HAL
open science

Géologie du massif des Bornes et des klippes préalpines des Annes et de Sulens (Haute Savoie) - Alpes françaises

Léon Moret

To cite this version:

Léon Moret. Géologie du massif des Bornes et des klippes préalpines des Annes et de Sulens (Haute Savoie) - Alpes françaises. 1934. insu-00653918

HAL Id: insu-00653918

https://insu.hal.science/insu-00653918v1

Submitted on 20 Dec 2011

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

MÉMOIRES DE LA SOCIÉTÉ GÉOLOGIQUE DE FRANCE
NOUVELLE SÉRIE — TOME X — FASC. 1-2— FEUILLES 1 A 21
MÉMOIRE N° 22, PP. 1 A 162 — PL. I A VI

GÉOLOGIE DU MASSIF DES BORNES ET DES KLIPPES PRÉALPINES DES ANNES ET DE SULENS (HAUTE-SAVOIE)

PAR

LÉON MORET

PARIS
AU SIÈGE DE LA SOCIÉTÉ GÉOLOGIQUE
28, RUE SERPENTE (VIe)
TÉL. DANTON 90-61

1934

MÉMOIRES EN VENTE A LA SOCIÉTÉ GÉOLOGIQUE DE FRANCE

MÉMOIRES DE GÉOLOGIE (1833-1910)

Francs

1834. — Desgenevez. *Observations sur le Cantal, les Mont-Dore et la composition des roches volcaniques*, 22 p., 1 pl. — Reboul. *Mémoires sur les terrains de comblement tertiaires*, 18 p. — Boué. *Coup d'œil d'ensemble sur les Carpathes, le Marmarosch, la Transylvanie et certaines parties de la Hongrie, rédigé en grande partie d'après les notes de voyage de M. Lill de Lilienbach*, 22 p., 1 carte. — Lill de Lilienbach. *Journal d'un voyage géologique fait à travers toute la chaîne des Carpathes, en Bukovine, en Transylvanie et dans le Marmarosch*, 80 p., 3 pl. — Bertrand Geslin. *Notice géognostique sur l'île de Noirmoutier (Vendée)*, 14 p., 12 pl. — Jean Steininger. *Obs. sur les fossiles du calcaire intermédiaire de l'Eifel*, 42 p., 4 pl. 60 »

1835. — Levallois. *Identité des formations qui séparent dans la Lorraine et la Souabe le calcaire à Gryphites (Lias) du Muschelkalk*, 28 p. — Léveillé. *Aperçu géologique de quelques localités très riches en coquilles sur les frontières de France et de Belgique*, 12 p., 2 pl. — Toulmouche. *Note explicative de la carte géologique du département d'Ille-et-Vilaine*, 2 p., 1 carte. — A. Boué. *Aperçu sur la constitution géologique des provinces illyriennes*, 48 p., 1 pl. — C. Prévost. *Notes sur l'île Julia pour servir à l'histoire de la formation des montagnes volcaniques*, 38 p., 3 pl.. 60 »

1839. — de Buch. *Traduit par Le Cocq. Essai d'une classification et d'une description des Térébratules* (Deuxième partie), 60 p., 4 pl. — Thorent. *Mémoire sur la constitution géologique de la partie nord du département de l'Aisne et l'extrémité sud du département du Nord*, 22 p., 2 pl. — d'Archiac. *Observations sur le groupe moyen crétacé*, 52 p. — Leymerie. *Mémoire sur la partie inférieure du système secondaire du département du Rhône*, 66 p., 2 pl. — Studer. *Mémoire sur la carte géologique des chaînes calcaires et arénacées entre les lacs de Thun et de Lucerne*, 24 p., 1 pl. ..... 50 »

1840. — A. d'Orbigny. *Mémoire sur les Foraminifères de la craie blanche du bassin de Paris*, 52 p., 4 pl. — Rozet. *Mémoire géologique sur la masse de montagnes qui séparent le cours de la Loire de ceux du Rhône et de la Saône*, 100 p., 3 pl. — L. de Buch. *Traduit par Le Cocq. Essai d'une classification des Delthyris ou Spirifers et Orthis*, 76 p., 5 pl. ..... 60 »

1841. — J. Cornuel. *Mémoire sur les terrains crétacé inférieur et supra-jurassique de l'arrondissement de Vassy (Haute-Marne)*, 62 p., 3 pl. — Leymerie. *Mémoire sur le terrain crétacé du département de l'Aube contenant des considérations générales sur le terrain néocomien*, 74 p., 2 pl... 50 »

1842. — Leymerie. *Suite du Mémoire sur le terrain crétacé du département de l'Aube*, 34 p., 18 pl. — Viquesnel. *Journal d'un voyage dans la Turquie d'Europe*, 94 p., 3 pl. ..... 50 »

1842. — d'Archiac. *Descrip. géol. du Départ. de l'Aisne*, 292 p., 4 tabl., 11 pl. ..... 100 »

1856. — J. Durocher. *Études sur la structure orographique et la constitution géologique de la Norvège, de la Suède et de la Finlande*, 208 p., 3 pl. ..... 60 »

1861. — Michelin. *Monographie des Clypéastres fossiles*, 48 p., 28 pl. ..... 100 »

1867. — E. Brossard. *Essai sur la constitution physique et géologique des régions méridionales de la subdivision de Sétif (Algérie)*, 114 p., 3 pl. ..... 25 »

1868. — G. de Saporta. *Prodrome d'une flore fossile des travertins anciens de Sézanne*, 150 p., 15 pl. ..... 60 »

1871. — G. Cotteau. *Notice sur le genre Asterostoma*, 8 p., 2 pl. ..... 20 »

1871. — H. Magnan. *Mémoire sur la partie inférieure du terrain de craie des Pyrénées françaises et des Corbières*, 82 p., 2 tabl., 2 pl. ..... 40 »

1872. — A. Toucas. *Sur les terrains crétacés des env. du Beausset (Var)*, 66 p., 1 carte ..... 25 »

1873. — P. Gervais. *Mémoire sur plusieurs espèces de Mammifères fossiles propres à l'Amérique méridionale*, 44 p., 9 pl. ..... 25 »

1874. — H. Magnan. *Matériaux pour une étude stratigraphique des Pyrénées et des Corbières. Les roches ophitiques et les terrains qui les renferment. Remarques sur la formation des montagnes pyrénéennes et corbiériennes, et notamment sur l'importance des failles et des érosions* (Mém. posthume), 112 p., 4 pl. ..... 50 »

1875. — H.-E. Sauvage. *Mémoire sur les Dinosauriens et les Crocodiliens des terrains jurassiques de Boulogne-sur-Mer*, 64 p., 6 pl. ..... 40 »

1876. — Terquem et Berthelin. *Étude microscopique des marnes du Lias moyen d'Essey-lès-Nancy, zone inférieure de l'assise à A. margaritatus*, 136 p., 10 pl. ..... 120 »

1877. — H. Arnaud. *Mémoire sur le terrain crétacé du sud-ouest de la France*, 110 p., 3 tabl., 8 pl. ..... 50 »

1877. — H.-E. Sauvage. *Mémoire sur les Lepidotus maximus et L. palliatus*, 30 p., 2 pl. ..... 20 »

1878. — P. Fischer. *Paléontologie des terrains tertiaires de l'île de Rhodes* (avec la collaboration de MM. Cotteau, Manzoni et Tournouër), 78 p., 3 pl. ..... 50 »

1879. — O. Terquem. *Les Foraminifères et les Entomostacés Ostracodes du Pliocène supérieur de l'île de Rhodes*, 136 p., 14 pl. ..... 120 »

1880. — H.-E. Sauvage et F. Liénard. *Mémoire sur le genre Machimosaurus*, 32 p., 4 pl. ..... 20 »

1880. — Berthelin. *Mémoire sur les Foraminifères de l'étage albien de Montcley (Doubs)*, 84 p., 2 tabl., 4 pl. ..... 120 »

1881. — J. de Morgan. *Mémoire sur les terrains crétacés de la Scandinavie*, 48 p., 2 pl. ..... 20 »

1881. — D. Œhlert. *Documents pour servir à l'histoire des faunes dévoniennes dans l'ouest de la France*, 38 p., 6 pl. ..... 30 »

Ale. R.
Cartéc

MÉMOIRE N° 22

GÉOLOGIE DU MASSIF DES BORNES ET DES KLIPPES PRÉALPINES DES ANNES ET DE SULENS (HAUTE-SAVOIE)

VENTE DES PUBLICATIONS DE LA SOCIÉTÉ, 28, rue Serpente, Paris, VI

1° **Comptes rendus** sommaires des séances, *servis gratuitement environ deux fois par mois à tous les membres de la Société* et formant chaque année 1 vol. d'environ 300 p. in-8°. Prix : 40 francs.

2° **Bulletin** périodique des travaux de la Société, *dont le service est fait gratuitement à tous les membres de la Société* et formant, depuis 1830, un fort volume annuel in-8° avec dessins, héliogravures, phototypies, cartes. Prix : 160 fr. minimum.

Les comptes rendus isolés, les fascicules séparés, les volumes, les tables générales sont VENDUS AU PUBLIC (remise de 50 °/₀ aux membres de la Société).

3° **Bibliographie des Sciences géologiques** publiée par la Société Géologique avec le Concours de la Société française de Minéralogie et de la Fédération des Sociétés françaises de Sciences naturelles. Publication in-8° paraissant en un seul fasc. dans le 1er semestre de chaque année. Prix : 50 fr.

4° **Réunions extraordinaires**. Comptes rendus détaillés des Excursions faites en groupe par la Société, une fois par an ; prix divers (remise 50 °/₀ pour les membres de la Société).

5° **Mémoires, Géologie**, 1833-1910, format in-4° raisin. Prix divers (remise 50 °/₀ aux membres de la Société).

6° **Mémoires, Paléontologie**, 1890-1923 (En vente par Mémoire). Prix divers (remise 20 °/₀ aux membres de la Société).

7° **Mémoires** (**nouvelle série**). In-4° raisin. Par souscription payable avant l'apparition du volume. France, 160 francs. Étranger, 180 francs. — Après l'apparition, le volume : 200 francs, et par fascicule, prix divers (Réduction 20 °/₀ aux membres de la Société).

8° **Mémoires divers**. **Travaux de Fontannes** (prix divers).

9° **Travaux de Cossmann** et **Revue Critique de Paléozoologie**, 1897-1924.

MÉMOIRES

DE LA

SOCIÉTÉ GÉOLOGIQUE DE FRANCE

(NOUVELLE SÉRIE)

MÉMOIRE N° 22

GÉOLOGIE DU MASSIF DES BORNES ET DES KLIPPES PRÉALPINES DES ANNES ET DE SULENS (HAUTE-SAVOIE)

PAR

LÉON MORET

PARIS

SOCIÉTÉ GÉOLOGIQUE DE FRANCE

28, RUE SERPENTE, VI

1934

GÉOLOGIE DU MASSIF DES BORNES ET DES KLIPPES PRÉALPINES DES ANNES ET DE SULENS (HAUTE-SAVOIE)

INTRODUCTION ET DIVISION DU SUJET

Le tronçon des chaînes subalpines, objet de la présente étude, s'étend entre la dépression d'Annecy et la cluse de l'Arve. Géographiquement, il correspond au « Genevois » des auteurs, dénomination administrative impropre, longtemps imposée par l'usage et que, avec Godefroy [2], nous proposons de remplacer par celle de « Massif des Bornes », du nom d'un des principaux torrents qui drainent la région ainsi que des communes des Grand et Petit Bornand situées sur son territoire.

De nombreux travaux géologiques et géographiques ont été consacrés à cette région et l'on trouvera, des premiers, une liste à peu près complète plus bas. J'estime qu'il serait fastidieux d'en faire ici un historique critique complet, car tel n'est pas le but de ce livre qui vise, avant tout, à la brièveté et qui, à cause de cela, a dû être considérablement allégé.

Toutefois, il m'est impossible de ne pas citer dès maintenant les noms des principaux artisans qui ont déchiffré la géologie et établi les grands traits structuraux du massif des Bornes et après lesquels, souvent, nous ne faisons que glaner : Alphonse Favre, Gustave Maillard, Émile Haug, pour ne parler que des morts.

Tous ceux qui, comme moi, ont eu à utiliser les belles *Recherches géologiques* d'A. Favre [3] [**3**], ont été certainement frappés par la justesse parfois prophétique des vues de l'auteur et par la précision des observations consignées dans ce travail puissant dont le charme et la bonhommie du style ne sont pas un des moindres attraits.

Gustave Maillard, l'auteur principal de la première édition de la feuille géologique « Annecy » au 80.000e, est mort à la tâche et avant la publication de sa carte. Mais il nous a laissé deux notices descriptives substantielles, accompagnées des premières coupes à l'échelle du Genevois qui dénotent chez ce géologue, mort jeune, un véritable savant doublé d'un artiste [**11**, **13**].

Les contours manuscrits de Maillard ont été par la suite revus et coordonnés par

1. Mémoire présenté à la séance du 5 mars 1934.
2. R. Godefroy, Géographie de la Savoie, *Chambéry, Dardel*, 1930, p. 156. Ne pas confondre avec le « plateau des Bornes », terme souvent employé, en particulier par A. Favre (Recherches géologiques, t. I, p. 406) et par A. Cholley (Les Préalpes de Savoie. Genevois, Bauges, et leur avant-pays. Étude de géographie régionale, *Paris, A. Colin*, 1925), pour désigner l'avant-pays mollassique.
3. Les numéros entre crochets [ ] renvoient à la liste bibliographique placée à la fin du volume.

É. Haug qui a synthétisé tous les résultats stratigraphiques et tectoniques relatifs à ce qu'il appelle les « Hautes chaînes calcaires de Savoie » dans un livre de haute érudition, remarquable pour l'époque, et qui a été le point de départ de mes recherches [**18**].

On pouvait donc, dès ce moment (1895), et grâce à cet ensemble de travaux, se faire une idée assez exacte du massif des Bornes, surtout en ce qui concerne ce que j'appelle le « faisceau des plis externes » qui court, entre Annecy et Cluses, à l'Ouest de la vallée synclinale de Thônes-Le Reposoir. On verra, par les pages qui suivent, que les recherches ultérieures ont cependant permis de faire à ce tableau quelques retouches importantes, tant tectoniques que stratigraphiques, ces dernières surtout relatives au terrain nummulitique [1]. Je serai d'ailleurs assez bref sur ce faisceau des plis externes qui ne sera envisagé que comme cadre du grand synclinal de Thônes, magnifique champ d'étude, dans lequel sont conservées les deux célèbres klippes préalpines des Annes et de Sulens.

La médiocrité des documents cartographiques au 80.000e relatifs à ces dernières régions m'a conduit à ajourner pendant plusieurs années l'exposé de mes recherches, bien que entre temps ait paru la deuxième édition de la feuille d'Annecy. J'avais espéré que la publication des feuilles au 50.000e faisant suite à celle d'Albertville vers le Nord, se serait effectuée suivant un rythme normal qui m'aurait permis de faire des levés plus corrects. Il n'en a rien été et je suis obligé aujourd'hui de livrer un travail dont je saisis fort bien toutes les imperfections graphiques, mais dont, pour diverses raisons, il m'était impossible de différer plus longtemps la publication [2].

Qu'il me soit permis, en terminant, de rappeler le nom de Marc le Roux, un maître et un ami très cher, aujourd'hui disparu, qui fut bien souvent mon compagnon de courses dans les environs d'Annecy. Mon collègue et ami, M. Gignoux a eu l'extrême obligeance de revoir le manuscrit de cet ouvrage ; je l'en remercie sincèrement. Je dois aussi beaucoup de gratitude à mon ami Louis Picon pour l'intérêt qu'il a porté à mes travaux et la spontanéité avec laquelle il s'est toujours mis à ma disposition pour faciliter mes déplacements sur le terrain.

*
* *

Le massif des Bornes est très nettement délimité, au Sud par la dépression du Lac d'Annecy, au Nord par la vallée de l'Arve, à l'Ouest par la zone mollasique, à l'Est par le sillon subalpin (fig. 1).

Pour la commodité des descriptions, on peut le diviser longitudinalement en deux régions : à l'Ouest, ce que nous appellerons le *faisceau des plis externes* ; à l'Est, le grand *synclinal de Thônes* et ses annexes (*lambeaux préalpins des Annes et de Sulens*). Enfin, remarquons que la bordure orientale de ce synclinal peut être elle-

1. L'étude des terrains quaternaires de la Haute-Savoie fera l'objet d'un travail synthétique ultérieur, aussi n'en sera-t-il pas question ici. Ces terrains ont d'ailleurs été soigneusement cartographiés sur la nouvelle feuille Annecy qui a servi de base aux recherches de R. Perret [**135** bis].

2. Le lecteur voudra donc bien suivre mes descriptions sur les cartes géologiques au 80.000e : nouvelle feuille « Annecy » [**133**] et feuille « Albertville » corrigée par les schémas au trait intercalés dans le texte de cet ouvrage.

même distinguée en une nouvelle région qui correspond à la naissance de la plus basse des nappes helvétiques, la *nappe de Morcles-Aravis* de M. Lugeon.

Nous serons donc tout naturellement amené à étudier, dans une première partie, la série stratigraphique de la région autochtone (en y comprenant la chaîne des Aravis), puis celle des klippes préalpines.

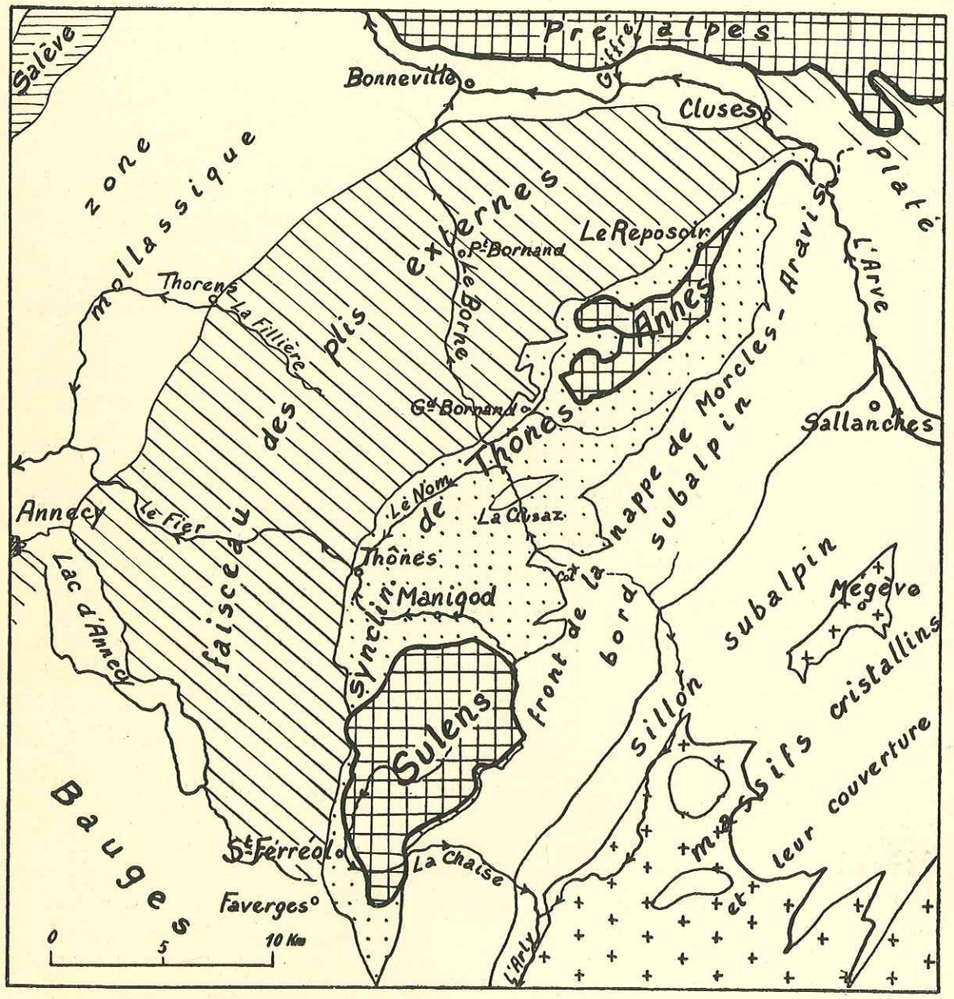


Fig. 1. — Carte schématique du Massif des Bornes.

Enfin, la deuxième partie sera consacrée à la tectonique des pays autochtone et parautochtone, et à celle des deux klippes.

Des considérations générales sur les relations de ces diverses unités et sur l'origine des nappes des klippes termineront le mémoire.

