de
2° une première série néocomienne ; dans le Flysch qui la recouvre prend naissance vers le Sud
3° une première lame jurassique, en série normale, qui apparaît dans la Veveyse, où l'on constate
4° une seconde lame kimeridgienne ;
5° une troisième, ces deux dernières semblant, sur la rive gauche

où elle sont séparées par de l'Oxfordien, constituer une sorte d'anticlinal ;

6° une seconde série néocomienne normale, visible sur la rive droite de la rivière seulement ;

7° une quatrième lame jurassique, formée d'Argovien et de Kimeridgien replié, l'ensemble formant cependant une série normale, surmontée d'une faible couche de Berriasien, que vient revouvrir le Flysch de la masse supérieure.

Tout cet ensemble représente, probablement, l'*écaille de la Briaz* que nous avons vu naître dans la Veveyse de Feygire et se disloquer déjà au flanc des Corbettes.

Ici, elle est vraiment bouleversée, pulvérisée, et ses dislocations contrastent de la façon la plus frappante avec la calme ampleur de l'écaille des Pléiades et du Chaussin.

La *masse supérieure de Flysch*, qui forme tout le sommet des Corbettes, est peu visible dans la Veveyse de Châtel, tant sont épais et étendus les dépôts morainiques. Les couches que fait affleurer le ravin sont particulièrement tourmentées, repliées et contournées.

VII. LE NIREMONT

Le Niremont est un vaste gâteau de Flysch, masse amorphe et molle, couverte de forêts humides et de pâturages marécageux. Les formations mésozoïques n'apparaissent guère que sur son versant occidental, en une longue traînée qui détermine, comme au flanc des Corbettes, un premier gradin de la montagne. Mais ici, les parois jurassiques sont beaucoup moins apparentes qu'aux Corbettes, et rien, à distance, ne donne l'idée, même approximative, de la structure de ces écailles. Elles vont s'écraser de plus en plus vers le Nord, perdre en importance à mesure que le Flysch se développe, et n'être plus représentées au-dessus de Semsales que par de menus lambeaux isolés.

Nous n'en pourrons décrire les multiples complications que dans une monographie complète (dont cette partie est entièrement rédigée déjà). Dans la présente notice préliminaire, nous nous bornerons à indiquer les grands lignes de cette tectonique.

1. — Le *Flysch de base*, schisteux et gréseux, est presque partout caché par le glaciaire. Il perce, ici et là, dans un ruisseau ou en buttes moutonnées. Au N. du hameau de *Prayoud*, on voit ce Flysch s'a-

vancer de plus en plus vers l'Ouest, envahissant l'avant-pays molassique. Et sur la petite colline de *Montabliet*, à quelque 1200 m. au N. N. E. du lac de Lussy, on le trouve charrié, en discordance sur les couches molassiques redressées à 70° (voir coupe VII). Le Flysch, qui forme ici le sommet de la colline, affleure bien mal, malheureusement, dans les bois au sol épais ; mais la nature même de ce sol est caractéristique, et les couches éocènes apparaissent pourtant en quelques points, alors que le socle de la butte est tout en molasse (38).

Il est remarquable que ce lambeau de recouvrement, tout à fait isolé mais continuant la ligne des beaux affleurement de Prayoud, se trouve précisément à l'endroit où les puissants poudingues oligocènes passent latéralement, avec rapidité, au faciès gréseux de la molasse. On sent que le massif conglomératique, ici comme ailleurs, a fait obstacle à l'avancement de la chaîne alpine, qui profite de son abaissement pour déferler sur l'avant-pays déjà redressé, déjà érodé (68).

2. — Les *écailles mésozoïques inférieures*, que nous avons vu s'intercaler dans le Wildflysch, prennent au pied du Niremont un développement et une complexité remarquables. Mais elles n'apparaissent, elles aussi, qu'en buttes moutonnées, sans relations visibles, à l'E. de Prayoud.

Dans le *Crêt Piudié*, par exemple (coupe VI), on voit un tout petit affleurement de Kimeridgien, dominé par une masse assez épaisse de Turonien ; sur celui-ci s'appuie l'Aptien, et le Barrémien apparaît au flanc oriental de la butte. Ces terrains forment un chapelet de collines, ne dépassant guère 900 m. d'altitude, jusqu'à la ferme de *Crêt Mory*, près de laquelle l'Aptien constitue à lui seul toute une petite butte boisée.

Le Wildflysch lui-même n'apparaît que dans les torrents qui descendent du flanc du Niremont, au-dessus de ce chapelet de buttes mésozoïques.

Plus au N., aux environs de la ferme du *Molard*, percent en divers points, sous le glaciaire, des calcaires kimeridgiens ; il est malaisé de savoir s'ils sont en place, ou s'ils sont écroulés des parois jurassiques qui dominent. Un assez grand affleurement, au ras du sol, au S.-E. de la ferme de *Praz la Sauge*, semble bien être une écaille indépendante (coupe VII).

Le Turonien, enfin, apparaît en deux points, dans les prairies morainiques au S. de Semsales.

3. — L'*écaille des Pléiades et du Chaussin*, si bien développée

dans la Veveyse de Châtel, va subir dans le flanc du Niremont une série de torsions, de décalages vers l'E., qui contrastent avec l'extension du Flysch de base sur l'avant-pays.

Le Malm qui dominait la carrière de Planière tourne d'abord vers le N.-E., et vient s'écraser complétement au hameau de *Maudens*, à moins de 400 m. de la Veveyse. Un peu plus loin, sur la route qui monte de Châtel à la Frasse, on voit le Valanginien, dirigé lui aussi vers le N.-E., en contact avec le Wildflysch.

Du fait de cette torsion, les terrains néocomiens s'accumulent dans une sorte de poche, à l'E. de Maudens ; on n'en peut guère étudier les dislocations, tant les affleurements sont réduits, mais ces dislocations doivent être assez intenses, car une grande *lentille de Malm* surgit au sommet d'une colline boisée, au-dessus de la route de Maudens, où le Valanginien recouvre le Wildflysch ; elle se trouve donc en pleine poche néocomienne, sans que malheureusement le terrain glaciaire permette d'observer aucune de ses relations [1].

En suivant le Valanginien sur la route de Maudens, on le voit bientôt tourner de nouveau, reprendre une direction méridienne, et former une petite crête moutonnée, qui s'allonge jusque près de la ferme de *Praz de la Chaux*. Là, il disparaît sous une masse écroulée. Mais sous lui, dans un petit torrent qui sort de la masse écroulée, le Berriasien et le Malm reparaissent en lentilles.

