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

Kapitel: I: Stratigraphie

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: 09.07.2025

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

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

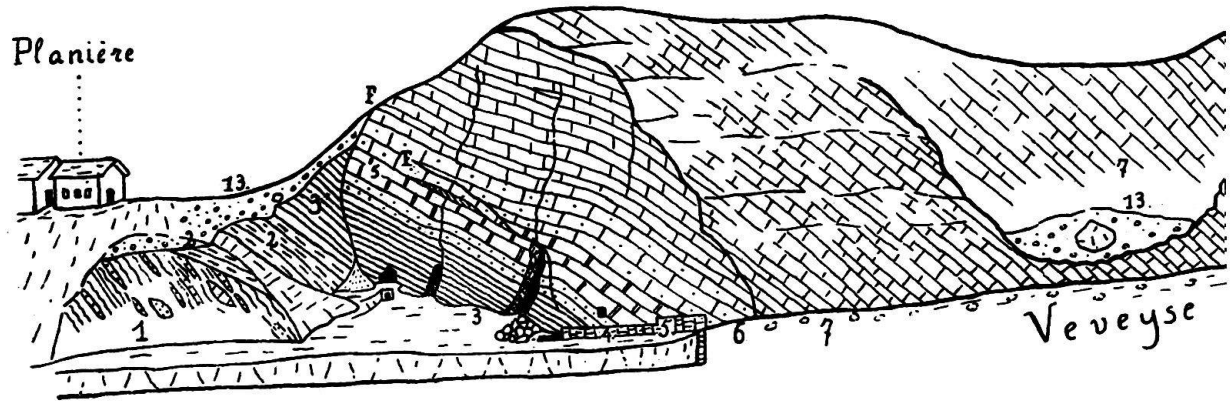


FIG. 1. — *La série jurassique de la Vev*
1. Wildflysch. — 2. Oxfordien. — 3. Argovien. — 4. Niveau grumeleux au sommet de l'Argov
8. Tithonique. — 9. Conglomérat de base du Berriasien. — 10. Berriasien. — 11. Zone à

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 :

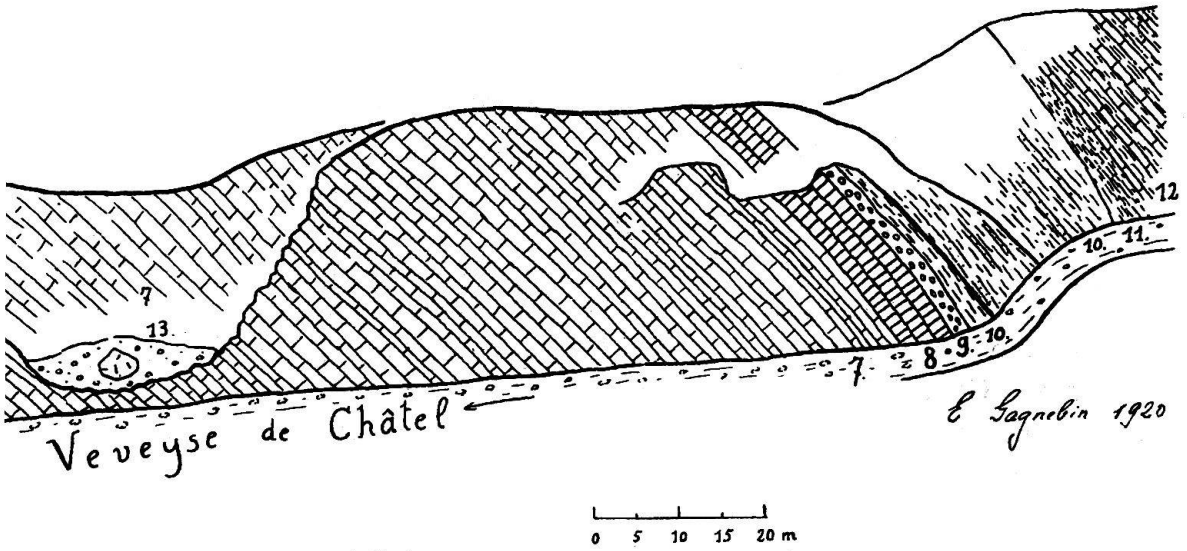
Peltoceras arduennense d'Orb.

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.

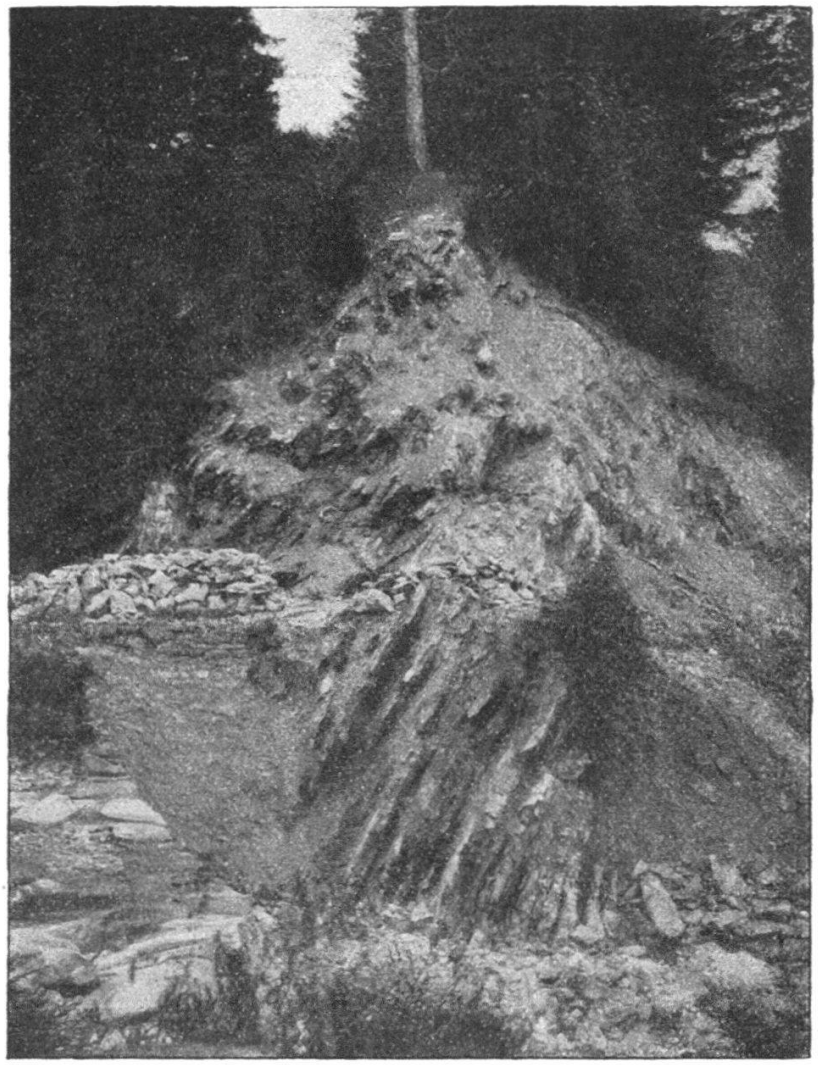


FIG. 2. — *Le gisement de Turonien de Praz Roux, près Semsales.*

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.