PREMIÈRE PARTIE

STRATIGRAPHIE

Je décrirai successivement les terrains de la série autochtone (y compris ceux de la nappe de Morcles-Aravis) et ceux de la série charriée (lambeaux préalpins des Annes et de Sulens).

PREMIER CHAPITRE

SÉRIE AUTOCHTONE

Une coupe complète des terrains de cette série est visible le long du bord subalpin, au droit de Mégève et de la chaîne des Aravis.

Sur les schistes cristallins, injectés par le granite de la Motte, se superpose en discordance une épaisse couverture sédimentaire, formée de Trias (grès quartziteux, gypses, schistes et cargneules), de Lias schisto-calcaire, de Jurassique, de Crétacé, de Nummulitique.

Je ne m'occuperai pas ici des terrains antérieurs au Jurassique moyen (Dogger), terrains qui ont fait l'objet des récents travaux de Ed. Paréjas [**71**, **89**].

I. — SYSTÈME JURASSIQUE

Le Jurassique n'apparaît, dans le massif des Bornes, que sur la lisière orientale, formant le versant W du sillon subalpin, et dans le socle de la Tournette, face au Lac d'Annecy, de Talloires à Faverges. Il n'affleure nulle part dans l'intérieur du massif, tout au plus peut-on dire qu'il est représenté par ses couches les plus élevées dans la grande coupure transversale du Borne, à Entremont et au Petit Bornand.

1° Jurassique moyen ou Dogger.

On attribue généralement à ce terrain, dans la région, des calcaires noirs, plus ou moins marneux, formés de petits bancs de quelques décimètres, séparés par de minces délits schisteux. L'ensemble, compris entre les schistes du Lias et ceux du Callovo-oxfordien, détermine une petite falaise assez nette.

Du point de vue micrographique, c'est un calcaire formé d'une pâte granuleuse localement recristallisée et ne contenant que quelques spicules de Spongiaires, des Foraminifères benthiques, de menus et rares quartz clastiques.

Ce Dogger a été étudié autrefois et fort bien décrit par E. Haug [**18**, p. 15], qui a montré qu'il était impossible, à cause de la rareté des fossiles, d'y individualiser le

Bajocien et le Bathonien. D. Hollande[1] dit avoir trouvé aux Chalets de Cœur, près de Sallanches, et à la Crépinière, près de la Giettaz, *Ammonites Parkinsoni* et *Humphriesianus*. J'ai revu ces localités, mais sans succès.

Par contre, dans le massif voisin du Haut-Giffre (v. plus bas, p. 14), des découvertes de fossiles ont montré que les faciès schisteux superposés à la falaise dite de Dogger, appartenaient encore à ce terrain. Ces conclusions pourraient être étendues à la région des Aravis ; mais aucune trouvaille paléontologique n'est venue, ici, confirmer cette conception.

2° Callovo-Oxfordien.

Ce sont les schistes qui dominent dans cet ensemble et qui donnent lieu à un replat de riches et humides prairies, entre la falaise de Dogger et celle de Malm.

Là encore, il est difficile, sinon impossible, de séparer les deux étages. Toutefois, comme les faciès schisteux se prolongent sans interruption du Bathonien supérieur à l'Oxfordien, le Callovien y est certainement représenté dans les schistes de base.

Ce sont des schistes noirs, très friables, parfois riches en empreintes de *Posidonomya alpina*. C'est probablement à ce niveau qu'au Col d'Anterne, G. Maillard a découvert, dans des schistes luisants et satinés à nodules, une riche faune d'Ammonites des zones à *Reineckia anceps* (Callovien sup.) et *Peltoceras athleta* (Oxfordien inf.).

Au-dessus de ces schistes à Posidonomyes, on trouve, dans notre région, des schistes noirs à miches et nodules coupés de bancs de calcaires noirs de quelques centimètres et qui représentent probablement l'Oxfordien. D'après Hollande [**10**, p. 694], le gisement de Merdacier, près de la Giettaz, contiendrait *Ammonites cordatus*, *A. arduennensis*, *A. tortisulcatus*, *Belemnites hastatus*. Je n'ai pas pu retrouver ce gisement. Plus récemment, A. Lombard [**139**, p. 178] a trouvé *Phylloceras* sp. et *Perisphinctes* sp. dans les environs de la Giettaz.

Mais ce complexe callovo-oxfordien se prolonge directement vers le SW par ceux des environs d'Albertville, déjà connus de D. Hollande, M. Lugeon [**31**], J. Révil [**49**] ; ce dernier y a signalé *Cardioceras cordatum* près du col de Tamié.

Un nouveau gisement situé au N d'Albertville, à Mercury, a fourni à M. Juillet, Professeur à l'École Normale d'Albertville, dans des schistes noirs à nodules, un certain nombre de fossiles, parmi lesquels j'ai pu déterminer : *Perisphinctes bernensis*, *P. dilatatus*, *Neumayria* cf. *denticulata*, *Sowerbyceras tortisulcatum*, *Sow. zigmodianum*, *Hecticoceras Bonarelli*, *Belemnopsis hastatus*, *B. pressulus*.

Du point de vue micrographique, les marnes schistoïdes callovo-oxfordiennes montrent, dans une pâte granuleuse saupoudrée de matière carburée noire, de très rares organismes (Ostracodes, Radiolaires, Spicules ?).

3° Argovien.

Ce sont les premiers bancs schisto-calcaires qui surmontent les schistes callovo-oxfordiens ; leur base est grumeleuse, pseudo-bréchique, parfois ferrugineuse et se

1. D'après la légende de la 1re édition de la feuille géol. d'Annecy.

voit bien aux Chalets de Cœur où L. W. Collet [76] a observé pour la première fois cette formation. Je les ai moi-même observés le long de la route du Col des Aravis (sur la Giettaz) et voici la succession que j'ai pu noter de bas en haut :

1. Schistes avec bancs de calcaires à patine roussâtre, passant à l'Oxfordien par le bas.
2. Gros bancs de calcaires noirs, plus ou moins compacts, à patine blanchâtre, séparés par de minces délits schisteux. Au milieu de cette formation, un lit silico-ferrugineux très continu de 2-3 cm. d'épaisseur.
3. Calcaires schistoïdes sombres, bien lités, à patine blanchâtre, 6-7 m.

C'est l'Argovien calcaire et schisteux de A. Lombard [139, p. 179], reconnu par ce géologue aux Aravis, et dans lequel il a trouvé plus au NE, au Tanneverge, *Perisphinctes* cf. *Tiziani*.

Les gros bancs du n° 2 se montrent, au microscope, comme des calcaires fins à pâte granuleuse et rares petits organismes : spicules d'Éponges en calcédoine, Globigérines.

4° Malm.

Ce sont les calcaires du Jurassique supérieur, de teinte claire, épais parfois de plusieurs dizaines de mètres, qui forment une falaise continue entre les schistes callovo-oxfordiens et les schistes du Crétacé inférieur. La base de cette falaise est formée par les calcschistes argoviens et au-dessus viennent successivement les autres étages du Malm, qu'en l'absence de fossiles il n'est pas toujours possible de caractériser.

Ainsi, aux Aravis, sur les calcschistes argoviens, et peut-être en partie rauraciens, vient une suite de calcaires marneux gris en bancs plus ou moins épais dont la tonalité s'éclaircit à mesure que la proportion de calcaire augmente et que l'on s'élève dans la série. La coupe précédente (1-3) se continuerait donc par :

4. Calcaires marneux sombres (Rauracien-Séquanien).
5. Calcaires massifs, un peu grumeleux, gris sombre, avec rubans de silex à la base (3-4 m.) (Kimeridgien ?)
6. Gros bancs rognonneux, gris clair, à surface garnie de mauvais fossiles pyriteux ou calcaires, plus ou moins roulés (*Perisphinctes*, *Phylloceras*, *Lytoceras*, *Aptychus*) et à points roses. Quelques rubans de silex à la base, plus sombre (Fausse-brèche inférieure du Tithonique).
7. Calcaires gris en petits bancs, quelques mètres.
8. Calcaires massifs, gris clair, à pâte fine, sans fossiles (4-5 m.) terminant le Tithonique.
9. Calcaires gris en petits bancs séparés par des schistes, passant au Crétacé.

Au microscope, le calcaire n° 5 est du type graveleux, c'est-à-dire formé de nombreux petits débris roulés de calcaire ou d'organismes (Foraminifères benthiques, Textilaires, morceaux de gros organismes rappelant les Orbitolines), très recristallisés, sans quartz clastique. Le calcaire n° 6 montre, dans une pâte fine, granuleuse, des Radiolaires, beaucoup de spicules de Spongiaires, des Ostracodes, des débris de Crinoïdes. Les Radiolaires, les spicules, calcifiés, abondent encore dans les couches analogues du n° 8, mais les Calpionelles font là leur apparition.

D'ailleurs, cette succession lithologique a été étudiée avec beaucoup de détails dans la thèse récente de A. Lombard [139]. Notons-y la présence de quelques zones siliceuses, à partir du Kimeridgien.

Une autre coupe du Malm, plus intéressante parce que fossilifère, peut être relevée au bord du lac d'Annecy, dans les environs de Talloires. On exploitait autrefois, dans la carrière dite de la Madeleine, près d'une petite chapelle, un calcaire noir à nombreuses veinules calciteuses blanches, dit « marbre de Talloires », avec lequel ont été construits la plupart des monuments publics d'Annecy (Mairie, pont de la Halle, etc.). Cette localité est devenue classique et a été successivement étudiée par Ebray, Pictet, E. Favre, Maillard et Lugeon. Au cours de l'exploitation, de nombreux fossiles ont été recueillis et déposés en majorité au Musée d'Annecy. Maillard dit y être allé et n'avoir recueilli que quelques mauvais échantillons d'*Aptychus*. Il cite cependant, du col de la Forclaz, *Perisphinctes* cf. *transitorius*, Ammonite d'une zone supérieure à celles représentées dans les carrière de Talloires. J'ai de mon côté exploré ces gisements et recueilli de nombreux fossiles, que j'ai pu étudier en même temps que ceux d'Annecy, qui m'ont été obligeamment communiqués par mon ami M. Le Roux, alors Conservateur du Musée, et dont on trouvera la liste plus loin.

Voici la coupe du Malm fossilifère de Talloires ; les couches les plus basses se voient au S de cette localité, le long de la rive droite du lac, l'ensemble des couches est incliné suivant la pente du terrain :

1. Calcaires schisto-marneux noirs, sans fossiles, représentant probablement le Rauracien-Séquanien. Sur ces couches viennent les assises exploitées dans la carrière de la Madeleine, qui pendent de 45° environ vers l'W. Ce sont :
2. Calcaires gris noir à nombreuses veines de calcite, en gros bancs séparés par des couches schisto-marneuses fossilifères. Ces calcaires deviennent rognonneux à la partie supérieure et même pseudobréchiques, et les veinules de calcite disparaissent ; la surface des bancs montre alors de nombreux fossiles séquaniens et surtout kimeridgiens. Ces calcaires passent progressivement à des couches analogues, de teinte plus claire, puis finalement à des
3. Calcaires blancs, bien lités, sublithographiques, avec quelques silex. Les seuls fossiles trouvés sont des Bélemnites. Au microscope, leur pâte se montre finement granuleuse et bourrée de Radiolaires et Calpionelles (Tithonique).
4. Calcaires marneux gris jaunâtres, tachetés, dans lesquels on ne trouve plus, comme fossiles, que de rares et petites Calpionelles. Nous sommes déjà ici dans les couches de passage du Jurassique au Crétacé.

Ce sont les couches n° 2 qui ont fourni les beaux fossiles étudiés successivement par Ebray, Pictet, E. Favre, etc.

Ce dernier en a dressé une première liste [5] que voici :

Belemnites semisulcatus, *Phylloceras saxonicum*, *Lytoceras Orsinii*, *Oppelia tenuilobata*, *Neumayria pseudoflexuosa*, *Neumayria Holbeini*, *Neumayria trachynota*, *Neumayria Karreri*, *Perisphinctes discobulus*, *Perisphinctes Heimi*, *Aspidoceras Caletanus*, *Aspidoceras longispinus*, *Aspidoceras Lallierianus*, *Aspidoceras circumspinosus*, *Aptychus punctatus*, *Rhynchonella trilobata*, *Terebratula* (*Pygope*) *Janitor*, *Metaporhinus convexus*.

Il semble donc qu'il y ait ici un mélange de formes du Séquanien, du Kimeridgien et probablement du Tithonique. J'ai pu compléter cette liste grâce à mes récoltes personnelles et aux séries du Musée d'Annecy :

Neumayria compsa, *Neumayria diceptenda*, *Oppelia levipicta*, *Simoceras Doublieri*, *Aspidoceras*, sp., *Haploceras verruciferum*, *Perisphinctes stenocyclus*, *Perisphinctes hypselocyclus*, *Perisphinctes Roubyanus*, *Perisphinctes desmonotus*, *Perisphinctes* sp.

Là encore, se manifeste le mélange des faunes. En majorité, ces fossiles appartiennent en effet au Kimeridgien inférieur, tandis que *Haploceras verruciferum* et *Aspidoceras* apparentent cette faune à celle des calcaires à *Phylloceras Loryi* du Kimeridgien supérieur.

La stratigraphie précise de cette localité est rendue difficile par la rareté actuelle des fossiles et l'impossibilité de les récolter en place ; presque tous proviennent, en effet, de blocs éboulés. On peut dire que, jusqu'ici, l'on a tiré de cette faune de Talloires le maximum de renseignements que l'on en pouvait attendre.

5° Le problème des couches de passage du Jurassique supérieur au Crétacé.

Ce problème vient d'être étudié récemment par A. Lombard et par A. Coaz [**138**, **140**], pour les parties savoisiennes de la nappe de Morcles-Aravis. On sait qu'il a fait d'autre part, pour la Suisse centrale (nappes d'Axen et de Drusberg), l'objet des études antérieures de Marthe Gerber [**132**] dont les matériaux ont été étudiés au Laboratoire de Géologie de l'Université de Grenoble.

Il s'agissait d'établir exactement quel était l'âge des calcaires fins alternant avec des couches schisteuses qui font, un peu partout dans les chaînes subalpines de la Haute-Savoie, et en particulier dans le massif des Bornes, la transition entre les calcaires sublithographiques massifs du Tithonique supérieur et les calcschistes du Berriasien [1].

Ces auteurs, qui ont étudié avec une grande minutie de nombreuses coupes dans ces massifs, entre autres aux Aravis, arrivent à la conclusion, basée sur la découverte de Céphalopodes, qu'il est impossible de caractériser ces couches par une faune spéciale. Les Ammonites y sont des formes banales (*Berriasella Calisto*, *B. privasensis*) ; les vraies formes jurassiques sont éteintes et les formes berriasiennes franches ne font pas encore leur apparition. Pour A. Lombard et A. Coaz, le sommet de la muraille de calcaires sublithographiques marque la fin du Jurassique et l'apparition, à une certaine hauteur, dans les couches de passage superposées, de *Hoplites Boissieri*, souligne le début du Crétacé.

Outre le bord subalpin des Aravis, il existe dans le Massif des Bornes d'autres affleurements de ces couches de passage. Ainsi, au col de Bluffy, au-dessus de Menthon, se montrent, à la base du Néocomien (schistes berriasiens), des calcaires marneux d'un gris verdâtre, dont la pâte ne contient que des Calpionelles et qui avaient été attribués au Jurassique supérieur par H. Douxami. De même, dans la cluse du Borne, des couches analogues affleurent en trois localités. Tout d'abord au N de Termine, et dans une situation tectonique bizarre (calcaires marneux à Calpionelles, spicules d'Éponges, débris de Crinoïdes) ; puis au N du Petit Bornand, le long de la berge du torrent de Sederesse (rive gauche, au-dessus de la route), où affleurent des couches formées de calcaires marneux grisâtres, à grain très fin et cassure esquilleuse, en bancs de 20 à 25 cm. d'épaisseur, séparés par des niveaux marneux tendres ; la surface des bancs calcaires est rognonneuse et montre de nombreuses traces de fossiles (*Aptychus*, Bélemnites). Enfin, plus à l'amont, à Entremont, dans une petite carrière au SE du village, sont exploités des calcaires marneux schistoïdes, à *Aptychus*, qui appartiennent également à nos couches transitionnelles. C'est ce complexe qui a été étudié par Ch. Sarasin [**36**, p. 424] et dans lequel il a recueilli une Ammonite lui paraissant appartenir au type d'*Hoplites Eudoxus* (?). De mon côté, j'y ai trouvé *Aptychus Didayi* fossile incontestablement plus élevé et mieux en accord avec l'âge présumé de ces couches.

J'ai étudié, en 1925, la succession des faciès lithologiques du Jurassique au Crétacé dans les environs de Grenoble [**94**]. La série du Plateau des Petites-Roches y est assez analogue à celle des Aravis et Talloires. Le Séquanien et le Kiméridgien sont des calcaires marneux pélagiques, à Radiolaires. Les Calpionelles ne font leur apparition qu'au Tithonique (calcaires sublithographiques) et elles y pullulent, ainsi que les Radiolaires. Dès que les faciès redeviennent schisto-marneux, c'est-à-dire dans les couches de passage du Jurassique au Crétacé, les Radiolaires disparaissent complètement et seules subsistent les Calpionelles, devenues très petites, et elles y persistent pendant tout le Berriasien. Ces conclusions sont entièrement applicables à notre région, ainsi que j'ai pu m'en rendre compte, tant à Talloires qu'aux Aravis.

6° Comparaison avec les régions voisines.

Salève et Montagne de la Balme. — Le Kiméridgien et le Portlandien de ces chaînons jurassiens, qui seuls affleurent, sont, ici, coralligènes. La partie supérieure du Jurassique est représentée par les faciès lacustres fossilifères du Purbeckien et passe au « marbre bâtard » crétacé [**51**, **54**, **73**, p. 2].

Bauges. — Dans la partie N du Semnoz, près d'Annecy, c'est le faciès jurassien représenté par les couches lacustres du Purbeck (partie la plus basse de la coupe) subordonnées au marbre bâtard [**141**]. Au S de la chaîne, dans le soubassement du Nivollet, le Jurassique supérieur, seul représenté près de Chambéry, est, dans l'ensemble, vaseux ; notons toutefois la présence d'une lentille coralligène dans le Tithonique supérieur de la Vigne Droguet (J. Révil).

Dans les autres plis des Bauges, la série du Jurassique moyen et du Jurassique supérieur est assez semblable à celle du Massif des Bornes (faciès vaseux marno-calcaires à Ammonites) d'après M. Lugeon et J. Révil.

Zone de Chamonix et Aiguilles Rouges. — D'après Ed. Paréjas [**71**, p. 381], le Jurassique moyen autochtone de la zone de Chamonix est représenté aux deux extré-

1. Ce sont ces couches qui, dans les nappes helvétiques et sous le nom de « Zementsteinschichten », sont en général rattachées au Portlandien supérieur par les auteurs suisses. La question vient d'être traitée récemment avec beaucoup de détails, pour la Suisse orientale, par Ar. Heim et E. Baumberger (Jura und Unterkreide in des helvetischen Alpen beiderseits des Rheins, Voralberg und Ostschweiz. *Mém. Soc. Helvétique des Sciences Naturelles*, vol. LXVIII, mém. 2, 1933).

mités du grand synclinal, au Col de Balme et à celui du Jorat. Ce Dogger y est transgressif et comporte des calcaires à entroques avec petits galets de quartz et de dolomie triasique, des calcaires durs bleutés, à patine brune, renfermant, au Col des Preises, des Ammonites « flottées » du Bajocien moyen et supérieur et du Bathonien inférieur. Au-dessus, et après une lacune, vient l'Argovien qui montre, à la base, des calcaires grossiers grumeleux, subconglomératiques à taches jaunes et, au sommet, des calcaires schisteux plus ou moins grumeleux, bleus. Le Malm est un calcaire bleu foncé, à cassure conchoïdale ou esquilleuse. Aux Preises et au Mont Catogne, sur ce Malm, viennent des marno-calcaires schisteux blanchâtres, à bancs de calcaires à entroques intercalés, complexe assez semblable au Portlandien autochtone de Saint-Maurice.

D'après L. W. Collet et Ed. Paréjas [**60**], le lambeau de couverture autochtone des Aiguilles-Rouges, conservé au Belvédère, est fortement replissé et empilé en écailles. L'Argovien y existerait avec des caractères identiques à celui de la chaîne des Aravis, de même que le Callovo-Oxfordien, très schisteux.

Enfin, le Malm (?) autochtone des Aiguilles-Rouges, représenté par des calcaires blanchâtres marmoréens, se montre, le long de la bordure orientale de Platé, à la base de la nappe de Morcles-Aravis, et dans les deux minuscules fenêtres des cirques des Fonts et du Fer-à-cheval de Sixt.