Au delà de la masse écroulée, on ne trouve plus qu'un vaste affleurement d'Oxfordien, dont le haut, tout au moins, appartient à l'écaille supérieure, mais au milieu duquel s'intercale bientôt, juste au-dessus de la ferme de Praz de la Chaux, une série normale séquanienne et kimeridgienne, recouverte un peu plus loin de Valanginien, et qui gagne en ampleur vers le N., jusqu'au-dessus du Crêt Mory.

Mais avant de l'y poursuivre, il faut savoir ce qu'est devenue l'écaille de la Briaz.

4. — L'*écaille de la Briaz* semblait être représentée dans la Veveyse de Châtel par les lames kimeridgiennes et les séries néocomiennes du *Rothsé*, si tourmentées. Immédiatement au N. du Rothsé, une forte dislocation doit intervenir — hélas, le glaciaire la cache — car subitement se dresse, au bois des *Crauses*, une importante masse kimeridgienne limitée vers le Sud par une grande faille. Nul doute

[1] Favre et Schardt (11, p. 287) avaient bien reconnu cette lentille jurassique ; Sarasin (24) n'y veut voir qu'une masse écroulée ; mais elle est bien nettement en place.

que ce ne soit le Malm de la ferme du Rothsé, car il domine la première série néocomienne visible dans l'affluent N. du ruisseau des Eterpis ; mais ce Malm est décalé de 275 m. vers l'W.-N.-W.

On peut le suivre, dès lors, sans interruption. Au flanc de la colline de *Montgevin*, il forme une paroi de 30 m. de hauteur : c'est la niche d'arrachement de la masse écroulée de Praz de la Chaux. On y exploita autrefois une carrière, qui reste un gisement fossilifère classique (gisement de *Praz de la Chaux* ou de *Prayoud*). Le Jurassique y est en série normale, avec à la base une épaisse masse d'Oxfordien — celle même où nous avons vu renaître le Malm de l'écaille inférieure. Au-dessus de la carrière, la colline de Montgevin est formée d'assises néocomiennes. En série normale d'abord, elles se replient bientôt jusqu'à entraîner avec elles une toute petite *lentille de Kimeridgien*, qui affleure à 50 m. au N.-E. du chalet de Montgevin, noyée dans les couches barrémiennes (coupe VI).

Le Jurassique de la carrière se prolonge vers le N. jusque près du torrent de la *Chaudereire*, qui descend au S. du Crêt Mory. Mais il n'atteint pas ce torrent : une centaine de mètres au S. de son cours, le Malm se replie vivement en anticlinal, se poursuit encore, en s'amincissant, sur environ 80 m., et disparaît.

Il reposait, là, sur le Valanginien de l'écaille des Pléiades, tout en supportant lui-même une série néocomienne complète. En disparaissant, il cède simplement sa couverture crétacée à l'écaille inférieure. L'Hauterivien, dans le torrent même de la Chaudereire, subit le contrecoup de l'anticlinal kimeridgien, et continue sa course vers le N., en repos normal sur le Valanginien de l'autre écaille.

Il n'existe plus, désormais, qu'une seule série jurassique et néocomienne, résultant de la fusion des deux autres.

5. — *Suite et fin de l'écaille.* Au N. du Crêt Mory, le Jurassique de notre écaille s'enfonce sous une grande masse écroulée ou glissée, qui forme les prés et les bois dominant les *Ciernes ès Lambert*, et dont la niche d'arrachement est bien nette dans le Barrémien replié. Ce Barrémien garde une direction méridienne, se rétrécit seulement de plus en plus vers le N., écrasé par la masse supérieure du Flysch. Tandis que le Malm, au-delà de la masse écroulée, est de nouveau décalé vers l'E. d'environ 150 m.

Dès lors, il n'apparaît plus que sporadiquement dans la pente, couverte de glaciaire ou d'éboulis de Flysch, si ce n'est au Dat (coupe VII).

Le rocher du *Dat* gisement fossilifère si connu depuis les travaux

de Favre et de Gilliéron, c'est le point où le torrent du *Lanciau* franchit en cascade la paroi kimeridgienne. Le Séquanien apparaît au pied de la chute ; immédiatement au-dessus d'elle, c'est le Tithonique, auquel succède une série néocomienne complète ; l'Hauterivien inférieur détermine une seconde cascade ; le Barrémien est recouvert par le Flysch.

Au Dat, l'écaille mésozoïque tout entière n'a guère plus de 250 m. d'épaisseur. Elle va se réduire progressivement, et 700 m. au N. du Dat, disparaître sous le glaciaire.

Dans la *Mortivue*, rivière qui descend du Niremont sur Semsales, les formations mésozoïques sont réduites à ceci : une petite masse de Malm effroyablement broyé, trituré, ne dépassant pas 10 m. d'épaisseur ; et, un peu en amont, vers la cote 1000, une lame de Turonien, émergeant de la moraine et de l'alluvion, sur la rive gauche du ravin. Cet affleurement, Favre et Gilliéron le connaissaient déjà ; c'est le gisement de *Praz Roux* où furent trouvés les meilleurs fossiles du Turonien (voir fig. 2).

6. — *La masse supérieure de Flysch* est devenue, au Niremont, formidable. Non seulement elle occupe tout le sommet de la montagne, mais elle empiète de plus en plus sur les contreforts du Moléson, reléguant toujours plus en arrière la nappe des Préalpes médianes, dont le front s'écrase toujours davantage. A l'extrémité de notre carte, la zone de Flysch dépasse 7 km. de largeur.

Cette masse apparaît comme un élément tectonique distinct, qui chevauche sur n'importe quel terrain des écailles mésozoïques. Elle est elle-même repliée en tout sens, mais ces replis ne sont guère visibles, et c'est la monotonie et l'uniformité de ces terrains qui frappent avant tout.

Cependant, au sein de la masse de Flysch, j'ai trouvé deux petites écailles de Malm, entièrement isolées (coupe VI).

L'une se trouve sur le flanc occidental du Niremont, au S. du plateau de la Chaudereire, non loin de la *Côte à Ramy*. Elle a bien 75 m. d'épaisseur, et n'est formée que de Kimeridgien.

La seconde apparaît au pied oriental de la montagne, dans la vallée du torrent de Rathvel, dans le bois qui domine la *Casa derrey*. Elle n'a guère plus de 20 à 30 m. d'épaisseur, et à sa partie supérieure elle est formée de Tithonique.

S'il est d'autres lames mésozoïques dans cette montagne de Flysch, elles sont cachées par les terrains superficiels, qui occupent de grandes étendues.