Massifs de Platé et du Haut-Giffre. — On y trouve une suite de couches se rapportant au Dogger et au Malm, très semblable à celle des Bornes. Toutefois, d'après les travaux de L. W. Collet [**75**], R. Perret et L. Moret [**125**], la falaise calcaire dite de Dogger, ne représente qu'une partie des couches bajociennes et bathoniennes. En effet, L. W. Collet a trouvé dans les schistes dits callovo-oxfordiens, au sommet de la falaise calcaire du Pic de Tanneverge, *Strenoceras niortense* et *Stepheoceras pyritosum*, espèces du Dogger, auxquelles Lombard [**139**, p. 173] a ajouté récemment *Parkinsonia radiata*, du Bajocien supérieur. R. Perret a découvert de son côté, au Cirque des Fonts, dans une situation analogue, un bel exemplaire pyriteux de *Cadomites linguiferus*, espèce du Bajocien, qui pénètre dans le Bathonien. Par conséquent, les faciès schisteux attribués arbitrairement au Callovo-Oxfordien sont ici bathoniens, conclusion qui pourrait sans doute, ainsi que nous l'avons vu, être étendue à la région des Aravis[1].

Le Callovien schisteux du Haut-Giffre renferme de minces lentilles de fer oolithique aux Chalets de Borée. D'après L. W. Collet, ces formations indiqueraient l'existence d'une terre proche à cette époque, et cette terre serait le massif des Aiguilles-Rouges, où nous avons noté une lacune entre Dogger et Argovien.

La falaise de Malm est, dans ces massifs, formée de calcaires de teinte plus sombre que dans le massif des Bornes. Dès la rive droite de l'Arve, le Malm devient en effet d'un gris noir.

Des horizons fossilifères à Céphalopodes y ont été mis en évidence par A. Lombard, notamment dans le Séquanien.

1. Ces conclusions sont en accord avec ce que nous savons du Dogger es environs de Grenoble dont la base est calcaire (calcaires marneux et calcaires à entroques de Corenc = Bajocien) et le sommet schisteux (schistes à Posidonomyes = Bathonien sup.).

II. — SYSTÈME CRÉTACÉ

Nous y distinguerons, pour la commodité de l'exposé, les trois groupes suivants : Crétacé inférieur, moyen, supérieur.

I. — CRÉTACÉ INFÉRIEUR

1° Valanginien.

Nous avons vu que, dans tout le Massif des Bornes, comme d'ailleurs dans l'ensemble des massifs subalpins situés plus au N, le passage du Jurassique au Crétacé s'effectuait par une série de couches calcaires et schisteuses à Calpionelles et faune d'Ammonites banales dans lesquelles, à un certain niveau, on voit apparaître *Hoplites Boissieri*. Seule la présence de cette Ammonite permet de déterminer le début du Crétacé. Les couches, devenues alors presque uniquement schisteuses, se prolongent sur une certaine épaisseur : c'est l'Infravalanginien ou étage Berriasien. Leur faciès, très monotone, est toujours le même, tant dans les plis externes du massif des Bornes que dans les montagnes des Aravis. Elles sont bien représentées dans la vallée du Fier, à l'W d'Alex (rive gauche), le long du ruisseau de Langogne[1] ; entre Dingy et la Balme sur la rive droite du Fier ; dans la vallée du Borne à Entremont et au Petit Bornand, mais je n'y ai point trouvé de fossiles.

Par contre, aux Aravis, A. Lombard et A. Coaz [**138**], ont trouvé un beau gisement berriasien à la Giettaz, avec de nombreuses Ammonites (*Thurmannites Thurmanni*, *T. Boissieri*, *Berriasella Chaperi*, etc.) et *Pygope diphyoïdes*, dans des assises schisteuses riches en *Calpionella alpina*, superposées aux « Couches de passage ».

Partout ces schistes berriasiens passent progressivement vers le haut à des marnes schistoïdes noires qui représentent le Valanginien proprement dit. Ces marnes, de faciès très monotone, n'ont pas fourni de fossiles déterminables dans les plis externes du massif des Bornes.

Mais aux Aravis, où leur épaisseur peut atteindre de 100 à 200 m., E. Haug y a trouvé [**18**, p. 18] sur le Col qui mène des Chalets de Doran à ceux des Fours, *Haploceras Grasianum*, *Phylloceras semisulcatum*. A. Coaz [**140**, p. 340] y signale la persistance de quelques Calpionelles.

Plus au S, à Montmin, dans le massif de la Tournette, M. Lugeon y a découvert un niveau à Ammonites pyriteuses : *Phylloceras semisulcatum*, *Ph. tethys*, *Lytoceras Juilleti*, *Haploceras Grasi*, *Holcostephanus marginatus*, *Hoplites Roubaudi* (c'est le niveau à *H. Roubaudi* des Bauges) [**31**].

A leur partie supérieure, ces marnes valanginiennes se chargent de petits bancs de calcaires roux à entroques et oolithes ferrugineuses dans les plis externes des Bornes (Vallées du Fier et de la Fillière)[2]. Aux Aravis, ces calcaires à entroques

1. Le Musée d'Annecy possède, étiquetés Pont-Saint-Clair (p. Bluffy), deux échantillons de *Pygope diphyoïdes*.

2. Que l'on peut considérer comme l'extrême prolongement, vers le N, des calcaires dits du Fontanil, du Valanginien supérieur des environs de Grenoble.

n'existent pas, les marnes valanginiennes deviennent progressivement gréseuses et des bancs de calcaires noirs siliceux s'y intercalent; on y trouve alors beaucoup de spicules d'Éponges (calcifiés ou siliceux) et de minuscules grains de quartz clastiques : c'est l'Hauterivien inférieur.

Si, aux Aravis, l'Hauterivien se superpose presque directement au Valanginien marno-schisteux, par contre, au N, au pied de la Pointe d'Areu, A. Coaz a noté la naissance en coin du Valanginien calcaire sous un faciès qui va se développer largement vers le NE, à la Dent du Midi.

2° Hauterivien.

Ses faciès sont variables suivant les régions.

a) Plis externes du massif des Bornes. — Dans la Montagne de Veyrier, la coupe du talus qui domine le lac d'Annecy montre successivement, de bas en haut, au-dessus de Veyrier :

1. Calcaires à entroques et oolithes ferrugineuses avec *Janira atava* (Valanginien).
2. Marno-calcaires glauconieux à *Crioceras Duvali*, *Acanthodiscus radiatus*, *Neocomites neocomiensiformis*, *Hoplites* sp., Bélemnites et débris de Crustacés (début de l'Hauterivien), quelques mètres.
3. Marno-calcaires à *Toxaster complanatus* et *Exogyra Couloni*, *Janira avata*, *Trigonia caudata*, très puissants et fossilifères le long du sentier qui conduit de Chavoire aux Granges de Talabar.

Ailleurs, dans la Cluse du Fier, au défilé de Dingy, une bonne coupe de l'Hauterivien fossilifère a été étudiée autrefois par A. Favre [**3**, t. II, p. 192]. J'ai revu cette coupe dernièrement et voici la succession des assises, à partir des marnes noires et des calcaires roux du Valanginien supérieur :

1. Couche calcaire glauconieuse très fossilifère, où j'ai recueilli *Nautilus* sp., *Belemnites pistilliformis*, *Duvalia dilatata*, *Aptychus Didayi* et nombreux débris d'*Hoplites* sp.; 1 m. 50-2 mètres.
2. Marnes noires très fissiles.
3. Un lit glauconieux avec Bélemnites, de quelques centimètres.
4. Marno-calcaires gris-noir à miches, 20 à 30 mètres.
5. Calcaires bleus, durs, à *Toxaster complanatus*, *Nautilus* sp., *Exogyra Couloni*, *Pinna* sp., *Panopea* sp., *Serpula pilatana*[1]. Tous ces fossiles en partie silicifiés.
6. Urgonien.

C'est dans la couche n° 1 que A. Favre a trouvé une belle faune de Céphalopodes accompagnée de Mollusques : *Nautilus pseudoelegans*, *Belemnites pistilliformis*, *B. fusiformis*, *B. binervius*, *B. minaret*, *B. dilatatus*, *Ammonites cryptoceras*[2], *A. radiatus*, *A. subfimbriatus*, *Crioceras Duvali*, *C. Emerici* (?), *Nerinea*, *Pleurotomaria*, Térébratules et Rhynchonelles.

1. Détermination de E. Gagnebin, d'après qui cette Serpule paraît très semblable à celle de l'Urgonien du Säntis et du Pilate.
2. *Neocomites neocomiensiformis* de la nomenclature actuelle.

En remontant la vallée du Fier, j'ai retrouvé, sur la rive droite du torrent, entre Dingy et la Balme de Thuy, la couche glauconieuse hauterivienne [**73**, p. 12]. De bas en haut, on note le long de la route :

1. Marnes bleuâtres très fissiles, épaisses.
2. Marnes bleues à miches et marno-calcaires bleus, un peu gréseux et bicolores, accompagnés de quelques lentilles, de 5 à 6 m. de puissance, de calcaires roux à entroques, oolithes ferrugineuses, débris d'Ostracés et de Bryozoaires.
3. Calcaires marneux bleuâtres en bancs de 0 m. 20 à 0 m. 50, avec lits marneux parfois glauconieux (fin du Valanginien).
4. Couche glauconieuse de 0 m. 20 à 0 m. 30, pétrie de fossiles phosphatés roulés : *Neocomites neocomiensiformis*, *Hoplites* sp., *Hibolites jaculum*, *Duvalia dilatata*, *D. binervia* (Hauterivien inférieur).
5. Marnes bleuâtres avec quelques Bélemnites; gros bancs intercalés à patine fauve, se délitant en miches.
6. Marno-calcaires à *Toxaster*.

Dans la vallée voisine, celle de la Fillière, qui débouche à Thorens, la couche glauconieuse est encore visible, toujours très fossilifère et sépare des marnes schisteuses à petits *Aptychus* (Valanginien supérieur) de marnes bleues à bancs de calcaires marneux et de calcaires roux à entroques intercalés, qui sont donc ici hauteriviens. Au-dessus, viennent les marno-calcaires à Spatangues de l'Hauterivien classique, littéralement pétris de beaux fossiles silicifiés (*Toxaster complanatus* et *Exogyra Couloni*) au Col de l'Entrave, près de Thorens.

En résumé, dans les plis externes des Bornes, l'Hauterivien est, dans l'ensemble, plutôt vaseux. La limite avec le Valanginien est parfois soulignée par quelques bancs de calcaires roux. Mais ces bancs peuvent se développer dans les marnes sur une certaine hauteur et cette limite devient alors imprécise. En certains points, elle peut être précisée grâce à l'apparition d'une couche glauconieuse fossilifère, identique à celle de la Chartreuse.

Au-dessus viennent les marno-calcaires à Spatangues, formation parfois très silicifiée et riche en spicules de Spongiaires. Mais ces couches à Spatangues sont encore relativement tendres et ne sont pas encore liées avec la base de la falaise urgonienne. Elles forment, avec les marnes valanginiennes et les marno-calcaires berriasiens, un talus herbeux ou boisé, très caractéristique, sur la falaise du Malm et supportant celle de l'Urgonien.

b) Synclinal de Thônes et Aravis. — Dans les plis qui bordent à l'W le grand synclinal de Thônes, les faciès de l'Hauterivien commencent à se modifier. Ainsi, les bancs de calcaires à entroques peuvent disparaître, de même que la couche glauconieuse de base. La limite Valanginien-Hauterivien est noyée dans des schistes où ne se montrent que des traînées glauconieuses, très difficiles à découvrir.

A l'amont d'Entremont (cluse du Borne), on voit de telles traînées dans un ensemble marno-schisteux où j'ai pu recueillir des *Toxaster* et de grosses Térébratules. Mais, au lac de Lessy, les calcaires à entroques réapparaissent entre les deux étages.

Par contre, la partie supérieure de l'Hauterivien devient plus dure, elle prend le faciès des zones plus orientales et commence à se souder à la base de l'Urgonien.

Ainsi, au S de Cluses, les faciès sont presque devenus jurassiens. Sur les calcaires brunâtres à entroques, qui terminent les marnes du Valanginien, vient l'Hauterivien à l'état de calcaires bleus très durs et très siliceux, qui se montrent, au microscope, criblés de spicules de Spongiaires ; quelques bancs renferment des silex. Des coupes analogues peuvent être relevées le long de l'arête des Aravis, en partie formée par les marnes et calcaires gréso-siliceux hauteriviens dominant le replat des marnes valanginiennes.

c) Comparaison avec les régions voisines.

Nous allons faire porter nos comparaisons sur l'ensemble Valanginien-Hauterivien, le Néocomien des anciens auteurs.

Salève. — D'après E. Joukowsky et J. Favre [**54**], l'Infravalanginien y est représenté par des couches coralligènes à *Heterodiceras Luci* et le marbre bâtard à *Natica Leviathan* ; Le Valanginien par des calcaires roux gréseux et des calcaires spathiques à *Alectryonia rectangularis* ; l'Hauterivien par des marnes et marno-calcaires à *Leopoldia Leopoldinus*, *Acanthodiscus radiatus*, *Holcostephanus Astierianus*, *Crioceras Duvali* et Brachiopodes, et des calcaires roussâtres à *Toxaster complanatus* (= *T. retusus*) et jaunâtres, zoogènes, à bandes siliceuses.

Montagne de la Balme. — La série y est assez semblable [**51**]. Toutefois, le sommet du Valanginien est marqué par des calcaires roux bicolores, à silex noirs et par des calcaires à entroques ferrugineux (limonite valanginienne du Jura). Le niveau fossilifère de l'Hauterivien inférieur est légèrement glauconieux et m'a fourni *Leopoldia Desmoceroïdes*, des Brachiopodes et de grands Pectinidés.

Bauges. — Le Néocomien y est tout à fait jurassien au Semnoz-Nord. Ainsi, à Vovray, près d'Annecy, où nous avons déjà noté l'existence du Purbeckien [**135**, **141**], l'Infravalanginien est constitué par le marbre bâtard à *Natica Leviathan* [1] ; le Valanginien par des calcaires blancs à Nérinées et petits lits schistoïdes à Brachiopodes, des calcaires zoogènes bicolores, des calcaires à entroques glauconieux, à *Alectryonia* ; l'Hauterivien, par des couches grumeleuses marno-glauconieuses très fossilifères (*Neocomites neocomiensiformis*, *Astieria* cf. *Atherstoni*, nombreux Brachiopodes, Gastéropodes et Bivalves, dont de grands Pectinidés, identiques à ceux de la Balme), recouvertes par des marno-calcaires à *Toxaster* et *Exogyra Couloni*. Mais, plus au S, dans la cluse du Chéran, c'est déjà le faciès mixte, dauphinois, du Néocomien alpin, qui reprend et le marbre bâtard est remplacé par les marno-calcaires à *Hoplites Boissieri* berriasiens, tandis que les marnes valanginiennes (marnes à *Hoplites Roubaudi*) font leur apparition.

Les calcaires zoogènes bicolores, dits du Fontanil (près Grenoble), ne sont pas encore bien développés et sont, d'après J. Révil [**49**], envahis par des lentilles de calcaires blancs coralligènes, puis la série valanginienne se termine par les calcaires

1. Ce gros fossile peut se rencontrer, au Semnoz, sur toute la hauteur du Valanginien, dès qu'apparaissent les calcaires coralligènes. On sait d'autre part qu'en Provence, il débute dès le Portlandien (J. Pfender, *C. R. som. Soc. géol. Fr.*, 2 mai 1932). V. G. Bosca, La Natica Leviathan, en Oliva (Valencia), *Boll. R. Soc. Esp. Hist. Nat.*, t. XXII, p. 253-551, 1 fig., Madrid, 1922.

jaunes à *Alectryonia rectangularis*. L'Hauterivien superposé y a le faciès marno-calcaire à Spatangues des plis externes du Massif des Bornes.

Dans les plis situés à l'E du Semnoz, le Néocomien est marneux sur presque toute sa hauteur (marnes berriasiennes, marnes valanginiennes à *Hoplites Roubaudi*), donc plus profond. Les dernières traces néritiques, dans cette direction, se trouvent au Col de Bornette [**49**] et à la base N du Charbon, où quelques bancs de calcaires roux à entroques et oolithes ferrugineuses séparent, comme dans les Bornes, Hauterivien et Valanginien [1].

Massif de Platé. — La plus récente étude sur le Néocomien de ce Massif est celle de A. Coaz [**140**]. Les faciès y sont presque les mêmes que ceux des Aravis. Des Ammonites permettent de caractériser le Berriasien schisto-calcaire. Au-dessous du Col de Monthieu, j'ai découvert des débris d'Ammonites pyriteuses (*Haploceras* sp.), dans des schistes marneux. Quant à l'Hauterivien, il se présente à l'état de calcaires bleus siliceux, ocreux en surface, en petits bancs bien lités, soudés à l'Urgonien, dont ils augmentent de toute leur épaisseur (qui peut atteindre 100 à 150 m.) la haute falaise. Leur teinte rousse permet de les séparer nettement des calcaires blancs urgoniens. Ils renferment presque partout des *Toxaster*.

Massif du Haut-Giffre. — Le Berriasien y est toujours à l'état de calcschistes à *Hoplites Boissieri*. Les schistes du Valanginien moyen sont très épais (150 à 180 m.). Des changements se produisent, au niveau du Valanginien supérieur, qui est devenu calcaire et spathique et prend une teinte grise. A. Coaz y a trouvé *Echinopygus rostratus* et *Trigonia longa*, espèces qui se rencontrent également dans les calcaires du Fontanil : c'est le Valanginien calcaire supérieur (de Loys).

En certains points, le Valanginien inférieur devient lui-même calcaire (Valanginien calcaire inférieur) et renferme alors de nombreux débris d'Échinodermes (*Millericrinus valangiensis*).

d) Résumé et conclusion.

En résumé, le Néocomien du Massif des Bornes a dû se déposer dans une fosse limitée à l'W par les faciès néritiques jurassiens, à l'E par ceux du Massif du Haut-Giffre-Dent du Midi. Mais il ne peut pas être taxé de faciès géosynclinal franc, car des faciès néritiques finement gréseux à Spatangues, Huîtres, Crinoïdes, s'y rencontrent en de nombreux points. Remarquons, toutefois, qu'il y est extrêmement épais (cluses du Fier, de la Fillière, du Borne) et que nulle part, dans l'intérieur du Massif, l'érosion n'a pu atteindre le Jurassique supérieur.

En Savoie, nous pouvons donc, avec E. Haug, répartir les faciès du Néocomien de la façon suivante :

1° Faciès jurassiens limités vers l'E par le chaînon Salève-Montagne de la Balme et le Semnoz-Nord (calcaires roux, calcaires récifaux).

2° Faciès entièrement marno-schisteux, plus profonds et très épais, du Massif des Bornes (plis externes).

1. Plus au S (Chartreuse, Vercors), le Néocomien a pris son type mixte, dauphinois (apparition des calcaires du Fontanil, couche glauconieuse) [v. **126**].

3° Faciès néritiques (réapparition du faciès jurassien) limités à l'W par la chaîne des Aravis et le Rocher de Cluses et comprenant les massifs de Platé, du Haut-Giffre, de la Dent du Midi.

Des courants de fond, qui ont effectivement laissé leurs traces sur les couches valanginiennes de Vovray (Semnoz-Nord), ont pu, à divers moments (en particulier à la limite Valanginien-Hauterivien), abraser les sédiments qui se déposaient en bordure de la dépression des Bornes, et transporter ces matériaux vers le large, ainsi s'expliquent les lentilles de calcaires roux à entroques et la couche glauconieuse à fossiles phosphatés et roulés, qui se rencontrent dans la série schisteuse du Massif des Bornes.

3° Urgonien (Barrémien-Aptien).

a) Description.

Dans tout le Dauphiné et la plus grande partie de la Savoie, les marno-calcaires bleus à Spatangues qui terminent l'Hauterivien se transforment progressivement à leur partie supérieure : ils deviennent plus calcaires, prennent une teinte rousse et se chargent d'éléments détritiques (débris de Lamellibranches et d'entroques, quartz) ; de plus, on y rencontre çà et là des Polypiers, beaucoup de Panopées, des silex.

Ces couches, peu épaisses et désignées parfois sous le terme de « calcaires à Panopées », forment la base de la grande falaise blanche urgonienne à laquelle elles s'opposent immédiatement par leur teinte fauve. Elles témoignent de l'installation d'un régime transitionnel, différent de celui qui a donné lieu au dépôt des marno-calcaires à Spatangues et qui annonce le régime récifal urgonien. Depuis la découverte de J. Révil qui y trouva, dans le Jura savoisien (Montagne de l'Épine), *Crioceras Emerici*, on les rattache au Barrémien inférieur.