VIII. LES KLIPPES DU GROS-PLANÉ.

Au N.-W. du sommet du Moléson, au-dessous du Gros-Plané, de nouvelles lames mésozoïques apparaissent, plantées dans le Flysch. Mais elles sont formées d'autres terrains que les écailles des Préalpes bordières. Connues depuis longtemps (11, p. 289), elles sont représentées, en gros, sur la carte géologique au 1 : 100 000 (3).

La plus importante de ces klippes, la plus complexe aussi, se trouve près du chalet de la *Joux derrière :* ce sont des rochers, dirigés S.W-N.E., au bord du pâturage du Gros-Plané (coupe VIII). L'extrémité S. W. est formée d'une lame de calcaire jurassique, lusitanien, identique à celui des Préalpes médianes, qui s'effile dans le Flysch ; vers le N.-E., ce Malm s'écrase en lentilles, mais sous lui apparaît, en série normale, de l'Oxfordien-Callovien d'abord, puis du Bathonien [1] à *Lytoceras tripartitum*, faciès des Préalpes médianes.

Sur cette série jurassique s'appuie un paquet de calcaires grenus bleu foncé, ce sont les *couches de Wang*, d'âge Maestrichtien, avec leurs serpules que M. Lugeon a nommées *Jereminella Pfenderae*. Enfin, à l'extrémité N.-E. de la klippe, des calcaires à lithothamnies et à orthophragmines s'intercalent entre les couches de Wang et le Jurassique, et se replient intensément avec les bancs oxfordo-calloviens.

Or ces couches de Wang, on le sait, de même que ces calcaires priaboniens à lithothamnies, sont caractéristiques des Hautes Alpes Calcaires, des nappes helvétiques, et particulièrement, en Suisse, de la nappe du Wildhorn. Nous en trouvons ici des lambeaux, associés à des écailles jurassiques des Préalpes médianes, et noyés dans le Flysch de la zone bordière.

D'autres klippes, plus petites, avoisinent celles de la Joux derrière ; dans son prolongement vers le N.-E. au bord de la forêt, on retrouve, en plein Flysch, une lentille de calcaires lusitaniens, reposant sur des bancs oxfordo-calloviens et supportant des couches de Wang ; une seconde lame de Malm vient dominer le tout.

Dans le prolongement S.-W. de la klippe de Joux derrière, entre les chalets de la Cuvigne et du Gros-Plané, émerge une troisième écaille jurassique, isolée, entourée des dépôts du glacier du Moléson.

C'est aussi dans la moraine locale qu'apparaissent, à l'E. de

[1] Dans la coupe VIII, pl. II, ce terrain est, par erreur, marqué du monogramme Bj au lieu de Bt.

cette dernière lame, deux affleurements préalpins. Dans le premier, des calcaires lusitaniens légèrement rosés sont accolés à des calcaires à entroques d'un rouge chaudron, tels qu'on les trouve, au-dessus du marais de Rathvel, formant le Lotharingien des Préalpes médianes. Le second affleurement n'est formé que de calcaires lusitaniens plongeant vers le S.-W.

Enfin, au-dessus du chalet de la *Joux devant*, une longue lentille de Malm surgit dans la masse de Flysch, tout près d'un entonnoir profond creusé dans le gypse des Préalpes médianes (coupe VIII).

Les klippes du Gros Plané avec leurs couches de Wang et leurs calcaires à lithothamnies de faciès helvétiques pincés dans le Flysch des Préalpes bordières, apportent une confirmation précieuse au raccord proposé par H. Schardt et M. Lugeon de notre zone avec celle des Préalpes internes, où l'on retrouve des couches de Wang en paquets isolés, et avec la nappe de la Plaine morte, qui se rattache directement à celle du Wildhorn.

CONCLUSIONS

Si l'histoire, la stratigraphie des Préalpes bordières nous est assez bien connue, on n'en peut dire autant de leur structure, de leur tectonique. Nous avons déclaré dès le début combien sont grandes les étendues où les dépôts morainiques nous voilent les roches en place ; on ne saurait trop insister là-dessus, car il n'en est point ici comme dans les nappes helvétiques ou dans les Préalpes médianes, où l'on peut, entre deux coupes complètes, aisément prolonger, par la pensée, les replis et les dislocations. Ici, toute interpolation est condamnée d'avance. Nous sommes dans le domaine du discontinu, de l'accident imprévisible — parce que la loi qui, sans doute, régit ces complications n'est pas encore trouvée. Et notre étude, reconnaissons-le, ne marque aucun progrès dans la voie de sa découverte.

Pourtant, le style tectonique de la zone bordière nous apparaît maintenant avec clarté, grâce à la série d'exemples que sont pour nous les ravins de la Baye de Clarens, des Veveyses, du Dat, et nous pouvons essayer d'en formuler les principaux caractères.

Parler de discontinuité, d'écrasement, de complication, ne suffit pas pour donner une idée de cette tectonique ; ce serait en fausser l'image ; car on peut tout aussi bien insister sur la continuité remarquable de certains éléments, sur leur tranquillité d'allure. L'écaille principale des *Pléiades* se poursuit sur plus de 7 km., de

Chantemerle à la Veveyse de Châtel, sans dislocations importantes ; la série stratigraphique qu'elle présente, justement dans la Veveyse de Châtel, est d'une imposante régularité ; aucun terme n'en est écrasé, chaque étage s'y développe amplement, sans que la moindre faille en vienne tourmenter les couches.

Oui, mais 75 m. plus loin, vers le N., ce Jurassique si épais dans la Veveyse et si continu vers le S., n'existe plus. Et dans la Veveyse même, les écailles du Rothsé sont là pour nous montrer ce que peuvent être des bouleversements tectoniques.

En somme, c'est précisément dans ces contrastes que m'apparaît le caractère le plus typique de la structure de notre zone. Voici le ravin du Dat : on n'imagine rien de plus normal que la succession de terrains qu'il présente ; mais voici celui de la Mortivue, sur Semsales : deux lentilles écrasées, l'une de Malm, l'autre de Turonien, sont seules à s'égrener dans le Flysch ; et encore, ce Turonien n'a pas du tout l'aspect d'une roche éprouvée par le dynamométamorphisme (voir fig. 2) ; ses couches sont régulières, elles contiennent des inocérames et des huîtres parfaitement conservés, alors que du Kimeridgien il ne reste qu'une sorte de bouillie. Dans la Baye de Clarens, le flanc gauche du ravin montre une série renversée, qui semble tout à fait continue, du Turonien au Barrémien. On se tourne vers la rive droite, et tout est changé. Le Turonien a disparu, et quelques mètres plus loin, on le retrouve en lame isolée dans le Wildflysch ; l'Aptien de la rive gauche se révèle partie d'une écaille en série normale — laquelle se poursuivra tout le long des Pléiades ; le Barrémien, enfin, chevauche le tout en écaille indépendante.

On pourrait multiplier à l'infini les exemples, et balancer des antithèses à propos de chacun d'eux. Partout voisinent des terrains tranquilles, en succession normale, riches en fossiles, et des lames pulvérisées, bouleversées inimaginablement.

On sent que les Préalpes bordières ~~s~~nt subi des pressions formidables, mais qu'elles ont fui devant ces pressions. Il n'est peut-être pas, dans toutes les Alpes, d'élément tectonique qui ait été soumis à de semblables charriages. Cette nappe est née sous les masses penniques du Valais, avant les grands plis des Alpes helvétiques ; la formidable poussée des schistes de Casanna l'a fait jaillir en rabotant le massif du Mont-Blanc, — mais, rejetée pardessus le massif de l'Aar, elle a échappé, comme le Flysch du Niesen, au métamorphisme des Alpes Pennines. Alors ont surgi, sous elle, les nappes helvétiques ; hissée à leur faîte, plissée avec elles, happée même entre leurs mâchoires, notre série les a encapuchonnées, a

épousé leurs contournements, de façon toute passive. Et lorsqu'est survenue l'énorme masse des Préalpes médianes, qui lui ont passé sur le corps, nos terrains ont été poussés en avant, séparés de leurs racines, traînés sur la molasse, étirés en longueur, écartelés ; mais ils sont restés en avant du front préalpin.

Les écailles mésozoïques de la zone bordière ont été d'autant plus tronçonnées que leurs terrains étaient moins plastiques ; le Malm s'écrase dans le fond des ravins des Veveyses, alors que les couches néocomiennes, plus marneuses, y gardent toute leur épaisseur. La paroi jurassique des Pléiades s'interrompt deux fois, tandis qu'au-dessus d'elle les étages crétacés sont parfaitement continus. Le Turonien, calcaire, n'existe qu'en lentilles isolées. Mais la plus grande partie de ces étages, sédiments géosynclinaux, sont marneux ; leur nature même leur facilitait la fuite.

En outre, les écailles mésozoïques étaient protégées par deux coussins de Flysch, extrêmement plastiques et fort épais, qui ont été les premiers à subir les bouleversements penniques, helvétiques et préalpins, qui les ont atténués, amortis. Là où les roches mésozoïques, plus dures, exerçaient leur friction sur ce Flysch, elles l'écrasaient, le trituraient, y entrelardaient de leurs esquilles, formaient ce « Wildflysch » que Boussac définit si justement « un faciès de broyage ». Alors que le Flysch noir, où les argiles prédominent, se moulait sur le socle molassique déjà redressé et érodé.

Le massif des poudingues du Pélerin a certainement mis un terme à l'avancée des nappes préalpines, a déterminé, par l'obstacle qu'il faisait, ce point de rebroussement à leur front : le lambeau de Flysch de Montabliet, témoin d'une avancée sur la molasse au point tout justement où ces poudingues se changent en grès, en est une preuve nouvelle. Et il semble bien que le tronçonnement de la zone bordière vers le S., son écrasement plus intense dans la région de Montreux, soit une conséquence de l'abaissement axial des Préalpes médianes sur la vallée du Rhône, signalé par M. Lugeon (19).

Ainsi, les diverses particularités de la zone bordière, la nature de ses terrains, les caractères de sa structure, l'histoire de ses dislocations finissent par s'éclairer l'un l'autre, se relier, s'harmoniser mieux ; on entrevoit la possibilité d'une synthèse future. Mais que de problèmes restent posés ! que de faits inconnus, que de relations insoupçonnées ! Et de quelle complexité apparaît le mécanisme qui assemble, par exemple, dans une seule des klippes du Gros Plané, et là seulement, le Flysch des Préalpes bordières, des esquilles ju-

rassiques des Préalpes médianes, des couches de Wang et des calcaires priaboniens de la nappe du Wildhorn.

Ce sont là des coïncidences qui ne peuvent nous sembler que mystérieuses, jusqu'au jour où, servant de base à de nouvelles recherches, elles font découvrir les lois dont elles ne sont que les conséquences nécessaires.

Actuellement, formuler des hypothèses sur ce mécanisme, proposer des explications plus circonstanciées aux accidents tectoniques des Préalpes bordières, serait tâtonner dans le vide. Ou plutôt, selon une phrase de Pascal, « ce serait imiter ceux qui veulent seulement faire voir qu'ils ne manquent pas de paroles ».

BIBLIOGRAPHIE

A. Ouvrages traitant de la région étudiée :

1. B. Studer. Geologie der westlichen Schweizer-Alpen. Heidelberg und Leipzig, 1834.

2. B. Studer. Geologie der Schweiz. 2 vol. 1851 et 1853.

3. E. Favre. Carte géologique de la Suisse au 1 : 100 000, feuille XVII. Berne, 1870.

4. W. A. Ooster. Die organischen Reste der Pteropodenschicht, einer Unterlage der Kreideformation in der Schweizer-Alpen. *Protozoe helvetica*, II, p. 89-136, Pl. 15-19, 1871.

5. E. Favre. Sur ses études entre Château-d'Oex et Semsales. *Act. Soc. helvét. sc. nat.*, 55e session, p. 54, Fribourg, 1872.

6. E. Favre. Coupe des Alpes vaudoises prise des Pléiades près de Vevey aux Ormonts par la Dent de Jaman, les Rochers de Naye et les Tours d'Aï. *Verhandl. Schweiz. naturforsch. Gesell. in Schaffhausen*, p. 85 et 86. 1873.

7. E. Favre. Note sur les terrains jurassiques supérieurs des Alpes de la Suisse occidentale. *Bull. Soc. géol. France*, IIIe sér., vol. 3, p. 695 à 703. 1875.

8. E. Favre. Description des fossiles du terrain oxfordien des Alpes fribourgeoises. *Mém. Soc. Pal. Suisse*, vol. III, 75 p., 7 Pl. 1876.

9. E. Favre. La zone à *Ammonites acanthicus* dans les Alpes de la Suisse et de la Savoie. *Mém. Soc. Pal. Suisse*, vol. IV, 113 p., 9 Pl. 1877.

10. E. Favre. Description des fossiles des couches tithoniques des Alpes fribourgeoises. *Mém. Soc. Pal. Suisse*, vol. VI, 72 p., 5 Pl. 1880.