Dans le massif des Bornes, elles sont relativement peu développées ; orographiquement, elles se lient toujours à l'Urgonien, calcaire organogène plus massif, blanchâtre. Cet Urgonien demeure semblable à lui-même sur de grandes étendues. On constate simplement des variations dans la teinte générale : l'Urgonien blanc étant localisé à l'W d'une ligne passant approximativement par les Aravis, l'Urgonien gris (faciès dit du Faucigny) étant situé à l'E de cette ligne.

Ici, comme en Chartreuse et en Vercors, l'Urgonien est l'élément architectural caractéristique de ces massifs, soit qu'il y forme de hautes falaises au sommet des talus néocomiens, soit qu'il dessine de magnifiques plis ou détermine de vastes plateaux lapiazés et arides comme le Parmelan.

Sa constitution lithologique est à peu près invariable dans tout le massif des Bornes ; sur les calcaires jaunes barrémiens, se superposent des calcaires à stratification confuse, très blancs, très épais, coupés à leur tiers supérieur par quelques bancs de marno-calcaires jaunes grossiers, à *Orbitolines*, donnant lieu à une petite vire herbeuse et séparant ainsi l'ensemble en une masse urgonienne inférieure, la plus puissante, et une masse urgonienne supérieure.

L'Urgonien des Bornes est un calcaire très pur (90 à 98 °/₀ de CO^3Ca), d'origine zoogène et auquel on ne peut donner le nom de calcaire récifal à Polypiers que d'une façon très locale.

Du point de vue micrographique, on peut y distinguer plusieurs types. Le type le plus banal est celui qui, au microscope, se montre formé de nombreux débris à peine roulés, organiques ou calciteux, d'oolithes, d'organismes (Miliolidés, Orbitolines, Rotalidés, Algues calcaires, débris de test de Mollusques et surtout de Rudistes), tout cela dans une pâte calcaire vaseuse, granuleuse ou recristallisée. Mais il peut exister des types oolithiques francs, ou pseudoolithiques, c'est-à-dire formés presque uniquement par des débris calciteux à peine roulés et entourés d'une ou plusieurs couches de calcaire incrustant.

Le faciès récifal est localement réalisé par l'accumulation de Polypiers variés, généralement associés à des Bryozoaires cyclostomes encroûtants, d'un type spécial (genre *Zonatella* Y. Dehorne), et à des Rudistes (massifs du Parmelan et de la Tournette). Très souvent alors, ces faciès récifaux francs coïncident avec les faciès dolomitiques, sableux, jaunâtres, qui, au microscope, se montrent uniquement formés de petits rhomboèdres aigus de dolomie, à peine maintenus par un ciment calcaire (Tournette, Parmelan, Cascade de Morette, Rocher de Cluses).

Enfin, le faciès dit « Urgonien crayeux » (faciès d'Orgon) n'existe pas dans le massif des Bornes, mais se montre vers l'W à quelques kilomètres, à la Montagne de la Balme et au Salève.

Quant aux couches à Orbitolines, ce sont des calcaires à débris plus ou moins marneux, jaunâtres ou bleuâtres, riches en Brachiopodes et en Rudistes.

En somme, on peut dire que l'Urgonien apparaît surtout comme formé par la consolidation d'une boue marine provenant de la trituration, en eau agitée, de coquilles d'organismes à test calcaire épais, vivant au voisinage ou dans des récifs à Polypiers et Zonatelles.

Ces récifs, M. Lugeon nous les a fait connaître [**31**, p. 14] à la Tournette et dans les Bauges, où ils sont le plus souvent dolomitisés [1], c'est dire que les fossiles en ont disparu ou y sont fort mal conservés.

Partout ailleurs, là où la dolomitisation n'est pas intervenue, les fossiles sont fréquents dans l'Urgonien, ainsi que dans les couches à Orbitolines qui sont presque toujours fossilifères, surtout dans les chaînes externes des Bornes, au Roc-de-Chère, à la Montagne de Veyrier, au Parmelan, etc.

C'est aux environs d'Annecy, où tout un quartier de la ville est construit sur l'Urgonien de l'extrémité du Semnoz, que ce terrain est le plus facile à étudier.

De nombreuses carrières sont creusées près du Château. Le Barrémien inférieur n'est pas visible [2] et c'est la masse urgonienne inférieure qui est exploitée et qui fournit un calcaire blanc très massif, très pur, empâtant de nombreux et beaux fossiles, parmi lesquels J. Révil et M. Le Roux [**43**] citent, à la base, *Matheronia lovetchensis* var. *Drinovi*, *M. gryphoïdes*, *M. Munieri*, *M. Virginiae*, *Monopleura* sp., *Requienia ammonia*, *Janira atava*, *Janira Deshayesiana*, *Pycnodus Couloni*, tandis

1. Des observations analogues peuvent être faites en Chartreuse et en Vercors, et j'ai depuis longtemps remarqué que l'Urgonien, si riche en Polypiers, du versant oriental du Moucherotte, au Col Vert, était également très dolomitique. Cette dolomitisation est donc secondaire et due au fait que les Polypiers sont des organismes fixateurs de magnésie.

2. Mais il se voit plus au S, dès les Balmettes, sous forme de calcaires jaunâtres spathiqnes en petits bancs, à la base de la falaise urgonienne de la Grande-Jeanne.

que la partie supérieure, pétrie d'*Agria*, est plutôt caractérisée par *Rhynchonella irregularis*, *Nerinea Vogtiana*, *N. Chamousseti* (= *gigantea*), *Toucasia carinata*.

Les Rudistes d'Annecy ont été étudiés par V. Paquier, qui a figuré dans son mémoire classique sur les Rudistes urgoniens [**34**] la grosse *Matheronia lovetchensis*, espèce des Balkans qui ne se trouve, en France, que dans ce gisement.

Quant aux couches à Orbitolines (souvent désignées sous le nom de Rhodanien), elles sont très fossilifères à la Puya et aux Balmettes près de Vovray : *Matheronia gryphoïdes*, *Toucasia carinata*, *T. carinata* var. *minor*, *Monopleura trilobata*, *Pterocera pelagi*, *P. Beaumonti*, *Nerinea* sp., *Panopaea* sp., *Janira Morissi*, *Terebratula sella*, *Rhynchonella lata*, *Toxaster oblongus*, *T. Raulini*, *Pygaulus Desmoulinsi*, *P. subaequalis*, *P. depressus*, *Nucleopygus Roberti*, *Goniopygus peltatus*, *Diadema carthusianum*, *D. rotulare*, *Pseudomelania* sp., *Orbitolina conoïdea*, *O. lenticularis*, Serpules, dent Palatine de Poisson, etc. Il s'y intercale, là, des niveaux gréso-glauconieux verdâtres et des calcaires bleus pétris de Nérinées.

La masse urgonienne supérieure (calcaires à petites Caprotines des anciens auteurs) est toujours plus tendre, et elle est caractérisée par de petits Rudistes, *Requienia Lonsdalei*, *Toucasia carinata*.

Cette suite, plus ou moins fossilifère et avec de légères modifications de faciès, se retrouve dans tout le massif des Bornes. Les couches à Orbitolines n'y sont pas toujours aussi marneuses et aussi développées. Ainsi, au Parmelan, elles sont moins épaisses, certains bancs très durs y montrent parfois des Orbitolines silicifiées ; de plus, il s'y intercale des calcaires à pâte fine et à silex, près du point culminant.

A Thônes, l'Urgonien supérieur a livré à H. Douvillé [**56**] une empreinte d'Ammonite qui lui a semblé pouvoir être rapportée à *Hoplites Deshayesi*, et c'est sur cet Urgonien que viennent des schistes noirs à *Exogyra aquila*, que ce géologue rapporte à l'Aptien supérieur.

Ailleurs, notamment au mamelon d'Epa, près de Dran, G. Maillard dit que l'Urgonien supérieur se fond, vers le haut, dans des schistes marneux noirs à *Exogyra aquila* [**11**]. En tout cas, d'après Ad. Jayet [**95, 97**], il peut passer à des grès verdâtres rappelant ceux de la Perte de Rhône et qui passent eux-mêmes aux grès albiens.

b) Comparaison avec les régions voisines. Age et variations de faciès de l'Urgonien.

Au Sud du Massif des Bornes, dans les Bauges, la Chartreuse, l'Urgonien possède une constitution analogue à celle que nous venons de décrire, c'est-à-dire qu'il comporte de bas en haut des calcaires jaunes à Panopées (Barrémien inf.), une masse urgonienne inférieure, les couches à Orbitolines, enfin une masse urgonienne supérieure, qui peut parfois manquer, ayant été enlevée par la transgression albienne. Les calcaires à Panopées y forment une bande jaunâtre continue à la base de la falaise urgonienne. Au sommet du Semnoz, près des Chalets de l'Abbaye, la nouvelle route franchit ces couches qui sont ici très épaisses, et montre successivement, à partir des marnes à Spatangues de l'Hauterivien : les marno-calcaires à miches avec Panopées et *Toxaster*, des calcaires roux à silex, des calcaires roux à

Huîtres, Oursins, Pharétrones, Polypiers et Hydrozoaires (*Chaetetopsis Favrei*) silicifiés, des calcaires bicolores, séparés par des lits marneux et glauconieux très fossilifères (*Janira atava*, Brachiopodes, Oursins), des calcaires roussâtres à concrétions gréseuses, branchues et silex (une Ammonite indéterminable, Bélemnites), faisant passage à l'Urgonien inférieur lequel montre de nombreuses sections de Rudistes [1].

Plus au Sud, dans le Vercors, notamment aux Ravix, à l'W du Villard-de-Lans et au Rimey, près de Rencurel, l'Urgonien s'accroît par le haut d'une nouvelle couche à Orbitolines, dite couche supérieure. Cette couche est transgressive sur l'Urgonien supérieur corrodé et elle a fourni cette fois des Ammonites de l'Aptien supérieur étudiées par Ch. Jacob [**45**]. On peut, par conséquent, déduire *a priori* de ceci que l'Urgonien supérieur doit être parallélisé au plus avec l'Aptien inférieur. De fait, au Sud du Vercors et d'après V. Paquier [2], on voit les calcaires bédouliens à silex et à *Douvilléiceras* et *Ancyloceras*, passer progressivement à l'Urgonien supérieur et la couche à Orbitolines supérieure venir se fondre dans les marnes aptiennes. Quant à la couche à Orbitolines inférieure, on la voit passer, à Glandage et à Balmotte, au Barrémien supérieur.

Il en résulte que notre masse urgonienne inférieure doit être au moins barrémienne supérieure.

A l'W du Massif des Bornes, l'Urgonien complet se retrouve dans la Montagne de la Balme ou Mandallaz. Le Barrémien inférieur y est également complexe, comme au Semnoz ; ainsi dans la cluse d'Allonzier, on voit entre les marnes à Spatangues de l'Hauterivien supérieur et l'Urgonien une épaisse suite de marno-calcaires à Panopées, de calcaires oolitiques à Oursins et Zonatelles, de calcaires bleus à Brachiopodes [**51**]. La masse urgonienne inférieure présente le faciès crayeux, très fossilifère au-dessus de Chaumontet où j'ai recueilli : *Requienia ammonia*, *Rhynchonella Renauxiana*, *Rh. Gibsiana*, *Rh. lata*, *Terebratula sella*, *Pecten* sp., *Cidaris cornifera*, Polypiers.

Les couches à Orbitolines (dites « Rhodanien ») renferment leurs fossiles habituels sur tout le versant oriental de la montagne de la Balme-Salève ; elles montrent là des niveaux marno-gréseux verts, comme à Vovray (Semnoz-Nord).

Je ne connais de l'Urgonien supérieur qu'un seul affleurement dans toute la chaîne, c'est celui qui forme la dalle triangulaire qui domine la source sulfureuse de Bromines. Cet Urgonien est très aminci, probablement aux dépens des faciès marno-gréseux du « Rhodanien », et il est recouvert par les calcaires et grès glauconieux de l'Albien.

Si nous nous dirigeons encore plus à l'W, la célèbre coupe de la Perte du Rhône va nous montrer, sur l'Urgonien inférieur, des calcaires jaunes à *Pterocera pelagi* [3]

1. L'existence de nombreuses failles transversales, mises récemment à découvert par la nouvelle route autocyclable du Semnoz, et que je n'avais pas remarquées, m'avait induit en erreur sur l'âge de ces couches, que j'avais tout d'abord attribuées au Valanginien supérieur (zone à *Alectryonia rectangularis*) [**66** *bis*, p. 53].

2. Recherches géologiques dans le Diois et les Baronnies orientales (Thèse, Paris, 1910).

3. Ce sont les « calcaires à Pterocères » de Renevier, équivalent du « Rhodanien » des environs d'Annecy.

(l'ensemble homologué au Barrémien supérieur par Renevier), puis un épais complexe gréso-glauconieux vert, avec dalles à Orbitolines, correspondant à l'ensemble de l'Aptien. On peut dire que *tout notre Urgonien supérieur s'est ici fondu dans les faciès glauconieux de l'Aptien jurassien.* C'est cet Aptien, très fossilifère à la base, que Renevier avait appelé Rhodanien et c'est par une extension injustifiée que ce terme de Rhodanien a été par la suite, appliqué aux couches à Orbitolines des environs d'Annecy et des Bauges. En réalité, ce Rhodanien, comme l'Urgonien d'ailleurs, est plutôt un faciès et peut correspondre soit à l'ensemble de l'Aptien, soit à l'Aptien supérieur, soit à l'Aptien inférieur, soit au Barrémien supérieur. Nous admettrons donc, pour le Massif des Bornes, les équivalences suivantes, déjà proposées par J. Révil et M. Le Roux [**43**] :

Aptien inférieur :	Masse urgonienne supérieure.
Barrémien supérieur	Couche à Orbitolines inférieure (ancien Rhodanien).
	Masse urgonienne inférieure.
Barrémien inférieur :	Calcaires jaunes à Panopées.

Si nous cherchons à suivre l'Urgonien à l'E du Massif des Bornes, nous le verrons changer de teinte. Comme tous les autres terrains de la série sédimentaire, il est devenu plus sombre, il est franchement gris, tout en conservant ses autres caractères. Il contient encore de beaux Rudistes à test noir à Platé et à Samoens, ainsi que des Zonatelles. Mais les couches à Orbitolines sont devenues très compactes, parfois même siliceuses et se distinguent mal dans l'ensemble de la falaise urgonienne. Dans le Massif de Platé, elles ont été signalées par H. Douxami [**32**] et par moi-même aux Chalets de Sales et au Col de Monthieu. Mais il n'est pas sûr que cette couche soit la même que celle des environs d'Annecy. L'Urgonien supérieur s'individualise donc mal ici ; il peut même être remplacé par des schistes et des grès verts, ainsi que l'ont montré A. Jayet et H. Butler [**97**].

Enfin, dans le massif de la Dent du Midi et à la Dent de Morcles, l'Urgonien, le *Schrattenkalk* des géologues suisses, est recouvert par des grès verdâtres à *Exogyra aquila*, *Ostrea macroptera*, *Cyprina angulata*, etc., qui représentent l'Aptien.

II. — CRÉTACÉ MOYEN

1° **Albien (ou Gault).**

a) Généralités.

C'est le terrain le plus fossilifère de notre région et c'est aussi un excellent horizon-repère. En effet, formé de grès glauconieux foncés et de schistes noirs, tendres, compris entre les calcaires clairs et plus durs de l'Urgonien et du Sénonien, il donne toujours lieu à une petite vire herbeuse et humide.

L'Albien a attiré de très bonne heure l'attention des géologues, à cause de sa richesse en fossiles, aussi, des travaux classiques lui ont-ils été consacrés par Pictet et Roux, A. Favre, Renevier, etc. Mais il a fallu attendre la thèse de Ch. Jacob [**45**]

pour avoir, sur l'ensemble du Crétacé moyen des Alpes occidentales, une étude synthétique basée sur l'établissement de zones paléontologiques. C'est ainsi que cet auteur y a distingué, de bas en haut, les zones suivantes :

Zone I, à *Douvilleiceras nodosocostatum* et *D. Bigoureti* ; c'est l'horizon de Clansayes (Drôme), la « lumachelle » des régions delphino-savoisiennes.

Zone II, à *Hoplites* (*Leymeriella*) *tardefurcatus*.

Zone III, à *Hoplites dentatus*.

Zone IV, à *Mortoniceras inflatum*, subdivisée en une sous-zone inférieure (IV a) à *Mortoniceras Hugardianum* et une sous-zone sup. (IV b) à *M. inflatum*, et *Turrilites Bergeri*.

Depuis ces recherches de Ch. Jacob, l'étude du Crétacé moyen et spécialement de l'Albien de la région classique de la Perte du Rhône et des chaînes subalpines savoisiennes a été reprise par Ad. Jayet [**95**] qui a révisé certaines vues de Ch. Jacob et proposé de nouvelles interprétations concernant la succession des faunes d'Ammonites.

Dans tout le Massif des Bornes, comme d'ailleurs dans l'ensemble des chaînes subalpines septentrionales, l'Albien possède des caractères très tranchés et très constants. Il est peu épais (de quelques décimètres à quelques dizaines de mètres), formé de sédiments gréseux et marneux et de schistes, noirs ou vert foncé, assez tendres dans l'ensemble et toujours glauconieux et phosphatés. Les fossiles, abondants, sont le principal support du phosphate de chaux, dont l'origine est organique.

La glauconie s'y présente en grains arrondis ou lobés en moules de Foraminifères et à l'état cryptocristallin.

Les seules variations à signaler sont relatives à la teinte de la formation : à l'E de la vallée du lac d'Annecy, l'Albien est noir (sédiments et fossiles), tandis qu'à l'W et au S (Bauges), il est d'un vert clair (faciès de la Perte du Rhône). La limite septentrionale du faciès vert clair est constituée par les gisements des environs d'Annecy (Roc-de-Chère et bordure N de la Montagne de Veyrier).

b) Description des coupes.

L'Albien se montre dans presque tous les synclinaux des Bornes, qu'il souligne d'un liseré caractéristique.

Voici quelques détails sur la constitution des divers gisements de ce Massif, gisements que nous étudierons successivement du S au N.

Roc-de-Chère. — L'Albien n'y a été découvert que tout récemment [**107**] ; il y forme pourtant de vastes affleurements qui avaient été confondus avec les grès du Nummulitique.

La rive méridionale du Roc-de-Chère montre un socle de Crétacé inférieur en couches faiblement inclinées vers le N et formé d'Urgonien avec couches à Orbitolines.

Sur l'Urgonien supérieur, on a successivement, vers le N :

1. Calcaires grossiers, durs, lumachelliques, de teinte jaune pâle (quelques mètres).
2. Grès calcarifères glauconieux, d'un vert clair, à débris phosphatés et rares fossiles (Rhynchonelles, Bryozoaires), (quelques mètres).

3. Grès verts, durs, noduleux et phosphatés, sans fossiles.
4. Grès verts sableux, à stratification entrecroisée, très épais ; des nodules ferrugineux, pas de fossiles. Ces grès sont ravinés par le Sénonien.

Les niveaux 1 et 2 représentent la lumachelle (zone I) sous un faciès assez caractéristique dont c'est même, ici, le dernier affleurement subalpin, vers le N.

Quant aux niveaux 3 et 4, ils sont très semblables aux faciès gréso-sableux de l'Albien des Bauges qui ne se poursuit pas plus au N.

Montagne de Veyrier. — Les gisements les plus intéressants sont ceux du Creux, situés sur le bord de la vallée du Fier, où ils ont été découverts par Ph. Guinier et M. Le Roux. Ces gisements, étudiés par Ch. Jacob [**45**, p. 217], puis par Ad. Jayet [**96**], ont fourni des fossiles phosphatés des zones II et IV, dans des grès vert clair, épais, de 50 à 60 mètres environ, à la base desquels s'intercalent quelques bancs peu épais, lumachelliques. Ce gisement est le plus externe des Bornes, car, plus au N, on ne retrouve le Gault qu'à Thorens, en lisière de la zone mollassique.

Tournette. — Un lambeau de grès roussâtre, albien, très altéré, existe dans une situation insolite, sur le plateau urgonien de la base du Rocher du Fauteuil. Il y a été signalé par Maillard qui y a récolté *Phylloceras Velledae* (Musée d'Annecy).

M. Lugeon [**31**] a revu ce gisement et y a récolté d'autres fossiles : Bélemnites. *Terebratula Dutempleana*, *Rhynchonella Gibbsi*. Pour ce dernier auteur, la présence de ce lambeau est due à un synclinal recouvert par une faille très oblique affectant le Fauteuil.

Parmelan (Col du Perthuis). — L'Albien est là transgressif sur l'Urgonien supérieur dolomitique[1] ; il est déjà entièrement noir, gréseux à la base, marneux au sommet et il est très fossilifère. Ch. Jacob y a reconnu dans les grès des fossiles des zones II et IV.