11. E. Favre et H. Schardt. Description géologique des Préalpes vaudoises et du Chablais jusqu'à la Dranse et de la chaîne des Dents du Midi. *Mat. Carte géol. Suisse*, Liv. XXII, 636 p., 18 Pl. 1887.

12. E. Renevier. Disques gypseux de la Veveyse de Châtel. *Arch. Sc. phys. et nat.* Genève, vol. XXIII. p. 347. 1890.

13. H. SCHARDT. Programme détaillé de l'excursion dans les Préalpes romandes. *Eclog. geol. Helvet.*, vol. II, p. 451-454, Pl. IX-XII, 1891.

14. H. SCHARDT. Excursion de la Société géologique suisse dans les Préalpes fribourgeoises et vaudoises. *Eclog. geol. Helvet.*, vol. II, p. 528-569. 1891.

15. H. SCHARDT. Coup d'œil sur la structure géologique des environs de Montreux. *Bull. Soc. vaudoise Sc. nat.*, vol. XXIX, p. 241-255, Pl. II et III, 1892.

16. E. RENEVIER. Découverte d'un fossile ayant l'aspect d'une *Conularia* parmi des fossiles venant des Crases de la Veveyse, près Châtel-St-Denis. *Bull. Soc. vaudoise Sc. nat.*, vol. XXIX, p. IX et XIII, 1893.

17. H. SCHARDT. Excursion géologique au travers des Alpes occidentales suisses. *Livret-guide du Congrès internat. de Géol.*, 6e *session, Zurich*, p. 171-195, 1 Pl., 1894.

18. H. SCHARDT. Compte-rendu de l'excursion au travers des Alpes de la Suisse occidentale. *C.-R. de la* 6e *session du Congrès géol. internat.*, p. 473-489, 1894.

19. M. LUGEON. Leçon d'ouverture du cours de géographie physique à l'Université de Lausanne. *Bull. Soc. vaudoise Sc. nat.*, vol. XXXIII, p. 49-78, Pl. I-III, 1897.

20. H. SCHARDT. Les régions exotiques du versant nord des Alpes suisses (Préalpes du Chablais et du Stockhorn et les Klippes) leurs relations avec l'origine des blocs exotiques et la formation du Flysch. *Bull. Soc. vaudoise Sc. nat.*, vol. XXXIV, p. 113-219, Pl. I, 1898.

21. H. SCHARDT. Les Préalpes romandes (Zone Chablais-Stockhorn). Un problème de géologie alpine. — Leçon d'ouverture du cours de Géologie prononcée en séance publique le 4 juin 1897 à l'aula de l'Académie de Neuchâtel. *Bull. Soc. neuchât. Géographie*, t. XI, p. 5-26, Pl. I, 1899.

22. R. DE GIRARD. Tableaux des terrains de la région fribourgeoise. *Mém. Soc. fribourgeoise Sc. nat.*, vol. II, fasc. 2, 1900. (2e édit. augm., 1911.)

23. M. LUGEON. Les grandes nappes de recouvrement des Alpes du Chablais et de la Suisse. *Bull. Soc. géol. France*, IVe sér., vol. I, p. 723-825, Pl. XIV–XVII, 1901.

24. C. SARASIN. Les formations infracrétaciques de la chaîne Pléiades-Corbettes-Niremont. *Arch. Sc. phys. et nat., Genève*, 4e pér., vol. XII, 20 p. 1901.

25. SARASIN et SCHÖNDELMAYER. Etude monographique des Ammonites du Crétacique inférieur de Châtel-St-Denis. *Mém. Soc. Pal Suisse*, vol. XXVIII et XXIX, 195 p., 25 Pl., 1901 et 1902.

26. PENK und BRÜCKNER. Die Alpen in Eiszeitalter. 3 vol., Leipzig, 1903-1909.

27. L. RITTER VON SAWICKI. Ein Beitrag zur Entwickelungsgeschichte der Rhein-Rhone Wasserscheide. *Zeitschr. der Gesell. für Erdkunde*, Jahrg. 1909, p. 7-32, Pl. I.

28. E. BRÜCKNER. Zur Frage der Entwickelung der Rhein-Rhone-Wasserscheide. *Zeitschr. der Gesell. für Erdkunde*, Jahrg. 1909, p. 387-395.

29. F. DAMM. Das Kalkgebirge bei Châtel-St-Denis. *Annuaire de l'Instit. géol. de Fribourg.* 1909.

30. C. SARASIN. Revue géologique suisse pour l'année 1909 (critique de l'étude de F. Damm). *Eclog. geol. Helvet.*, vol. XI, p. 195, 1910.

31. Dictionnaire géographique de la Suisse. 6 vol., Neuchâtel, 1902-1910. Articles géologiques rédigés par H. SCHARDT. Voir :

Art. Feygire (Pont de), vol. II, p. 84.
Art. Montreux, vol. III, p. 362 et 363 (1 profil).
Art. Niremont, vol. III, p. 539.
Art. Pléiades, vol. III, p. 713 (1 profil).

32. C. A. R. BEHMER. Die erratischen Blöcke in der Freiburger Ebene. Inaug. Dissertation, Fribourg, 1912.

33. J. BOUSSAC. Etudes stratigraphiques sur le Nummulitique alpin. *Mém. Carte géol. détaillée de la France, Paris*, 1912.

34. E. GAGNEBIN. La tectonique des Pléiades et le problème du « Wildflysch ». *Bull. Soc. vaudoise Sc. nat.*, vol. 51, Proc. verb., p. 124-128, 1917.

35. E. GAGNEBIN. Les klippes du Gros-Plané (Moléson). *Bull. Soc. vaudoise Sc. nat.*, vol. 51. Proc. verb., p. 186-187, 1917.

36. E. GAGNEBIN. Encore sur les klippes du Gros-Plané. *Bull. Soc. vaudoise Sc. nat.*, vol. 52. Proc. verb., p. 70-71, 1918.

37. Arn. HEIM. Das helvetische Deckengebirge. In Alb. HEIM. Geologie der Schweiz, vol. II, p. 259-476. Leipzig, 1920.

38. E. GAGNEBIN. Les Préalpes entre Montreux et le Moléson. *Eclog. geol. Helvet.*, vol. XVI, p. 71, 1920.

39. E. GAGNEBIN. Les Cyrènes de la Veveyse de Feygire. *Eclog. geol. Helvet.*, p. 387-389, 1922.

B. Ouvrages ayant trait à d'autres régions de la même zone tectonique :

40. V. GILLIÉRON. Aperçu géologique sur les Alpes de Fribourg en général et description spéciale du Montsalvens. *Mat. Carte géol. Suisse*, Liv. XII, 273 p., 10 Pl., 1873.

41. E. FAVRE. Description des fossiles du terrain jurassique de la montagne des Voirons (Savoie). *Mém. Soc. Pal. Suisse*, vol. II, 77 p., 7 Pl. 1875.

42. E. FAVRE. Note sur la structure géologique des Voirons. *Bull. Soc. géol. France.* IIIe sér., vol. 3, p. 690-694, Pl. XXV, 1875.

43. PH. DE LA HARPE. Nummulites du Flysch. *Bull. Soc. vaudoise Sc. nat.*, vol. XVI, p. 171, 1879.

44. PH. DE LA HARPE. Note sur les *Nummulites Partschi* et *Oosteri*. *Bull. Soc. vaudoise Sc. nat.*, vol. XVII, p. 33-40, Pl. III, 1880.

45. F. DOGE. Nummulites du Flysch. *Bull. Soc. vaudoise Sc. nat.*, vol. XIX, p. 11, 1882.

46. V. GILLIÉRON. Nummulites dans le Flysch, près des Bains du Lac noir. *Bull. Soc. vaudoise Sc. nat.*, vol. XIX, p. II, 1882.

47. V. GILLIÉRON. Description géologique des territoires de Vaud, Fribourg et Berne compris dans la feuille XII entre le lac de Neuchâtel et la crête du Niesen. *Mat. Carte géol. Suisse.* Liv. XVIII, 532 p., 13 Pl. 1885.

48. M.BERTRAND. Le Môle et les collines de Faucigny (Haute Savoie). *Bull. Serv. Carte géol. France*, N° 32, Tome IV, 1892.

49. M. LUGEON. Sur la découverte d'une racine des Préalpes suisses. *C.-R. Acad. Sc. Paris*, 17 janv. 1901.

50. R. Schider. Geologie des Schrattenfluh im Kanton Luzern, *Beitr. geol. Karte der Schweiz*, Neue Folge, XLIII, Lief., 1913.

51. A. Buxtorf. Ueber die tektonische Stellung der Schlieren und Niesen-Flyschmasse. *Verhandl. Naturforsch. Gesell. in Basel*, Bd. XXIX, p. 270-275, 1918.

52. A. Buxtorf. Ueber ein Vorkommen von Malmkalk im subalpinen Flysch des Pilatusgebietes. *Verhandl. Naturforsch. Gesell. in Basel.* Bd. XXVIII, 2. Theil, p. 436-438, Pl. VII, 1917.

53. Arn. Heim. Beobachtungen in den Préalpes Internes. *Eclog. geol. Helvet.*, vol. XV, p. 473-477, 1920.

54. Arn. Heim. Beobachtungen am Mont Bifé (Montsalvens) in den Préalpes externes. *Ecl. geol. Helvet.*, vol. XV, p. 472-473, 1920.

55. Arn. Heim. Geologie des Mont Bifé am Freiburger Alpenrand. *Vierteljahrschr. Naturforsch. Gesell. in Zürich*, Bd. LXV, p. 435-461, 1920.

56. E. Gerber. Zur Geologie des Gurnigels. *Eclog. geol. Helvet.*, vol. XVI, p. 546-547, 1922.

57. E. Gerber. Bericht über die Exkursion B. der Schweizerischen Geologischen Gesellschaft ins Gurnigel-Stockhorngebiet, I. Teil. *Eclog. geol. Helvet*, Vol. XVII, p. 410-416, 1922.

C. Ouvrages divers cités dans cette étude :

58. F.-J. Kaufmann. Emmen-und Schlierengegenden nebst Umgebung. *Beitr. geol. Karte der Schweiz*, XXIV. Lief., 1886.

59. A. Locard. Monographie des Mollusques Tertiaires terrestres et fluviatiles de la Suisse. *Mém. Soc. Pal. Suisse*, vol. XIX, 1892.

60. H. Schardt. Sur l'origine des Alpes du Chablais et du Stockhorn, en Savoie et en Suisse. *C.-R. Acad. Sc. Paris*, Tome CXVII, p. 707-709, 1893.

61. H. Schardt. Sur l'origine des Préalpes romandes (zone du Chablais et du Stockhorn). *Arch. Sc. phys. et nat. Genève*, 3e période, Tome XXX, p. 1-14, 1893.

62. E. Haug. L'origine des Préalpes romandes et les zones de sédimentation des Alpes de Suisse et de Savoie. *Arch. Sc. phys. et nat. Genève*, 3e période, Tome XXXII, p. 154-173, 1894.

63. M. Bertrand. Structure des Alpes françaises et récurrence de certains faciès sédimentaires. *C.-R. Congr. géol. internat. Zurich*, p. 171-177, 1894.

64. H. Schardt. De l'origine des régions exotiques et des klippes du versant nord des Alpes suisses, et leurs relations avec les blocs exotiques et les brèches du Flysch. *Arch. Sc. phys. et nat. Genève*, 4e période, Tome IV, p. 467-471, 1897.

65. H. Schardt. Encore les régions exotiques. Réplique aux attaques de M. Emile Haug. *Bull. Soc. vaudoise Sc. nat., vol.* XXXVI, p. 147-169, 1900.

66. H. Lugeon. Première communication préliminaire sur la géologie de la région comprise entre le Sanetsch et la Kander. *Eclog. geol. Helvet.*, vol. VI, p. 497-500, 1900.

67. M. Lugeon. Les nappes de recouvrement de la Tatra et l'origine des Klippes des Carpathes. *Bull. Labor. Géol. Lausanne*, N° 4, 1903.

68. Arn. Heim. Die Brandung der Alpen am Nagelfluhgebirge. *Eclog. geol. Helvet*, vol. IX, p. 386-387, 1907.

69. Arn. Heim. Die Nummuliten- und Flyschbildungen der Schweizeralpen. *Abhandl. Schweiz. Palaeont. Gesell.*, vol. XXXV, 1908.

70. E. Haug. Traité de Géologie. Paris, 1908-1912.

71. P. Beck. Geologie der Gebirge nördlich von Interlaken. *Beitr. geol. Karte der Schweiz*, Neue Folge, XXIX. Lief., 1911.

72. Arn. Heim. Monographie der Churfirsten-Mattstock-Gruppe. 4 Teile, I Atlas. *Beitr. geol. Karte der Schweiz*, Neue Folge, XX. Lief., 1910-1917.

73. M. Lugeon. Les Hautes Alpes calcaires entre la Lizerne et la Kander. *Mat. Carte géol. Suisse.* Nouv. série, XXXe livr., fasc. 1-3, 1914-1918.