Montagne de Soudine. — Les gisements de Soudine, comme ceux du Mont Saxonnex et du Petit Bornand plus au NE, sont très riches et sont devenus classiques depuis les études de A. Favre ; ils sont aujourd'hui à peu près épuisés. Mais la région du Col de Teine (ou de Taine), à l'extrémité NE de Soudine, mérite d'être décrite, car elle a été revue récemment par Ad. Jayet et H. Butler [**97**] qui ont donné une coupe détaillée du Crétacé moyen de cette localité.

De bas en haut, ces géologues ont noté, sur l'Urgonien gris (n° 1 de leur coupe) :

1. Grès glauconieux durs, en gros bancs (petit abrupt). Aptien supérieur pour ces auteurs.
2. Grès lumachelliques jaunes avec Rhynchonelles et *Terebratula Dutempleana* ; 0 m. 50 (zone I).
3. Marnes schisteuses noires à *Hoplites tardefurcatus* pyriteux ; 18-20 m. (zone II).
4. Grès verts ou noirs avec intercalations marneuses, *Douvilleiceras mamillatum*, *Hoplites dentatus*, *Acanthoceras Lyelli*, *Belemnites minimus*, *Hemiaster minimus* ; 12 m. (zone III).
5. Grès verts, foncés ou clairs, riches en fossiles à l'état de moules phosphatés noirs en saillie. C'est la « fausse brèche » des auteurs précités : *Inflaticeras inflatum*, *I. varicosum*, *Scaphites Hugardianum*, *Helicoceras robertianum*, *Holaster laevis*, *Turrilites Bergeri*, *T. puzosianus* ; 0 m. 50 (zone IV).

1. Séparé (dans toute la région) de l'Urgonien inférieur par des couches à Orbitolines très fossilifères.

Les grès n° 5 passent insensiblement aux calcaires sublithographiques du Crétacé supérieur, entre les deux parois urgoniennes des Rochers de Leschaux. La pseudo-brèche peut contenir, localement, beaucoup d'échantillons de *Hoplites tardefurcatus* et c'est pourquoi on l'avait confondue avec la zone II. Ce sont de tels mélanges fauniques, fréquents dans le Gault subalpin, que Ch. Jacob expliquait par des remaniements secondaires des niveaux inférieurs. Pour Ad. Jayet, au contraire, ces espèces des zones inférieures seraient ici en place, elles auraient réellement vécu au moment où se sédimentaient les dépôts de la zone IV, et il en voit une preuve dans ce fait que les échantillons de la zone II de la coupe de Teine sont pyriteux, tandis que ceux supposés remaniés de la zone IV sont phosphatés.

Cette conclusion, qui admet la persistance de certaines espèces dites caractéristiques, atteint donc la notion de zones d'Ammonites telle que nous la comprenions jusqu'ici. Elle demande encore de nouvelles recherches ; le fait de trouver un fossile de nature minérale différente de celle des fossiles d'une zone envisagée n'est pas décisif, car le fossile a pu être remanié dans une région lointaine où les processus de sédimentation et de métasomatose n'étaient pas forcément identiques. Je n'en veux comme preuve que ce fait que, dans le Vercors, les fossiles de la zone IV qui, à la Fauge, sont en place à l'état de moules calcaires, sont, dans d'autres gisements, remaniés à l'état de moules phosphatés.

Calvaire de Thônes. — Cette coupe est fort intéressante. Elle a été étudiée successivement, et à des points de vue divers, par Murchison et L. Pillet, G. Maillard, Ch. Jacob, J. Boussac, puis par H. Douvillé en 1916 [**56**]. Ce dernier géologue y note, fait important, une continuité de sédimentation depuis le Gault supérieur (Vraconnien, Craie glauconieuse), jusqu'aux calcaires à Globigérines du Crétacé supérieur : « une interruption de la sédimentation entre les couches à Globigérines du Vraconnien et les couches également à Globigérines de la Craie supérieure est bien peu vraisemblable. Il est donc très probable que ces assises représentent toutes les couches de la Craie depuis le Cénomanien. »

Sommier. — Ce gisement, très riche, se trouve aux environs du Reposoir. Il a été revu en 1926 par Jayet [**99**], auquel nous empruntons les détails suivants :

Sur l'Urgonien-Aptien, on voit :

1. Marnes noires ; 10 m. (Albien inférieur).
2. Grès durs, noirs, spathiques, d'un vert clair à la partie supérieure ; 20 m. (Albien moyen).
3. Pseudo-brèche gréso-calcaire à riche faune ; 0 m. 40 (Albien supérieur).
4. Calcaires sublithographiques, un peu glauconieux.

La pseudo-brèche est, comme toujours, pétrie de fossiles : *Hoplites tardefurcatus* et *regularis* (z. II) associés à *H. dentatus* (z. III) et *Anisoceras Saussureanum* et *Scaphites Hugardianum* (z. IV), et ces mélanges sont, pour Jayet, dus à la persistance des espèces des zones inférieures.

Ajoutons que, sur le versant W du synclinal du Reposoir, au Col de la Colombière, JAYET a mis en évidence des faits analogues.

Aravis. — Le Gault est très développé et très fossilifère sur tout le versant occidental de la Chaîne. Au Col même des Aravis, et sur les rochers urgoniens de l'Étale, j'ai noté successivement :

1. Schistes noirs et grès roux à traces dures, en relief.
2. Grès marneux.
3. Grès vert sombre à Rhynchonelles, Pectinidés ; 8-10 m.
4. Béton de fossiles noirs, phosphatés, avec *Hoplites tardefurcatus* mêlés à des espèces de l'Albien supérieur ; 0 m. 70-0 m. 80.
5. Calcaire glauconieux remaniant des débris de fossiles noirs phosphatés (base du Crétacé supérieur).

c) COMPARAISON AVEC LES RÉGIONS VOISINES.

Salève-Montagne de la Balme. — Au Salève, l'Albien (grès verts) a été signalé par H. DOUXAMI, sous les sables éocènes, grâce à une galerie de recherches [**23** *bis*, p. 153].

Mais il est bien visible sur tout le flanc oriental de la Montagne de la Balme et j'ai montré qu'il était là transgressif sur l'Urgonien supérieur et le « Rhodanien » [**51**]. Il comporte, à la base et sur l'Urgonien supérieur des Bains de Bromines, des calcaires lumachelliques glauconieux (Bryozoaires, Lamellibranches, Brachiopodes) puis des grès sableux vert clair, passant vers le haut à des calcaires blanchâtres crayeux, à traînées glauconieuses (Crétacé supérieur). La lumachelle de base représente notre zone I ; cet affleurement marque l'extrême extension vers le N de ce faciès, qui forme un horizon si constant à la base du Gault de la Chartreuse et du Vercors.

Bauges. — Au Semnoz, le Gault affleure sur tout le versant oriental de la chaîne. Le gisement le mieux connu est celui du Pont d'Entrèves, étudié successivement par G. DE MORTILLET, CH. JACOB, J. RÉVIL, M. BREISTROFFER. On y voit la lumachelle de base, puis des grès sableux vert clair, riches en moules phosphatés jaunes de fossiles des sous-zones IV a et IV b, auxquels sont mélangés, comme toujours, des fossiles des zones II et III.

Cette bande d'Entrèves se poursuit vers le N jusqu'à Sévrier, où, sur l'Urgonien supérieur, se montrent des calcaires glauconieux très cristallins à traces de fossiles, des grès verts glauconieux très épais, passant progressivement à des calcaires blancs sublithographiques, glauconieux, puis au Sénonien fossilifère, exploité en carrières comme pierre à ciment hydraulique.

Plus au N, près d'Annecy, A. FAVRE cite [**3**, t. II, p. 201) des grès rouges fossilifères visibles près du Château ; ces couches sont maintenant cachées et je n'ai pu les retrouver.

Dans les autres montagnes des Bauges, l'Albien est toujours bien développé, dans tous les grands synclinaux, surtout dans celui d'Entrevernes, et il y présente un faciès de grès vert sableux très caractéristique, faciès qui, ainsi que nous

l'avons vu, se retrouve jusqu'au Roc-de-Chère qui prolonge précisément ce synclinal[1].

Massifs de Platé et du Haut-Giffre. — L'Albien y est semblable à celui des Bornes ; il est ici nettement transgressif sur l'Urgonien taraudé par les Mollusques lithophages [**65**, p. 9]. On y retrouve les mélanges de faunes dans les nombreux gisements classiques : Cluses, Col de Monthieu, Aujon, Les Fiz, Sales, Chalets de Bostan et de Criou.

A Bostan, des schistes noirs à *Exogyra aquila* sont, d'après CH. JACOB, directement recouverts par des grès noirs renfermant des fossiles des zones I, II, IV. A Criou, le même auteur note, sur l'Urgonien corrodé, une brèche à cailloux urgoniens et ciment glauconieux à fossiles de la zone II, recouverte par des grès verts à fossiles de la zone IV.

Suisse occidentale, nappes helvétiques. — Le Gault, inchangé, existe à la Dent du Midi, à Morcles. Le célèbre gisement de Chevilles, au pied S des Diablerets, renferme de nombreux fossiles remaniés de toutes les zones de l'Albien-Cénomanien.

d) RÉSUMÉ ET CONCLUSIONS.

Avec la transgression albienne, le régime des faciès néritiques gréso-glauconieux, régime complètement différent de celui de l'époque précédente et que nous avions vu préluder dès l'Aptien supérieur, s'installe définitivement dans notre région. L'épaisseur toujours réduite de cet étage, ses lacunes, sa nature glauconieuse et phosphatée, les accumulations de fossiles, souvent roulés, mêlés et appartenant à des zones différentes, ne peuvent s'expliquer que par l'existence, à cette époque, de courants intenses déterminant en certains points d'importantes abrasions sous-marines. Tout cela dénote l'instabilité des fonds marins de cette période et la possibilité de transgressions locales (Platé, Haut-Giffre), tandis qu'ailleurs, la continuité de la sédimentation n'était point troublée.

Les sédiments albiens sont des formations terrigènes, qui ont pris naissance en bordure du géosynclinal dauphinois ; ils évoquent un peu les sables verts de nos mers actuelles.

2° Cénomanien.

a) DESCRIPTION.

Cet étage, longtemps méconnu dans nos chaînes subalpines de la Haute-Savoie, y fait cependant suite presque partout, et là où il a été préservé des érosions anténummulitiques et nummulitiques, aux grès verts de l'Albien.

Sa découverte est loin d'être récente, puisqu'elle date de 1818. Elle est due à BRONGNIART qui, dans une récolte de BEUDANT faite à Platé, détermina *Ammonites varians* et *Scaphites obliquus*. C'est en 1821 que BRONGNIART fit le parallélisme, remarquable pour l'époque, entre les fossiles trouvés dans les grès verts des Fiz à Platé et ceux de la Craie chloritée de Rouen.

1. La révision de l'Albien des Bauges et surtout de la Chartreuse a été l'objet des travaux récents de M. BREISTROFFER (*Ann. Univ. de Grenoble*, t. VIII, n° 2-3, 1931, et A.F. A.S., Congrès de Chambéry, 1933).

Cette découverte importante, longtemps négligée et même critiquée, a été reconnue exacte, il y a quelques années seulement, par L. W. Collet et R. Perret, au cours de leur étude du gisement des Fiz [**100**].

Dans le massif des Bornes, c'est au col de Taine (ou encore du Freux), au-dessus du Petit Bornand, que le Cénomanien fut signalé pour la première fois par A. Favre [**3**, t. II, p. 172], en 1867. Mais, là encore, cette découverte passa inaperçue et il fallut les recherches récentes de L. W. Collet, H. Butler et Ad. Jayet [**104**], pour lui donner l'intérêt qu'elle n'avait pu susciter en son temps.

Dans cette localité, ces auteurs retrouvèrent les niveaux à *Schloenbachia varians*, juste au-dessus des grès du Gault supérieur, dans un complexe de calcaires gréso-glauconieux grossiers, de calcaires clairs glauconieux passant progressivement à des calcaires sublithographiques à silex du Crétacé supérieur (Sénonien).

Pour ces auteurs, non seulement le Cénomanien est largement représenté dans cette coupe ; mais il passe verticalement et continuement au Sénonien, sans interruption notable de la sédimentation. Il faut conclure de ces faits que la barre de calcaires blancs sublithographiques de Crétacé supérieur du Massif des Bornes, et qui avait été jusqu'ici attribuée en bloc au Sénonien, peut, dans certains cas, représenter en partie le Cénomanien et le Turonien.

Depuis, le Cénomanien, sous un faciès analogue, a été retrouvé par ces auteurs au Mont Saxonnex et aux Chalets de Wormy, près de Romme. Mais, dans les massifs voisins de Platé et du Haut-Giffre, les gisements cénomaniens sont encore plus fréquents, tout en se présentant dans des conditions très semblables. Ainsi, dans le Cirque de Sales et aux Avaudruz, L. W. Collet a signalé, en 1910, dans la partie supérieure des grès dits aptiens, *Acanthoceras Mantelli*, *Schloenbachia varians*, *Turrilites costatus* [**47-48**].

En 1922, j'ai trouvé au sommet des mêmes grès, dans la région de Sales, *Schloenbachia varians* et *Turrulites Morissi*.

Ce point a d'ailleurs été revu en 1928 par Ad. Jayet [**121**] qui, outre ces fossiles, a trouvé *Mantelliceras Mantelli*, *Anisoceras perarmatum*, *Turrilites tuberculatus*, dans des calcaires sublithographiques gréseux et glauconieux à patine jaune, superposés au Gault supérieur et passant graduellement au calcaire pur sans fossiles.

Dans le gisement des Fiz, L. W. Collet et R. Perret ont récolté dans ces mêmes calcaires de nombreux échantillons de *Schloenbachia varians* et de *Turrilites costatus* non remaniés. Ces auteurs ont, d'autre part, insisté sur la récurrence des faciès glauconieux dans les calcaires sublithographiques.

Il semble donc établi que, dans tout le massif de Platé, la base des calcaires sublithographiques du Crétacé supérieur montre quelques bancs à patine jaune devant être rapportés au Cénomanien et qui passent d'une façon continue aux couches supérieures. Ad. Jayet pense que ces conclusions doivent être étendues à toutes les chaînes calcaires de la Haute-Savoie, par suite de découvertes symétriques en d'autres localités et notamment près d'Arâche.

Au microscope, ces calcaires gréso-glauconieux présentent un ciment vaseux, très fin, à nombreux Foraminifères (Lagenidés, Globigérinidés, rares Rosalines). Ils

dénotent évidemment l'approfondissement graduel du bord septentrional et occidental du géosynclinal dauphinois.

b) Résumé et Conclusions.

Le régime néritique gréseux franc de l'Albien se prolonge pendant le Vraconnien et les débuts du Cénomanien. Mais, bientôt les conditions bathymétriques vont changer et donner lieu au dépôt de sédiments calcaires vaseux, à Foraminifères pélagiques (Globigérinidés) et qui, au début, vont interférer avec les formations gréso-glauconieuses (calcaires glauconieux). La mer s'ouvre largement vers le S, amenant la microfaune chaude méditerranéenne. On passe ainsi au Crétacé supérieur. Mais deux hypothèses restent encore en présence pour expliquer ce passage, ainsi que nous allons le voir : sédimentation continue d'une période à l'autre, ou lacune d'importance variable.

III. — CRÉTACÉ SUPÉRIEUR

Si nous commençons à être bien renseignés sur le Crétacé inférieur et moyen des chaînes subalpines savoisiennes, nous le sommes beaucoup moins sur le Crétacé supérieur des mêmes régions, au sujet duquel aucune étude systématique n'a encore été tentée [1].

Malheureusement, la difficulté demeure que ce Crétacé supérieur est extrêmement pauvre en fossiles et qu'il se présente presque partout sous un faciès de calcaires blancs ou gris sublithographiques ou marneux, d'une monotonie désespérante.

Nous avons vu que, dans le Massif des Bornes, et, pouvons-nous ajouter, dans l'ensemble des chaînes subalpines de la Savoie et de la Haute-Savoie, les grès glauconieux albiens et Cénomaniens, sont recouverts par des calcaires sublithographiques blanchâtres, en petits bancs bien lités, de quelques centimètres, avec ou sans silex. Ces calcaires déterminent une falaise de hauteur variable (de 1 à 100 mètres environ) au-dessus de la vire du Crétacé moyen.

Jusqu'à ces dernières années, ces calcaires avaient été attribués en bloc au *Sénonien*, par suite de l'absence de fossiles cénomaniens et turoniens, les seuls fossiles trouvés étant sénoniens. On admettait donc l'existence d'une grande *lacune* entre l'Albien supérieur et le Sénonien, autrement dit, une importante transgression du Crétacé supérieur, dans toute la zone subalpine savoisienne, chose qui cadrait parfaitement d'ailleurs avec ce que nous savions de l'allure du Sénonien dans les autres régions.

Or, dans les Alpes suisses, les couches correspondant à ce Sénonien ainsi compris, reposent sur du Cénomanien et du Turonien fossilifères, ce qui faisait déjà dire à E. Haug [**18**, p. 25], que « les preuves certaines de cette transgression sénonienne font encore défaut, car il se pourrait que les étages inférieurs du Crétacé supérieur existassent, quoique sans fossiles, à la base des calcaires considérés dans leur ensemble comme sénoniens ».

1. Citons cependant la thèse d'Em. Fallot [**8**], thèse qui date de 1885 et qui, d'ailleurs, ne fait qu'effleurer le sujet en Savoie.

Cette supposition s'est en partie réalisée. Nous avons vu dans le paragraphe précédent, que le Cénomanien est représenté en de nombreux points des Bornes et des massifs adjacents situés au NE, et que la sédimentation ne paraissait nullement avoir été interrompue entre l'Albien supérieur et le Crétacé supérieur.

Ce fait, déjà noté en 1916 à Thônes, par H. Douvillé a été mis en lumière et généralisé peu après par Ad. Jayet.

Mais nous verrons que si cette continuité de sédimentation paraît bien correspondre à la réalité dans les parties orientales du Massif des Bornes, à Platé et dans le Haut-Giffre, la transgressivité du Sénonien n'en existe pas moins dans les massifs subalpins plus méridionaux : Sud du Massif des Bornes, Bauges, Chartreuse, Vercors.

Le problème du Crétacé supérieur ainsi posé, j'étudierai successivement les faciès de ce Crétacé supérieur, sa faune, sa constitution stratigraphique et sa répartition dans le Massif des Bornes et les régions voisines.

1° Faciès du Crétacé supérieur.

a) *Calcaires blancs sublithographiques.* — C'est le faciès le plus répandu. Ce sont des calcaires blanchâtres ou jaunâtres, parfois tachetés de gris, en petits bancs ; leur pâte est toujours finement granuleuse, pélagique, et ne montre jamais d'éléments clastiques. Mais on peut y trouver des silex jaunes ou blanchâtres, et, au niveau de leur base, des grains de glauconie ou de quartz. Les Foraminifères pélagiques, parfois très nombreux, y sont surtout des Globigérines, petites et à test mince, des Rosalines (*Rosalina Linnei*), des Lagénidés (*Lagena sphaerica*, Fissurines). Les Rotalidés et Textilaridés y sont très rares, de même que les spicules de Spongiaires. Par contre, parmi ces éléments figurés, il y a lieu de citer des prismes isolés d'Inocérames, assez fréquents.

L. W. Collet a essayé de faire, dans cette masse de calcaires blancs sublithographiques, des subdivisions basées sur l'étude de la microfaune [**47**]. Il a noté l'abondance des Orbulines (probablement des Lagenidés) dans les couches inférieures du Massif de Platé (La Colonnaz, Chantemerle), et la prédominance des Globigérines dans les couches supérieures (Lac de Flaine). J'ai tenté de mon côté d'en faire autant pour l'ensemble des chaînes subalpines de Savoie, mais je suis arrivé à des résultats si contradictoires que j'ai préféré abandonner ces recherches.

b) *Calcaires rouges.* — Les calcaires sublithographiques peuvent parfois acquérir une belle teinte rouge vif, plus ou moins panachée de vert ; et cette teinte s'accompagne toujours de la pullulation des Foraminifères et en particulier des Rosalines. Le fait se rencontre près de Thônes, dans le synclinal de la Cascade de Morette [**69**], dans le synclinal d'Ablon, sur la lisière occidentale des Aravis, à la Tournette, etc. L'ensemble de la formation devient ainsi tout à fait semblable aux « couches rouges » préalpines des géologues suisses. Remarquons, avec E. Haug, que cette couleur caractérise en général les formations transgressives, car elle peut s'expliquer par la destruction, par des eaux envahissantes, de dépôts latéritiques (sesquioxyde de fer) formés à la surface des terres émergées.

c) *Calcaires et schistes noirs à Jéréminelles.* — Ce faciès se montre dans le S du synclinal de Thônes, sur le flanc E du Charvin (nappe de Morcles-Aravis) où la partie supérieure du Sénonien, superposée aux calcaires sublithographiques gris, devient noire, prend l'allure en petits bancs, à patine roussâtre, séparés par de minces délits schisteux. La surface des bancs présente de petits tubes aplatis, généralement silicifiés de *Jereminella Pfenderae* [**114**]. Ces faciès à Jéréminelles se développent également dans la Montagne d'Arclosan et dans les Bauges, aux environs de Faverges, où ils ont été découverts par H. Douxami et M. Lugeon, également au sommet du Sénonien, mais ils y sont plus schisteux et possèdent une odeur fétide à la cassure.