74. M. Lugeon. Sur l'origine des blocs exotiques du Flysch préalpin. *Eclog. geol. Helvet.*, vol. XIV, p. 217-221, 1916.

75. M. Lugeon. Sur l'inexistence de la nappe du Augsmatthorn. *Bull. Soc. vaudoise Sc. nat.*, vol. 51. Proc. verb., p. 55-57, 1916.

76. J. de Lapparent. Etude lithologique des terrains crétacés de la région d'Hendaye. *Mém.. Carte géol. détaillée de la France.* Paris, 1918.

77. P. Arbenz. Probleme der Sedimentation und ihre Beziehungen zur Gebirgsbildung in den Alpen. « Heim-Festschrift », *Vierteljahrschr. Naturforsch. Gesell. Zürich*, Bd. LXIV, p. 246-275, 1919.

78. E. Baumberger. Ueber das Alter der Vaulruz- und Ralligschichten. *Eclog. geol. Helvet.*, vol. XVI, p. 137-138, 1920.

79. C. Mauve. Geologische Untersuchungen im Molésongebiet. *Eclog. geol. Helvet.*, vol. XVI, p. 374-455, Pl. VI-VIII, 1921.

80. P. Beck. Das stampische Alter der Thuner Nagelfluh und deren Bedeutung für den Bau des Alpenrandes. *Mitt. Naturforsch. Gesell. in Bern*, 1922.

81. P. Beck. Das Alpenrand bei Thun. *Eclog. geol. Helvet., vol.* XVII, pl 318-323, 1922.

TABLE DES MATIÈRES

Pages

INTRODUCTION 1

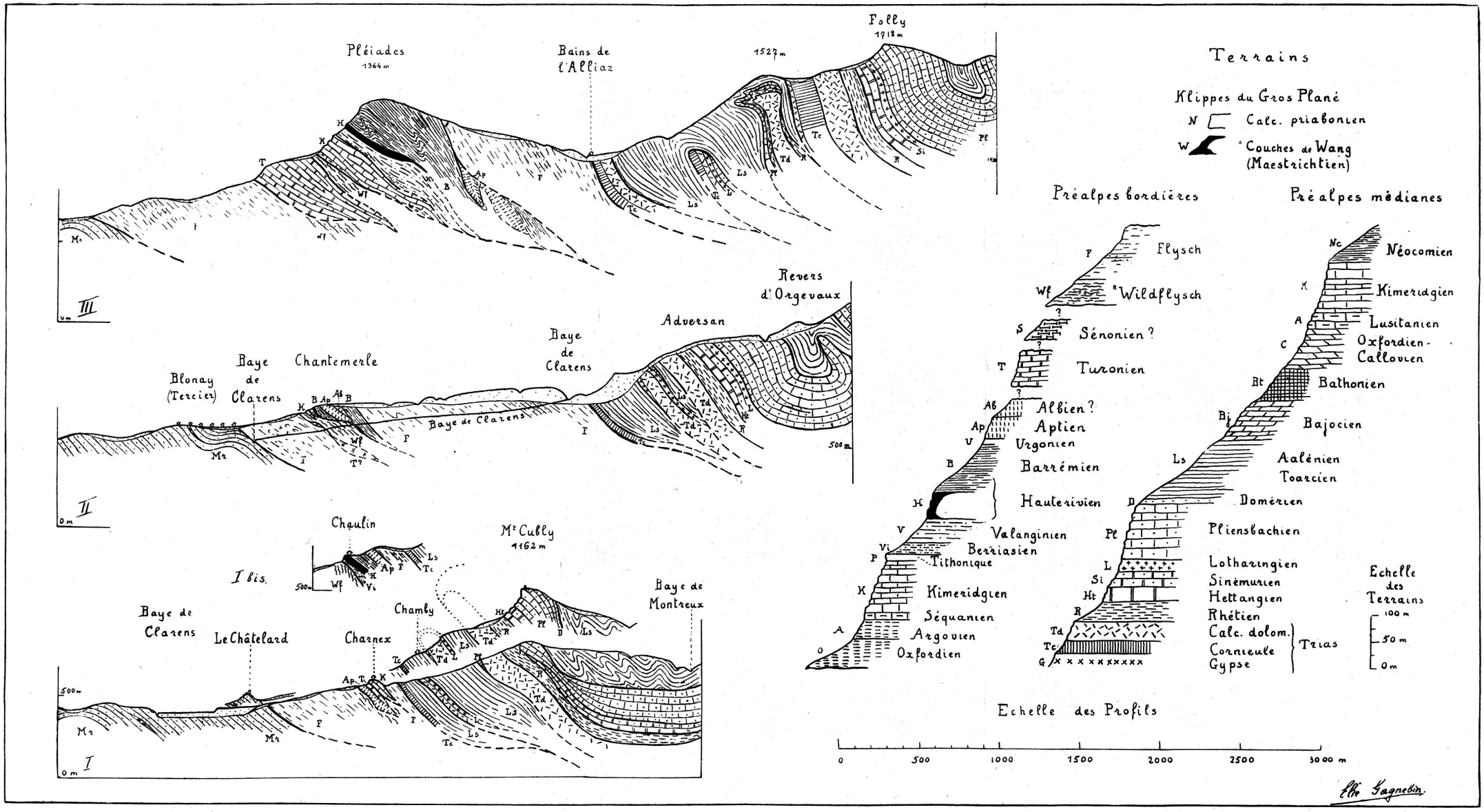
Ire PARTIE : STRATIGRAPHIE 6
A. — Terrains jurassiques 6
I. Etage oxfordien 7
II. » argovien. 9
III. » séquanien 12
IV. » kimeridgien 14
V. » portlandien 15
B. — Terrains crétacés 18
I. Berriasien. 19
II. Valanginien 20
III. Hauterivien inférieur. 21
IV. Hauterivien supérieur et Barrémien 22
V. Urgonien 23
VI. Aptien et Albien 24
VII. Turonien 27
VIII. Sénonien 29
IX. Maestrichtien 30
C. — Nummulitique 30
I. Flysch noir de base 31
II. Wildflysch 33
III. Flysch gréseux du sommet 34
D. — Quaternaire 35
Conclusions 36