On sait que ces organismes sont probablement des Annélides et que les faciès qui les renferment, mis en évidence par M. Lugeon, caractérisent l'assise la plus élevée du Crétacé supérieur helvétique (couches de Wang) et ultrahelvétique.

Ils ont été retrouvés vers le S, jusqu'en Dévoluy, par P. Lory, où ils sont associés aux calcaires zonés superposés aux calcaires maestrichtiens à *Scaphites constrictus*[1]. Stratigraphiquement, on peut donc admettre que, dans notre région, ils représentent également le Maestrichtien.

2° Faune.

Les calcaires sublithographiques du Crétacé supérieur n'ont pas, jusqu'ici, fourni beaucoup de gros fossiles dans le Massif des Bornes. Ce que l'on y trouve surtout, ce sont des débris d'Inocérames (*Inoceramus Cuvieri* à Thônes) et des Oursins limivores (*Micraster*, *Ananchytes*).

Dans les environs de Thônes, les calcaires sublithographiques m'ont livré une dent de *Ptychodus* [**69**], un *Ananchytes*, des débris d'Inocérames.

Au Charvin, au-dessus de Manigod, Hollande [**6**] a trouvé, dans les calcaires gréseux noirs superposés aux calcaires sublithographiques, *Micraster*, *Ananchytes* et Inocérames ; outre ces Oursins, j'y ai moi-même signalé la présence de Jéréminelles. Il est donc probable que le Sénonien est représenté dans cette région par le Maestrichtien (calc. à Jéréminelles) et tout ou partie des étages subordonnés, Campanien, Emschérien (calc. sublithographiques).

Mais le plus beau gisement, d'ailleurs connu de longue date, se trouve en dehors, mais très près de notre champ d'étude, au-dessus du village de Sévrier, sur les pentes orientales du Semnoz. De nombreux fossiles peuvent y être aisément recueillis dans des calcaires marneux exploités comme pierre à ciment hydraulique, et superposés à des calcaires à silex :

Pachydiscus cf. *Neubergicus*, *Inoceramus Cripsi*, *Ananchytes ovata*, *Micraster coranguinum*, *M. Brongniarti*, *Echynocorys* (*Ananchytes*) *vulgaris* et des Bélemnitelles.

Cette faune caractérise évidemment le Sénonien ; mais c'est tout ce que l'on en peut dire car les rares Bélemnitelles, déterminées par les anciens auteurs comme *Belemnitella mucronata*, demanderaient à être revues.

1. Sur un faciès qui relie le Dévoluy aux Hautes-Chaînes calcaires : les couches à Serpules du Sénonien supérieur (*C. R. som. Soc. géol. Fr.*, 16 déc. 1918, p. 169). V. également dans le même recueil, le *C. R.* de la séance du 5 mai 1919, p. 86.

Ajoutons qu'ailleurs, dans les chaînes subalpines situées plus au N, les récoltes de fossiles sont encore plus rares. Dans le Massif de Platé, Sarasin a récolté un *Ananchytes* au col de ce nom ; de mon côté, j'ai trouvé un Inocérame au-dessus des Chalets de Sales.

3° Quelques coupes du Crétacé supérieur du Massif des Bornes.

Roc-de-Chère. — Le Crétacé supérieur (Sénonien), à l'état de calcaires à silex et débris d'*Inoceramus*, est transgressif [**107**] sur les grès verts sableux de l'Albien supérieur, par l'intermédiaire de couches transitionnelles formées de nodules de calcaires fins à Rosalines, légèrement glauconieux, paraissant roulés dans les grès verts. Ce sont ces couches singulières qui avaient été confondues avec les conglomérats de base du Nummulitique. A leur partie supérieure, les calcaires sublithographiques, perforés de trous de Pholades, sont ravinés par les grès à grandes Nummulites du Lutétien.

Massif de la Tournette. — D'après M. Lugeon [**31**], le synclinal médian de la Tournette (Sur les Maisons), est occupé en grande partie par des calcaires rouges bien lités et des schistes rouges et verts, riches en Foraminifères, recouvrant directement l'Urgonien.

Sous l'Arpairon, des bancs à silex séparent ces couches de l'Urgonien. Lugeon se demande si elles ne représentent pas l'Aptien, étant donné leur situation, plutôt que le Sénonien. En réalité, ces couches dans lesquelles j'ai trouvé des débris d'Inocérames et les Foraminifères de la Craie supérieure, appartiennent au Sénonien transgressif, sous son faciès « couches rouges ».

Environs de Thorens. — Le Crétacé supérieur et l'Albien y ont été mis en évidence récemment [**80**]. La base des calcaires sublithographiques est toujours glauconieuse et les calcaires superposés contiennent de nombreux silex. Ils sont recouverts transgressivement par le Priabonien.

Montagne de Soudine. — Au col de Teine, L. W. Collet, H. Butler et Ad. Jayet [**104**] ont relevé la coupe suivante :

1. Calcaires glauconieux. passant vers le haut à
2. Calcaires sublithographiques ; 5 m.
3. Calcaires sublithographiques grumeleux, glauconieux, sans silex ; 1 m. 50.
4. Calcaires sublithographiques à silex.

Schloenbachia varians a été trouvée dans les niveaux 1, 2, 3, qui sont donc à rapporter au Crétacé moyen. Le Crétacé supérieur serait représenté seulement par le niveau 4, et il y aurait continuité de sédimentation sur toute la hauteur de la coupe.

Synclinal de Dran. — Ce beau synclinal s'abaisse progressivement au S vers la vallée du Fier ; il est parcouru par le torrent des Bouts qui rejoint la vallée en donnant la cascade de Morette. Un peu au-dessus de la cascade, le Crétacé supérieur présente de beaux affleurements sur les grès verts albiens, fossilifères.

1. Calcaires gris sublithographiques.
2. Calcaires sublithographiques rouges à panachures vertes (très nombreuses Rosalines).

3. Mêmes couches, mais verdâtres, en petits bancs, avec des lits marneux verts et tendres dans lesquels j'ai trouvé une belle dent de *Ptychodus*.
4. Nummulitique.

Plus à l'amont, des calcaires sublithographiques massifs, à silex noirs, s'intercalent à la base de la formation, sur le Gault.

Calvaire de Thônes. — Cette coupe est célèbre depuis que Murchison y a signalé, après une course effectuée avec L. Pillet en 1848 [1], le Gault et la Craie supérieure à *Inoceramus Cuvieri*.

En 1916, nous avons vu que H. Douvillé (*ante* p. 27) a insisté sur la continuité de sédimentation qui semblait exister dans cette localité entre l'Albien et les calcaires à Foraminifères du Crétacé supérieur. Il est « très probable que ces assises représentent toutes les couches de la Craie depuis le Cénomanien », dit-il.

Chaîne des Aravis. — Sur l'Urgonien du massif de l'Étale, le béton phosphaté de l'Albien supérieur est recouvert par :

1. Calcaire glauconieux empâtant à sa base des débris phosphatés noirs (nodules et fossiles arrachés à l'Albien).
2. Calcaires blanc gris sublithographiques à Inocérames.
3. Calcaires gris sublithographiques, schisto-marneux.

Il semble qu'ici, la série du Crétacé supérieur soit transgressive par sa base (n° 1) dans laquelle je n'ai pas trouvé de fossiles cénomaniens, mais uniquement des débris albiens remaniés. Ce niveau rappelle d'ailleurs tout à fait celui qui se trouve, dans le Vercors septentrional, à la base des lauzes sénoniennes.

Plus au N, à Sommier, il semble au contraire, d'après Ad. Jayet, qu'il y ait continuité de sédimentation.

Au Sud de la chaîne, sur le versant W du Charvin (Col des Portettes), les calcaires gris sublithographiques sont recouverts par des calcaires gréseux, noirs, à délits schisteux. On y voit des sections de gros Oursins (*Micraster* et *Ananchytes*, d'après D. Hollande), et à la surface des bancs, des tubes de Jéréminelles (Maestrichtien). Ces couches sont recouvertes par le Lutétien transgressif.

4° Comparaison avec les régions voisines.

Montagne de la Balme. — Des calcaires blancs crayeux et glauconieux à Foraminifères pélagiques, superposés aux grès verts albiens des Bains de Bromines, y représentent probablement le Cénomanien et le Crétacé supérieur (en partie), [**109**].

Rappelons que L. W. Collet et Ed. Paréjas ont signalé [2] le Crétacé supérieur avec *Micraster*, et sous un faciès assez semblable, à Chézery (Ain).

Massif de Platé. — Le Crétacé supérieur y est connu de longue date. Ce sont toujours des calcaires sublithographiques en petites dalles.

Ces calcaires peuvent débuter par une brèche à cailloux sénoniens et ciment gré-

1. *Quart. Journal*, 13 décembre 1848, p. 185.
2. *C. R. Séances Soc. Phys. et Hist. Naturelle de Genève*, vol. 43, n° 3, p. 148-151, 1 fig.

seux vert, qui repose alors sur le Cénomanien. Cette brèche, attribuée au Turonien par L. W. Collet, serait due, pour cet auteur, à un remaniement de sédiments par un courant de fond.

Au-dessus du Col de Platé, vers Pointe-Pelouze, H. Douxami a signalé des calcaires noirâtres et grisâtres en concordance parfaite avec le Gault et supportant les calcaires sublithographiques du Sénonien. Ici donc, pas de pseudo-brèche. D'après le même auteur, le Sénonien de la Tête à Gros Pierre, épais de 80 m., débute par des calcaires gris noir, compacts, à rognons de silex et de pyrite de fer, tandis que les couches supérieures sont plus claires et se continuent en certains points par des calcaires noirs ou grisâtres, analogues aux couches supérieures des Bauges. Pour Douxami [**32**] les couches inférieures représenteraient le Cénomanien et le Turonien. Enfin, dans la région des Fiz, L. W. Collet et ses collaborateurs ont montré qu'on pouvait passer sans limite tranchée du Cénomanien aux calcaires sublithographiques du Crétacé supérieur.

Bauges. — Le long de la rive occidentale du lac d'Annecy, au-dessus de Sévrier, le Crétacé supérieur est exploité en carrières [**43**] sur les flancs du Semnoz. Sur les grès verts albiens viennent successivement : des calcaires sublithographiques glauconieux, puis des calcaires jaunes marneux à gros rognons irréguliers de silex bruns, enfin, des calcaires durs sublithographiques, recouverts à leur tour par des calcaires marneux bleuâtres, schistoïdes, utilisés pour la fabrication de la chaux hydraulique. C'est ce dernier niveau qui est fossilifère et dans lequel a été recueillie la faune du Sénonien supérieur citée plus haut (p. 33). En l'absence de fossiles dans les couches inférieures, il est difficile de dire si l'ensemble est Sénonien ou si, au contraire, des terrains plus anciens sont représentés. Les calcaires glauconieux superposés aux grès albiens sont analogues à ceux du Roc-de-Chère où nous avons admis une transgression sénonienne.

Dans les autres plis des Bauges, le Crétacé supérieur a été minutieusement étudié par M. Lugeon [**31**] et par J. Révil [**49**]. Son épaisseur y est très variable ; il peut même manquer, et le Nummulitique transgresse alors directement le Gault ou l'Urgonien. A la base, des calcaires rouges ou des calcaires à silex peuvent exister, notamment au S de Faverges, identiques à ceux de la Tournette. Mais, le plus souvent, ce sont des calcaires marneux schisteux, d'un blanc argentin et qui, lorsqu'ils ravinent le Gault, montrent une brèche de base difficile à délimiter de son substratum, car « formée par des fragments irréguliers de calcaire à Foraminifères franchement sénoniens, enveloppés par une pâte gréseuse verte ».

Les fossiles sont toujours des Inocérames et des Ananchytes. C'est sur cet ensemble que, dans les environs de Faverges et à l'E du Trélod, viennent des calcaires et des schistes noirs à Jéréminelles, *Pecten*, *Ostrea* et traces végétales. Ce Sénonien des Bauges se caractérise donc par sa transgressivité, son faciès marneux tendre, ses couches à Jéréminelles terminales.

Chartreuse et Vercors. — Dans tout le massif de la Chartreuse, le Sénonien, uniquement représenté par ses niveaux supérieurs (Aturien), d'après J. Révil [**49**, p. 504 et suiv.], est marneux, comme dans les Bauges, et transgressif sur l'Albien. La coupe la plus célèbre est celle de la Pointière, près d'Entremont, où ce terrain fut découvert, en 1845, par François Dumont qui fut ainsi le premier à démontrer l'existence de la Craie supérieure en Savoie.

Le Sénonien, très épais, se montre là sous un faciès crayeux fossilifère, très caractéristique. Il débute par des calcaires siliceux gris, mais ce sont les calcaires marneux superposés qui renferment surtout les fossiles. Outre les Inocérames et les Oursins classiques (*Inoceramus Cripsi*, *Micraster* et *Ananchytes*), *Belemnitella* du groupe de *mucronata* y est abondante sur toute la hauteur.

De plus, de nombreux Céphalopodes y ont été recueillis : *Bostrychoceras polyplocus*, *Schluteria Larteti*, *Gaudryceras mite*, *Sonneratia Rejandryi*, *S. Daubrei*, *Pachydiscus Linderi*, *P. isculensis*, *P. Brandti*, *P. Neubergicus*, *P. Levyi*, *Scaphites pulcherrimus*, *S. constrictus*, *S. tennuistriatus* [1], ainsi que des Spongiaires siliceux (Hexactinellides). Cet ensemble représente peut-être le Campanien supérieur, c'est-à-dire les « lauzes » des environs de Grenoble ; il est recouvert par des calcaires durs à silex (Maestrichtien).

C'est, en effet, cette succession que nous retrouvons à peu près aux abords de cette ville, tant sur le versant Chartreuse que sur le versant Vercors, mais le Sénonien y est infiniment moins fossilifère :

1° Lauzes, transgressives sur l'Albien, gréso-glauconieuses à la base et avec Bélemnitelles et fossiles noirs remaniés de l'Albien ; marneuses au sommet (pierre à chaux hydraulique). La partie supérieure, plus dure, constitue les lauzes à pavés ; on y trouve des moules étoilés de cavités gastriques de Méduses.

2° Calcaires à silex, à pâte pélagique avec Globigérinidés et spicules d'Éponges.

Dévoluy. — D'après P. Lory [2], cette région a été bosselée et exondée pendant le Turonien, après le dépôt des marno-calcaires cénomaniens, et la mer n'est revenue qu'au Sénonien qui est là graduellement transgressif, très épais (100-900 m.) et à peu près complet. Cet auteur y distingue, de haut en bas :

1° Calcaires à silex à faune de Meudon (Maestrichtien).

2° Calcaires lités en dalles, zonés, à *Scaphites constrictus* et *Belemnitella mucronata*. Les dalles calcaires montrent souvent à leur surface des tubes de *Jereminella Pfenderae* (début du Maestrichtien).

3° Calcaires gris-bleu, un peu argileux, avec délits marneux. *Scaphites hippocrepis* y a été recueilli. Des bancs gréseux s'intercalent souvent à la base de cette assise qui débute parfois par un conglomérat (Campanien inférieur).

4° Calcaires blancs sublithographiques du Sénonien inférieur.

La transgression a recouvert toute la région au moment des calcaires à silex seulement, et ce sont probablement les mêmes qui se déposaient alors dans les environs de Grenoble où ils sont superposés aux « lauzes » qui deviennent ainsi l'équivalent des calcaires du n° 2 (Campanien sup.-Maestrichtien).

1. H. Blondet. *Bull. Soc. Hist. Nat. Savoie*, 3 série, tome XIX, 1932, p. 147. Toutes les Bélemnitelles des gisements sénoniens de Savoie, déterminées comme *Belemnitella mucronata*, ne se rapportent pas exactement aux formes classiques de l'espèce et seraient à réviser.

2. *Livret-Guide du VIIIe Congrès Géologique International*, 1900, Massif de la Mure et Dévoluy. V. également : Quatre journées d'excursions géologiques au Sud de Grenoble (*Trav. Labo. Géol. Univ. Grenoble*, t. XV, fasc. 3, p. 152, 1931).

5° Résumé et conclusions.

Le Crétacé supérieur des Chaînes subalpines de la Haute-Savoie est surtout représenté par des calcaires clairs, bien lités, sublithographiques et riches en Foraminifères pélagiques (Rosalines). Les sédiments s'épurent progressivement depuis l'Albien, par perte des éléments quartzeux et glauconieux, et la mer augmente de profondeur. On passe insensiblement des calcaires gréseux cénomaniens aux calcaires pélagiques sénoniens, caractérisés par des Inocérames, des Ananchytes et des Rosalines.

Le Sénonien lui-même serait complet jusqu'au Maestrichtien inclus (calcschistes à Jéréminelles). Les grandes variations d'épaisseur de ce terrain (de 100 mètres à quelques décimètres), ou son absence, montrent simplement qu'il a été fortement entamé par les transgressions nummulitiques qui n'ont, le plus souvent, laissé subsister que les calcaires sublithographiques du Sénonien inférieur.

Dans tout le Massif des Bornes, sauf l'extrême S, il semble donc que la sédimentation ait été continue de l'Albien au Sénonien ; le Sénonien n'y serait pas partout transgressif comme on a pu le croire, et les pseudo-brèches intercalées entre les complexes gréseux et les calcaires fins seraient dues à des remaniements par courants de fonds. Ces faits concordent avec ceux observés plus au N, en Suisse.

Vers le S, l'évolution des phénomènes a été différente. En effet, des couches rouges intercalées à la base de la formation, près de Thônes, à la Tournette, à Faverges (où elles sont là transgressives sur l'Urgonien), indiquent que la terre ferme n'était pas loin, et que quelques hauts-fonds pouvaient localement exister.

Nous avons vu, d'autre part, que la transgression sénonienne commençait à se manifester au Roc-de-Chère. Au S, elle se montre d'une façon indiscutable dans les Bauges où la craie sénonienne repose partout sur l'Albien.

Dans la Chartreuse, le Vercors et jusque dans le Dévoluy, nous retrouvons le même phénomène, et le Sénonien, dans l'ensemble, y est plus littoral (lauzes, faciès à Bryozoaires, grès et conglomérats), presque complet et très épais (Dévoluy, P. Lory) [1].

Ailleurs, vers le NE et l'E, la fosse subalpine s'étendait largement et elle rejoignait là la mer qui déposait les « marbres en plaquettes » de la zone du Briançonnais.

Vers l'W et le NW, elle était en communication avec la mer du Bassin de Paris par la région du Jura, où nous connaissons quelques jalons conservés de Sénonien, dont les plus méridionaux sont ceux de Chézery et de la Montagne de la Balme, près d'Annecy.

III. — LE NUMMULITIQUE

Nous possédons depuis 1912 un ouvrage magistral sur le Nummulitique alpin [**50**] dû à Jean Boussac.

Si, par certains côtés, cette vaste et géniale synthèse peut être considérée comme

1. Remarquons que nous sommes ici dans la zone où les plissements anté-Sénoniens se sont manifestés avec le plus d'intensité et que cette zone s'est, par la suite, transformée en une petite fosse de subsidence au Sénonien.

définitive, par d'autres, elle amorce et provoque la recherche, ce qui est bien la marque d'un travail fait de main d'ouvrier.

C'est ainsi que l'auteur propose une vue d'ensemble fort ingénieuse du Nummulitique des chaînes subalpines de Savoie. Mais, sollicité par d'autres besognes, J. Boussac n'a pu revoir tous les gisements et a dû s'en remettre aux travaux, déjà anciens, de ses devanciers. Or, ces travaux sont, en outre, très fragmentaires et l'on peut dire sans exagération qu'il restait encore beaucoup à glaner sur ce terrain. Pour combler cette lacune et répondre à un *desideratum*, d'ailleurs exprimé par J. Boussac dans son livre, j'ai entrepris ces dernières années des recherches détaillées sur l'ensemble du Nummulitique des chaînes subalpines de la Haute-Savoie.

Les résultats de ces recherches spéciales sont exposés ci-après et c'est ce qui explique la longueur du chapitre consacré au Nummulitique de ma région.

La solution que je propose aujourd'hui ne s'est pas imposée d'emblée et j'ai dû, en cours de route, abandonner ou modifier certaines idées admises et devenues classiques depuis 1912. Mais, si elle diffère quelque peu de celle proposée par Boussac, il est juste de reconnaître que sans le labeur de ce géologue, si tôt ravi à la Science, elle n'eût peut-être jamais vu le jour.

A) **Historique et Classification proposée.**

On trouvera, dans l'ouvrage de Boussac, un excellent historique de la question jusqu'en 1906, époque à laquelle cet auteur entreprit ses premières recherches dans les Alpes.

A ce moment, É. Haug avait publié son livre sur les Hautes-Chaînes calcaires [1895], dans lequel il attribuait aux couches à *Cerithium diaboli* leur vraie place (Priabonien), et H. Douxami avait proposé la classification du Nummulitique [1896, **22**] qui devait être le point de départ des travaux de Boussac.

Cette classification s'appliquait surtout au Nummulitique des Bauges, le mieux connu, depuis que De la Harpe y avait découvert les couches à *Nummulites perforata* et que Hollande avait attiré l'attention sur l'existence des deux niveaux de Nummulites, celui à grandes Nummulites, à la base, d'extension restreinte, celui à petites Nummulites, au sommet, transgressif, très répandu et comportant en outre des intercalations ligniteuses à Cérithes.

Dans la classification de Douxami, les conglomérats et calcaires à grande Nummulites, attribués au Lutétien par Haug, étaient reportés dans le Bartonien ; les couches à petites Nummulites et à Cérithes restaient dans le Priabonien et l'ensemble était recouvert par les couches des Déserts, près Chambéry, attribuées au Tongrien et à l'Aquitanien.

Boussac déclare qu'il suffit de remplacer ici le mot de Bartonien par celui d'Auversien, pour avoir exactement la classification adoptée dans sa thèse.

Ces modifications apportées par J. Boussac à la classification du Nummulitique alpin reposaient en grande partie sur le synchronisme, admis par lui, des couches à *Nummulites aturicus* des Alpes-Maritimes (Puget-Théniers, l'Escarène...) et de Savoie, avec celles de Roncà dont il faisait l'équivalent de l'étage Auversien (sables moyens du bassin de Paris).

Or, ni H. Douvillé, ni R. Abrard[1] n'ont accepté ce parallélisme, inadmissible pour des régions bien étudiées comme l'Aquitaine, où les grands Foraminifères « auversiens » (*Nummulites aturicus*, *N. Brongniarti*, *Assilina exponens*), sont toujours associés à *Nummulites loevigatus* dans des couches indiscutablement lutétiennes.

La présence de *Nummulites striatus* dans ces couches, et que Boussac considérait comme donnant un cachet auversien à la faune, ne signifie à peu près rien du point de vue stratigraphique, puisque cette espèce se montre dès le Lutétien supérieur et se prolonge dans tout le Bartonien.

La distinction entre Auversien et Lutétien, ainsi qu'il appert des travaux mêmes de Boussac, devient purement spécieuse tant dans le bassin de Paris que dans les Alpes où seul le Lutétien doit être conservé.

Donc, en substituant dans la classification de Boussac, au terme d'Auversien, celui de Lutétien, et en annexant les grès de Taveyannaz au Priabonien supérieur, nous arrivons à la classification la plus rationnelle du Nummulitique savoisien, celle proposée par nous dès 1928 [**73**, **79**, **91**].

Oligocène.	*Aquitanien.*	Mollasse gréseuse grise et marnes rouges et grises.
	Chattien..	Calcaires, grès calcaires et marnes rouges à *Helix Ramondi* et *H. rugulosa*.
	Stampien.	Grès micacés à traces végétales et micropoudingues polygéniques (= Grès des Déserts, Grès de Bonneville). Schistes marneux à écailles de Poissons (*Meletta*). Marnes à Foraminifères et *Parvamussium*.
	Sannoisien.	Calcaires gréseux bleus et grès à Pectinidés et petites Nummulites (Grès des Barattes, Grès et poudinges de la Doria aux Déserts).
Éocène....	*Priabonien.*	Schistes micacés, grès et conglomérats de Taveyannaz. Marnes schisteuses à Globigérines. Calcaires à petites Nummulites (*N. Fabianii*, *N. striatus*) avec intercalations de couches à *Cerithium diaboli*. Conglomérat de base.
	Lutétien.	Couches lacustres (*Bulimus subcylindricus*, Limnées, Planorbes). Calcaires et grès à grandes Nummulites (*Nummulites aturicus-perforatus*), Assilines, Alvéolines, et conglomérats de base.

B) **Répartition**.

J'étudierai plus spécialement dans cette partie le Nummulitique du Massif des Bornes, en insistant sur les coupes qui n'ont pas été décrites par mes devanciers.

1. V. R. Abrard. La question de l'Auversien dans la région subalpine, *A. F. A. S.*, *Congrès de Chambéry*, 1933. V. également du même auteur : Nomenclature et synchronisme des assises de l'Éocène moyen et supérieur des bassins nummulitiques de l'Europe occidentale, *Bull. Soc. Géol. France*, 5e série, t. III, 1933, p. 227.

Ajoutons que ces conclusions ont été adoptées par Y. Gubler-Wahl et par H. Schœller dans leurs travaux sur la région de l'Ubaye et sur la zone de l'Embrunais, et tout récemment par J. Cuvillier dans sa révision du Nummulitique égyptien (*Thèse*, Paris, 1930).

Dans les Bornes, comme dans les régions adjacentes, le Nummulitique occupe des espaces considérables et garnit presque tous les synclinaux crétacés. Boussac n'a

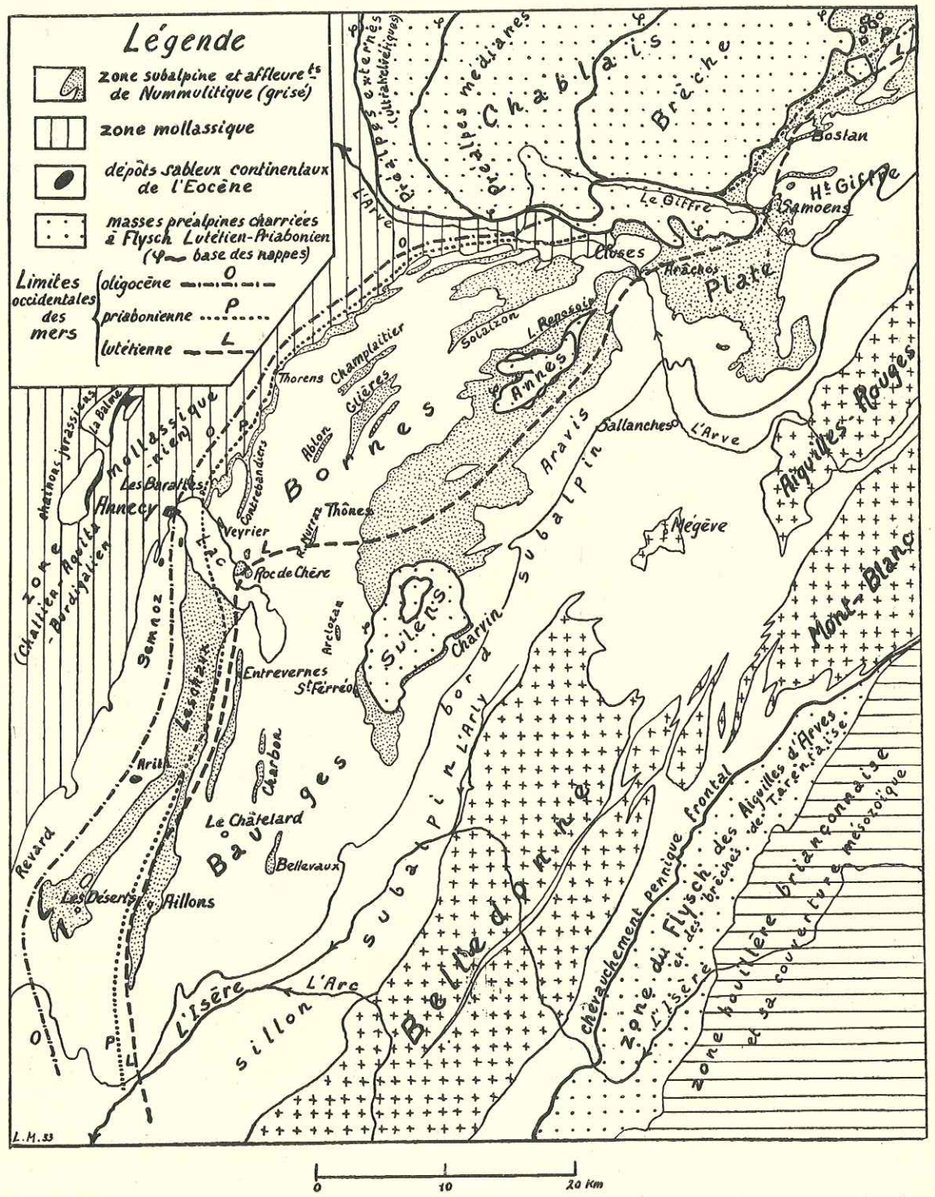


Fig. 2. — Carte schématique des affleurements du Nummulitique de Savoie et de l'extension des mers successives de cette époque. La progression s'est opérée d'Est en Ouest ; la ligne brisée O (Oligocène) représente seulement la limite occidentale des affleurements visibles d'Oligocène marin.

pas pu visiter en détail cette région et s'est borné, dans sa synthèse, à utiliser les travaux antérieurs et en particulier la première édition de la feuille d'Annecy au 80.000e, dont les contours sont, dans ce secteur, l'œuvre de MAILLARD.

Je passerai successivement en revue le Nummulitique de la zone bordière oligocène, celui des plis externes des Bornes et enfin celui du grand synclinal de Thônes et de la chaîne des Aravis (fig. 2).

1° NUMMULITIQUE DE LA ZONE EXTERNE OLIGOCÈNE.

Dans le massif des Bornes, cette zone est représentée le long de la bordure des chaînes subalpines entre Annecy et Vougy. A partir de cette localité, l'abaissement axial qui se manifeste vers la vallée de l'Arve fait disparaître successivement tous les plis, à commencer par les plus externes, de sorte qu'entre Vougy et Cluses, c'est un Nummulitique plus interne qui affleure.

Vers le S, cette zone externe correspond au synclinal de Leschaux (mollasse grise, grès micacés et marnes rouges de l'Aquitanien-Chattien reposant directement sur le Crétacé), puis au synclinal des Déserts qui comporte de classiques affleurements où l'Oligocène fossilifère est complet (v. plus bas, p. 47).

A partir du Col de Leschaux, les couches suivent l'allure générale des plis de la région et s'enfoncent, masquées par un épais manteau de glaciaire, dans la direction du lac d'Annecy. Mais, sur la rive orientale du lac, l'élévation brusque des plis du Veyrier met à nu les couches de base de la mollasse et le passage de l'Oligocène à l'Éocène peu s'étudier en de nombreuses coupes, dont la plus belle est celle dite des « Barattes », au NE d'Annecy (**79** et **73**, fig. 1).

a) *Coupe des Barattes ou de la Tour* (*Montagne de Veyrier*). — Cette coupe est d'accès difficile, les couches sont verticales ou même renversées et ne peuvent s'observer, dans les parties inférieures (stratigraphiquement), que le long d'un étroit couloir qui ébrèche le flanc occidental de la Montagne de Veyrier (anticlinal du Mont-Rampon). Ce flanc montre l'Urgonien avec ses deux masses et ses couches à Orbitolines intercalées. Puis viennent successivement :

Priabonien :
1. Grès verts à grain fin ; quelques fossiles : *Ostrea*, *Lima*, Oursins.
2. Conglomérat à galets calcaires et siliceux (base du Priabonien).
3. Grès roux schistoïdes, à traces végétales (*Sabalites*) et fossiles plus ou moins écrasés : *Cerithium Vivarii*, *Natica vapincana*, *Melongena pyruloïdes*, *Cardium Rouyanum* mut. *bonnetensis*, *Cyrena rugosa*, *Cytherea* cf. *Villanovae*, *Turrittella* sp., *Ostrea* sp.
   C'est le Priabonien inférieur sous un faciès très littoral, celui des Diablerets.
4. Grès quartzeux à *Natica* sp., se délitant en sables, par places.
5. Petit banc conglomératique à cailloux blancs (silex altérés) très caractéristiques et gros grains de quartz. J'y ai recueilli une petite Nummulite.
6. Grès dur à quartz roses, pétri de Bryozoaires, de *Lithothamnium*, avec *Ostrea*, *Amussium*, *Chlamys*. Ce grès passe progressivement vers le haut à
7. Calcaires à *Lithothamnium* (*Lithophyllum simplex* et *Jania nummulitica*).

Sannoisien :
8. Marnes schistoïdes bleues, finement gréseuses, fossilifères : nombreux Pectinidés peu déterminables (*Chlamys*, *Amussium*), *Parvamussium Bronni*, *Cardita Laurae*, *Crassatella* sp., *Modiola* sp., *Arca* sp., *Xenophora* sp , *Voluta* sp., *Pyrula* sp., *Dentalium apenninum*, *Porina coronata*, *Retepora tuberculata*. On y trouve également de grands Bryozoaires à loges polygonales, formant un réseau très caractéristique à la surface des plaquettes schisteuses et de nombreux Foraminifères (Début du Sannoisien).
9. Grès grossier, dur, roux en surface, bleu en profondeur.
10. Grès roux très quartzeux et sableux.

Stampien :
11. Grès grossier gris-bleuâtre à nombreux moules de Lamellibranches, Bryozoaires, Polypiers (Début du Stampien).
12. Grès gris micacés, en plaquettes, à nombreuses traces végétales charbonneuses : *Posidonia*, *Cassia*, *Sabal major* (= Grès des Déserts = Grès de Bonneville qui renferme une riche flore stampienne).
13. Marnes schisteuses et micacées, à piste d'Annélides, intercalations de marnes grises.

Chattien :
14. Marnes grises et rouges ; ces dernière noduleuses et à empreintes végétales (*Sabal major*, *Laurus nobilis?*) (Début du Chattien).
15. Schistes marno-gréseux micacés, bariolés, avec traces végétales.

Aquitanien :
16. Grès mollassiques gris verdâtre, cachés en partie sous les moraines et constituant les collines d'Annecy-le-Vieux (zone mollassique).

Toutes ces couches, très redressées vers l'E, paraissent être en concordance et l'ensemble, jusqu'au n° 16, atteint environ 100 m. Les grès verts du n° 1 ne contiennent pas de fossiles caractéristiques ; comme ils se trouvent au-dessous des conglomérats priaboniens, ils pourraient représenter l'Albien, ou peut-être le Lutétien [1].

Notons ici la présence du Priabonien, sous un faciès très littoral, analogue à celui des Diablerets, et de l'Oligocène superposé, complet, rappelant assez celui des Déserts, près Chambéry.

De plus, le passage de l'Éocène à l'Oligocène se fait d'une façon continue par des couches marines qui, dès le sommet du Stampien (mollasse rouge) ont une tendance à devenir lacustres, faciès pleinement réalisé au Chattien et à l'Aquitanien.

Ce sont d'ailleurs ces deux derniers étages qui seuls sont représentés, vers l'W, dans la zone mollassique : dans les chaînons jurassiens de Lovagny et de la Montagne de la Balme, le Tertiaire débute en effet par des couches à *Helix Ramondi* et *H. rugulosa* (**73**, fig. 1), les couches oligocènes plus anciennes ayant probablement disparu pendant une phase érosive anté-chattienne.

Vers le N, tous les plis crétacés du Veyrier subissent une inflexion axiale au niveau de la vallée du Fier et disparaissent sous le Tertiaire ; seul le pan occidental de l'anticlinal démantelé du Mont Lachat (anticlinal plus interne), va former la bordure de la zone subalpine jusqu'à la vallée du Borne, où vont réapparaître les plis externes. Cette zone d'ennoyage est justement soulignée par la présence d'Oligocène dont les plis prolongent ceux du Veyrier [**73**, fig. 1].

1. La plupart des fossiles cités dans cette coupe ont été récoltés par M. LE ROUX et moi-même ; ils ont été vus autrefois par J. BOUSSAC et revus par moi. Les déterminations de plantes ont été faites par M. P. MARTY, celles, plus spéciales, de *Lithothamnium*, par Mme P. Lemoine [**118**].

b) *Vallée du Fier au N de la Montagne de Veyrier.* — Au N de la coupe des Barattes, sur les flancs du Veyrier, les coupes sont différentes : les schistes à Cérithes ne se retrouvent plus ; par contre, les grès gris à nombreuses petites Nummulites [1] et Pectinidés avec intercalations de bancs de poudingues à cailloux siliceux blancs, dénotant l'instabilité du littoral, vont se développer. Il en sera de même des grès micacés à traces végétales, terme qui va prendre de l'importance vers le N, jusqu'à Bonneville.

A la station de « Sur les Bois » de l'ancien tramway d'Annecy à Thônes, une coupe intéressante peut être relevée à la carrière Mathelon [**58**, **79**].

Sur les grès verts de l'Albien fossilifère (niveau à *Parahoplites* d'après Jayet [**96**]), on a :

1. Calcaires gréseux, par place glauconieux, avec galets siliceux blancs.
2. Conglomérats à cailloux blancs et *Lithothamnium*.
3. Calcaire légèrement gréseux, à *Lithothamnium* et Bryozoaires.
4. Calcaire gréseux bleuâtre, à Pectinidés, Oursins et petits galets d'un vert pistache (phtanite à spicules de Spongiaires).
5. Grès roussâtre, plus ou moins sableux.
6. Marnes claires, bleuâtres, à Foraminifères, *Parvamussium* et grands Bryozoaires.

Après une interruption de la coupe, due à la végétation, on voit :

7. Schistes gréseux et micacés gris, à traces végétales et lits de micropoudingues à éléments variés (quartz, silex, roches cristallophylliennes, trachytes, andésites, rhyolites, calcaire sénonien, etc.). C'est le grès de Bonneville.

Cette coupe ne nous montre donc plus le niveau à Cérithes et le Priabonien y débute par des grès et calcaires à *Lithothamnium* transgressifs sur l'Albien.

Les marnes bleuâtres du n° 6 montrent, en coupe, beaucoup de Foraminifères et de Globigérines. Les petits pectinidés du genre *Parvamussium* se rapprochent de l'espèce *P. Bronni*, déjà signalée aux Barattes dans l'Oligocène inférieur et qui existe dans le Priabonien supérieur de Häring (Tyrol) et de Budapest et qui monte d'ailleurs jusque dans l'Oligocène.

Les grès de Bonneville y présentent de remarquables intercalations de micropoudingues à éléments éruptifs. Cette formation, que nous allons retrouver tout le long de la zone oligocène externe, peut, localement, renfermer de petits lits ligniteux (Pont de Naves, Thorens) ; par sa constitution, elle n'est pas sans rappeler les grès de Taveyannaz, ainsi que les conglomérats qui leur sont associés dans des régions plus orientales, où ils sont d'âge éocène supérieur.

Le Nummulitique présente une constitution à peu près analogue tout le long de la route de Thônes, entre Sur-les-Bois et le défilé de Dingy, mais il y est très disloqué par de nombreuses petites failles.

Près du hameau du Creux, le grès nummulitique transgresse l'Albien (**96**). C'est près de cette localité, et dans des calcaires gréseux, sableux à leur partie supérieure

1. Dont certaines ont une loge initiale bicellulaire, caractère qui n'est donc pas spécial aux petites Nummulites de l'Éocène inférieur comme le suggère Leupold, puisque ces couches représentent le Priabonien tout-à fait supérieur (*cf.* W. Leupold, Neue mikropalaeontologiesche Daten zur Altersfrage des Flysch-Bildungen, *Eclog. Geol. Helv.*, vol. 26, n° 2, 1933, p. 295-319).

(probablement nos niveaux 4 et 5 de la coupe précédente) et situés sous les grès micacés à plantes, que H. Douxami a signalé, en 1898 [**29**], une petite faunule de la base de l'Oligocène : *Ostrea Brongniarti*, *Cardita imbricata*, *Pecten imbricatus*, *P. subdiscors*, *P. pictus*, *P. subtripartitus*, et quelques petites Nummulites (*N. Ramondi* et *N. striata*).

Ces grès roux se montrent en effet assez fossilifères le long de la route (nombreux Pectinidés) et Boussac y avait déterminé autrefois, parmi les échantillons qui lui avaient été transmis, des Nummulites du groupe de *N. vascus-Boucheri*.