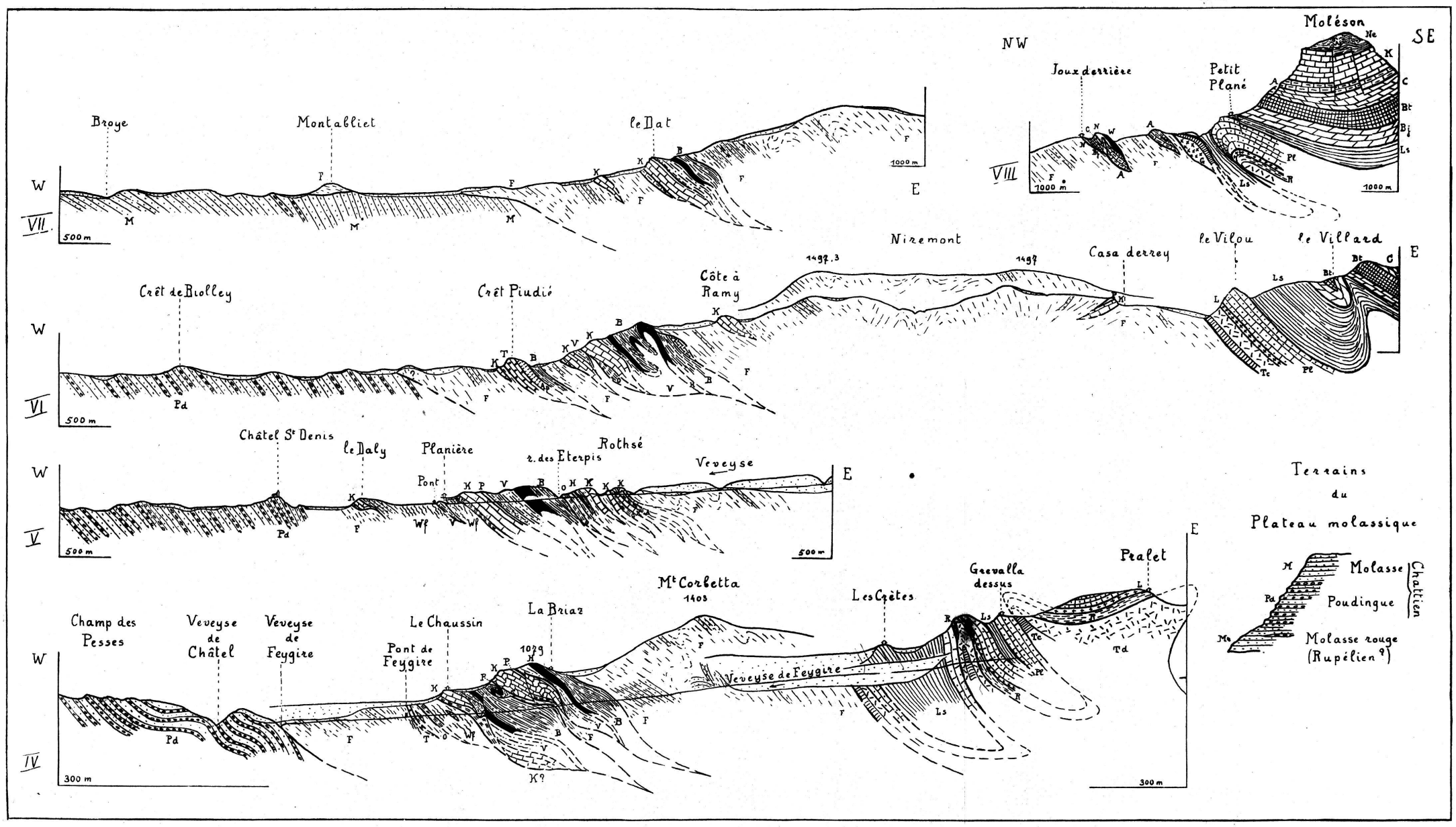
IIe PARTIE : TECTONIQUE 41
I. Entre Montreux et la Baye de Clarens 42
II. Le ravin de la Baye de Clarens. 43
III. Les Pléiades. 45
IV. La Veveyse de Feygire 47
V. Le Mont Corbetta 49
1. — Ecailles des Pléiades et du Chaussin 50
2. — Ecaille de la Briaz. 51
VI. La Veveyse de Châtel 52
Les écailles du Rothsé. 53
VII. Le Niremont 56
1. — Le Flysch de base. 56
2. — Les écailles mésozoïques inférieures 57
3. — L'écaille des Pléiades et du Chaussin. 57
4. — L'écaille de la Briaz 58
5. — Suite et fin de l'écaille 59
6. — La masse supérieure de Flysch 60
VIII. Les Klippes du Gros Plané. 61

Conclusions. 62

Bibliographie. 65

IMPRIMERIES RÉUNIES S. A. LAUSANNE.


Pléiades
1364 m
Bains de l'Alliaz
1527 m
Folly
1918 m
III
Revers d'Orgevaux
Adversan
Baye de Clarens
Chantemerle
Blonay (Tercier)
Baye de Clarens
Baye de Clarens
II
Chaulin
Mt Cully
1162 m
I bis.
Baye de Clarens
Le Châtelard
Chamby
Charnex
Baye de Montreux
I
Terrains
Klippes du Gros Plané
N Calc. priabonien
W "Couches de Wang (Maestrichtien)
Préalpes bordières
Préalpes médianes
Flysch
"Wildflysch
Sénonien ?
Turonien
Albien ?
Aptien
Urgonien
Barrémien
Hauterivien
Valanginien
Berriasien
Tithonique
Kimeridgien
Séquanien
Argovien
Oxfordien
Néocomien
Kimeridgien
Lusitanien
Oxfordien-Callovien
Bathonien
Bajocien
Aalénien
Toarcien
Domérien
Pliensbachien
Lotharingien
Sinémurien
Hettangien
Rhétien
Calc. dolom.
Cornieule
Gypse
Trias
Echelle des Terrains
100 m
50 m
0 m
Echelle des Profils
0
500
1000
1500
2000
2500
3000 m
Elie Gagnebin


VII
W
E
Broye
Montalliet
le Dat
500 m
1000 m
VIII
NW
SE
Joux derrière
Petit Plané
Moléson
VI
Crêt de Biolley
Crêt Piudié
Côte à Ramy
Nizemont
1497.3
1497
Casa derrey
le Vilou
le Villard
V
Châtel St Denis
le Daly
Planière
Pont
r. des Eterpis
Rothsé
Veveyse
IV
Champ des Pesses
Veveyse de Châtel
Veveyse de Feygire
Pont de Feygire
Le Chaussin
La Briaz
1079
Mt Corbetta
1403
Les Crêtes
Grevalla dessus
Prafet
Veveyse de Feygire
300 m
Terrains du Plateau molassique
Molasse
Poudingue
Chattien
Molasse rouge (Rupélien?)