On aurait donc ici un Priabonien supérieur très réduit, toujours très littoral, et surmonté par un Oligocène gréseux à la base, marno-schisteux au sommet.

L'âge éocène des calcaires de base est prouvé par la découverte que j'y ai faite d'Orthophragmines dans des calcaires qui forment, sur les deux flancs de la petite voûte urgonienne de Nanoy (Nantné), la base de la série nummulitique. Près de la chapelle Saint-Clair, j'ai relevé la coupe suivante :

1. Grès grossier à ciment calcarifère et à grains de quartz roses, identiques à ceux des Barattes.
2. Calcaire nummulitique à *Nummulites striatus*, Orthophragmines, Operculines et nombreux Pectinidés (Priabonien).
3. Calcaire gréseux brunâtre, riche en Pectinidés et petites Nummulites (base de l'Oligocène).
4. Marnes bleues à *Parvamussium*.
5. Schistes gris à écailles de poissons (*Meletta*).
6. Grès micacés, en plaquettes, à traces végétales (un cône de *Pinus* sp.) et bancs de micropoudingues polygéniques (Grès de Bonneville).
7. Marnes bleues à traces ligniteuses, formant, plus au Sud, le centre du synclinal.

Ici donc, l'âge priabonien des couches de base est certain ; de plus, un nouveau terme, les schistes à écailles de Poissons, se montre dans le Stampien. La coupe, dans ses termes supérieurs, est donc analogue à celles des Barattes.

c) *Environs de Thorens.* — A l'entrée de la vallée de la Fillière, versant N, le Nummulitique repose sur le Crétacé supérieur [**80**]. Il débute par un conglomérat à éléments roulés d'Urgonien, Gault, Crétacé supérieur, nombreux grains de quartz et fossiles (petites Nummulites, *Pecten*, *Ostrea* du gr. de l'*O. gigantica*, dents de Squales) ; au-dessus viennent des calcaires à *Lithothamnium*. Cet ensemble représente le Priabonien. L'Oligocène superposé est formé par les mêmes termes qu'à la Chapelle Saint-Clair (grès fins, marnes à *Parvamussium*, schistes à écailles de Poissons, schistes et grès micacés à lits de micropoudingues polygéniques, marnes bleues). Un plissement fait réapparaître vers l'extérieur, c'est-à-dire vers l'W, les grès et schistes micacés. C'est l'anticlinal des mines de lignite de Thorens, prolongement de celui du Rampon-Pont de Naves [**73**, fig. 1]. Là, dans des grès fins micacés, on a autrefois exploité en galerie une couche de lignites de 0 m. 30 environ, au toit de laquelle, dans un banc marneux, de nombreuses traces végétales, bien conservées, ont pu être déterminées par Heer [1] : *Aspidium dalmaticum*, *A. ligniticum*, *Arundo*

1. L'échantillon est conservé au Musée d'Annecy.

Gepperli. Cette petite florule possède des affinités aquitaniennes et stampiennes.

Depuis, de nouveaux travaux exécutés pendant la grande guerre, ont mis à jour quelques empreintes végétales[1] parmi lesquelles ont pu être identifiés les genres *Cinnamomum*, *Polypodites*, *Eucalyptus*, *Myrica*, genres qui existent tous dans la mollasse de Bonneville (Stampien sup.).

Sur les grès à lignites, plus à l'W, viennent de nouvelles assises de grès micacés à plantes, puis des marnes rouges et bleues à minces couches ligniteuses, passant progressivement à la mollasse aquitanienne. Celle-ci forme la plus grande partie de la région mollassique. Elle y présente une partie inférieure, en gros bancs à délits marneux, se délitant très souvent en boules, et une partie supérieure, formée d'alternances de grès schistoïdes et de marnes rouges[2].

d) *Vallée du Borne et environs de Bonneville.* — Au NE, dès la vallée du Borne, de nouveaux plis crétacés font leur apparition. Le pli le plus externe ne présente pas de Nummulitique. Toutefois, les grès micacés à plantes affleurent çà et là dans la vallée au N de Saint-Laurent.

En remontant la vallée du Borne, le synclinal de Dessy montre des assises nummulitiques semblables à celles que nous avons étudiées précédemment. La formation des grès et schistes micacés à micropoudingues polygéniques y est toujours très développée. C'est elle qui se poursuit, par dessus la vallée de l'Arve, jusque dans le soubassement autochtone du Môle, où elle est connue sous le nom de grès ou mollasse de Bonneville. Toutes les collines plantées de vignobles qui dominent cette petite ville en sont formées. Cette mollasse est exploitée en de nombreuses carrières et fournit de beaux bancs de grès gris, qui ont donné d'assez bons échantillons de plantes, recueillis par J. Deschamps et qui ont été étudiés par H. Douxami avec la collaboration de P. Marty [**41**, **42**]. En voici la liste :

Fougères : *Pteris œningensis*, *Ligodium Gaudini*.
Conifères : *Pinus* sp.
Palmiers : *Sabal* (*Flabellaria*) *major* .
Myricées : *Myrica salicina*.
Laurinées : *Cinnamomum* cf. *C. Rossmässleri*, *Cin.* cf. *C. lanceolatum*.
Ericinées : *Andromeda protogaea*.
Diospyrinées : *Bumelia oreadum*.
Rhamnées : *Zizyphus Ungeri*.
Légumineuses : *Cassia memnonia*.
Feuilles d'*Arundo* (?).

D'après P. Marty, cette flore est surtout caractéristique de l'Oligocène, et elle appartient probablement au Stampien, ce qui est en accord avec la position stratigraphique des grès qui la renferment. Quelques bancs présentent de petits moules de *Corbulomya* et des ripple-marks ; des traces de Fucoïdes ont pu être observées à Contamine.

1. M. Le Roux et A. Cholard. Les gisements de lignites de Thorens et d'Entreverne (*Revue Savoisienne*, 1917, p. 94).
2. Le Burdigalien n'est pas représenté sur le territoire de la feuille d'Annecy.

Ces grès de Bonneville sont donc une formation marine ou laguno-marine du sommet de l'Oligocène.

A leur partie supérieure, ils deviennent sableux et bariolés ; ils alternent alors avec des marnes rouges et vertes. C'est la partie qui, dans notre coupe des Barattes, fait le passage au groupe Chattien-Aquitanien de la zone mollassique.

e) *Comparaison avec les régions voisines et conclusions.* — D'après ce que nous venons de voir, c'est l'Oligocène, sous son faciès de grès de Bonneville à micropoudingues polygéniques, qui est l'élément le plus important, le plus constant du Nummulitique de bordure des chaînes subalpines de la Haute-Savoie. L'Éocène (Priabonien) est relativement peu épais et toujours très littoral (grès et calcaires à *Lithothamnium* et Bryozoaires).

L'Oligocène, avec ses marnes à Foraminifères, ses schistes à *Meletta* et ses grès micacés à plantes, se poursuit, presque inchangé, depuis les Déserts, près de Chambéry, jusqu'à Bonneville.

On sait qu'il se poursuit même au delà, puisque les récentes recherches des géologues suisses ont montré que les couches de base de leur zone mollassique étaient oligocènes et que des schistes à écailles de Poissons viennent même d'y être découverts récemment dans les environs de Lucerne[1].

Dans le *synclinal des Déserts*, la coupe de l'Oligocène serait, d'après H. Douxami et J. Révil [**30**] la suivante, de bas en haut, sur les sables éocènes :

Sannoisien	1. Poudingues à *Natica crassatina*, Bivalves et Polypiers. 2. Grès calcarifères dits de la Doria à Pectinidés, petites Nummulites (*N. Bouillei* et *Vascus*).
Stampien	3. Marnes à Cardites et schistes à écailles de Poissons. 4. Grès micacés des Déserts, à débris végétaux et *Corbulomya*.
Chattien	5. Mollasse rouge à *Sabal* et *Helix rugulosa*.

Mais cet Oligocène périalpin, qui possède une si grande uniformité dans sa constitution, peut également faire penser à l'Oligocène de la grande *dépression alsatique*, ainsi que je l'ai suggéré [**79**], Oligocène où la trilogie, marnes bleues à Foraminifères, schistes à *Meletta*, grès micacés à végétaux (*Cinnamomum*), se retrouve également dans le Stampien. Remarquons toutefois que l'Oligocène inférieur (Sannoisien) est, en Savoie, à l'état de couches franchement marines (Grès à Pectinidés et petites Nummulites et calcaires à *Lithothamnium*), tandis que le Sannoisien de l'Alsace (couches pétrolifères de Péchelbronn) est de faciès saumâtre.

Si donc nous n'avons pas de preuves qu'au Sannoisien la mer alpine s'étendait jusque dans le golfe alsatique[2], rien ne s'oppose, au contraire, à ce qu'au Stampien des relations directes aient existées, étant donné la similitude frappante des dépôts dans les deux régions.

1. H. Fröhlicher. Nachweis von Fischchiefern mit Meletta in der subalpinen Molasse des Entlebuchs (Kt. Luzern). *Eclog. geol. Helv.*, vol. 24, n° 2, 1931, p. 241.
2. La découverte de *Potamides Lamarcki* dans l'Ain, près du bord du Jura (cf. M. Gignoux, Géologie stratigraphique, p. 450) et l'existence de Sannoisien fossilifère dans la Haute-Saône (Maurice Dreyfuss, *Bull. Soc. Géol. France*, 4e série, t. XXVI, 1926, p. 351), semblent bien prouver que les lagunes oligocènes devaient s'étendre, dans cette direction, au moins jusque dans la vallée de la Saône.

Deux hypothèses sont en présence pour expliquer ces connexions :

a) *Communication directe* entre les deux régions par le *Sundgau* et *Bâle*. Il est possible que l'Oligocène soit représenté dans les parties centrales de la zone mollassique : en effet, à la Montagne de la Balme (Mandallaz), entre le Crétacé et le Chattien lacustre à *Helix Ramondi* et *H. rugulosa* [**109**], existent des couches gréseuses énigmatiques, à étudier. De plus, le complexe des conglomérats attribués en bloc à l'Éocène renferme peut-être des couches plus récentes ; rappelons que des plaquettes gréso-micacées, à traces végétales, existent au Vernay et qu'entre Mornex et Etrembières, A Favre y a signalé des coquilles oligocènes laguno-marines. Mais, dans le Jura lui-même, l'Oligocène est saumâtre ou même lacustre [1].

b) *Communication indirecte* par le S de la *vallée de la Saône*. Cette hypothèse, déjà proposée récemment, expliquerait mieux les choses. En effet, dans la vallée du Rhône, entre Frangy et Seyssel, la base de la série mollassique, profondément entaillée par les Usses dans le prolongement de l'anticlinal du Gros Foug, montre, au-dessous de l'Aquitanien (Marnes bariolées et grès à Potamides et Cyrènes) et des calcaires chattiens à *Helix Ramondi*, une suite de conglomérats, marnes, grès verdâtres sableux, localement bitumineux, certainement stampiens [**137**]. La présence de sables pétrolifères dans ce complexe ne fait qu'accentuer les comparaisons que nous venons de proposer entre l'Oligocène d'Alsace et celui de Savoie. L'Oligocène s'est donc bien déposé dans le sillon périalpin, et c'est même dans ses lagunes qu'ont pris naissance les hydrocarbures qui sont venus imprégner *per ascensum* l'Urgonien crayeux de la bordure orientale du Jura, pour donner les asphaltes [**102**]. S'il n'est pas partout représenté, c'est que les intenses érosions chattiennes l'ont en grande partie fait disparaître.

Remarquons, pour terminer, que la partie supérieure de notre série oligocène externe (Stampien-Chattien) représente la formation connue sous le nom de « mollasse rouge », qui occupe des espaces considérables dans le Val d'Illiez, en Suisse, où elle a été plus ou moins entraînée à la base des nappes préalpines savoisiennes et fribourgeoises.

Il n'existe pas de discontinuité sédimentaire depuis l'Éocène jusqu'à l'époque de la mollasse aquitanienne. Seul, le faciès de ces couches change progressivement : de marin, il devient saumâtre puis lacustre. Cette « mollasse rouge » est un des éléments les plus constants de la bordure alpine externe, depuis la Suisse, jusque dans les Basses-Alpes.

Ajoutons que les micropoudingues polygéniques intercalés dans la formation des grès de Bonneville (Stampien sup.), contiennent des roches absolument étrangères à la région : jaspes, roches volcaniques, etc. Ces éléments ont été certainement empruntés aux grès et conglomérats de Taveyannaz, très développés dans le synclinal de Thônes et qui, en effet renferment des roches exotiques.

Ces micropoudingues se montrent d'ailleurs dans tous les synclinaux de la zone

1. Mais récemment, Büxtorf et Fröhlicher (*Eclog. Geol. Helv.*, vol. 28, n° 2, 1933, p. 208) ont repris cette hypothèse d'une communication directe, pendant l'Oligocène, entre la vallée du Rhin et le sillon périalpin. Pour ces auteurs, si les dépôts oligocènes ne se rencontrent pas dans le Jura, c'est qu'ils ont été enlevés par l'érosion.

externe des Bornes, mais à des niveaux de plus en plus anciens à mesure que l'on se dirige vers l'intérieur, puisque, dans les grès de Taveyannaz, ils sont éocènes (v. plus bas, p. 61). Ils s'expliquent par le fait que les régions subalpines se sont progressivement soulevées de l'intérieur vers l'extérieur et que la mer a été ainsi peu à peu rejetée vers les bassins périalpins au début de l'Oligocène. C'est dans ces bassins qu'étaient apportés, par les torrents (v. fig. 6), les produits du démantèlement des complexes de Taveyannaz. La première fois qu'apparaissent des éléments exotiques dans la série nummulitique, c'est dans ces complexes dont l'âge priabonien supérieur est maintenant bien établi, mais dont l'origine reste encore énigmatique.

2° Nummulitique du faisceau des plis externes du Massif des Bornes.

Nous étudierons les affleurements en commençant par les synclinaux les plus externes et en décrivant les coupes, dans chaque synclinal, du S vers le N.

α) *Synclinal du Roc-de-Chère. — Veyrier. — Pré Vernet.*

C'est le synclinal qui prolonge, vers le N, celui d'Entrevernes (fig. 10 et 11).

a) *Coupe du Roc-de-Chère* (*Lac d'Annecy*). — C'est une des plus belles et des plus instructives [**106, 108**].

La coupe la plus intéressante se montre dans la partie centrale, aux Sablons. En ce point, les couches crétacées (Urgonien inf., couches à Orbitolines, Urgonien sup., Albien, Sénonien), qui constituent le plateau dominant le Lac au S, s'abaissent doucement vers le N où elles sont recouvertes par le Nummulitique, qui dessine là une

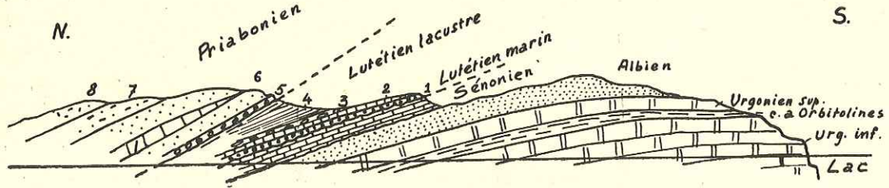


Fig. 3. — Coupe géologique du Roc-de-Chère (Lac d'Annecy), passant par la région centrale. Les numéros des assises correspondent à ceux du texte. (C'est la coupe III de la fig. 10, p. 91.)

petite falaise d'érosion. Sur le Sénonien, perforé à sa partie supérieure par des Mollusques lithophages, on voit successivement (fig. 3) :

Lutétien moyen (marin) :

1. Grès grossier quartzeux, glauconieux, localement conglomératique, à nombreuses grandes Nummulites (*Nummulites aturicus* var. *allobrogensis*, *N. irregularis*), et Assilines ; 0 m. 50 à 1 m.

Lutétien supérieur (lacustre) :

2. Calcaire lacustre dur, à grains de quartz.
3. Marnes blanches à concrétions calcaires et grains de quartz.
4. Marnes blanchâtres ou verdâtres, à nombreux *Bulimus subcylindricus* et rares *Limnea Michelini*.

(L'ensemble de la formation lacustre atteint une vingtaine de mètres environ).

Priabonien :

5. Conglomérat à galets siliceux et calcaires (calcaires sénoniens, calcaires lacustres pisolithiques, débris d'Inocérames).
6. Grès à ciment calcarifère blanchâtre, à rares petites Nummulites (*Nummulites striatus*, *N. incrassatus*) et Pectinidés, présentant à leur partie supérieure des zones à grains de quartz rose et des intercalations de calcaires à *Lithothamnium* (1) (*Archaeolithothamnium nummuliticum*, *Lithothamnium Moreti*, *Dermalithon* sp., *Lithoporella melobesioïdes* [**118**]), Polypiers, Bryozoaires, petites Nummulites.
7. Calcaires gréseux, bicolores, se délitant à la partie supérieure en petites plaquettes garnies de fossiles (Gastéropodes, Pectinidés, Bryozoaires, petites Nummulites) peu déterminables.

Oligocène (?) :

8. Grès grossier blanchâtre à grains de quartz vert clair, Pectinidés et petites Nummulites.

Cette coupe remarquable est le seul point des Alpes où l'on puisse trouver les deux niveaux à grandes et petites Nummulites séparés par un niveau lacustre renfermant des coquilles de faciès méditerranéen. L'âge de ces dernières couches peut être fixé d'une façon certaine par comparaison avec les séries provençales qui renferment les mêmes fossiles et qui appartiennent au Lutétien supérieur; il en résulte que les couches à grandes Nummulites subordonnées doivent être attribuées au Lutétien moyen. Et c'est ce qui m'a amené à modifier l'âge de toutes les couches à grandes Nummulites des Bauges, les seules dont Boussac avait eu connaissance et dont il faisait son étage Auversien.

De plus, le Priabonien, qui débute ici par un conglomérat de base ravinant le Lutétien lacustre, est nettement transgressif; à quelques dizaines de mètres de distance, on le voit en effet reposer successivement sur l'Urgonien (Bains sulfureux de Menthon), l'Albien ou le Sénonien (le long de la faille occidentale). Nous avons donc ici la preuve de légers mouvements post-lutétiens.

b) *Coupe de Veyrier.* — Le Nummulitique du Roc-de-Chère disparaît au droit de Menthon sous les alluvions récentes, mais on le retrouve à la Montagne de Veyrier, au-dessus du village de ce nom, où il se montre renversé et écrasé sous la masse du Mont-Baron. On a là, entre deux coussinets de calcaires urgoniens très morcelés, un lambeau de grès nummulitique (Roc du Souet), et des schistes à écailles de Poissons à la base [**61**].

c) *Coupe du Pré Vernet* (*Rampon*). — Au delà de Veyrier, notre synclinal s'est vidé et n'est plus marqué que dans l'Urgonien du « Rocher des Aires »; mais, dès l'encoche du Pré Vernet, le Nummulitique se montre, sur le versant oriental du pli. Il repose là sur l'Urgonien avec couches à Orbitolines :

1. Conglomérat de base à galets d'Urgonien.
2. Grès roux grossier, à traces charbonneuses.
3. Grès gris assez dur, à nombreuses petites Nummulites et Pectinidés (*Amussium*).
4. Grès roux grossiers, facilement délitables, ravinant le grès dur.
5. Schistes bleuâtres à écailles de Poissons.

Il est difficile de fixer l'âge de cette série, comme d'ailleurs celle du Roc de Souet. Un certain nombre de petites Nummulites du niveau n° 3 ont été soumises autrefois à J. Boussac, qui a cru y reconnaître des formes du groupe de *N. vascus-Boucheri*; l'Oligocène débuterait donc avec ce niveau, et les grès et conglomérats de base seraient à paralléliser avec le Priabonien type Barattes (V. *ante*, p. 42).

Au N, notre synclinal se prolonge vers la vallée du Fier, où il disparaît avec les plis externes du Veyrier, près du hameau du Creux, où nous l'avons étudié précédemment (p. 44) en même temps que le Nummulitique de bordure des Bornes. Lorsque les plis externes réapparaissent, à la coupure du Borne, le synclinal de Dessy peut être considéré comme la prolongation de celui du Pré Vernet; on y voit, sur l'Urgonien gris, des grès et calcaires à *Lithothamnium* et petites Nummulites, des schistes à écailles de Poissons, des schistes gréso-micacés à traces de plantes, et lits de micropoudingues. Le synclinal disparaît définitivement à Ponchy sous les terrains récents de la vallée de l'Arve [1].

β) *Synclinal du Château de Menthon. — Col des Contrebandiers. Pont Saint-Clair. — Vougy.*

Ce synclinal prolonge celui du Charbon (Bauges).

a) *Coupe du Château de Menthon.* — La falaise urgonienne qui porte ce Château (flanc oriental de notre synclinal) montre, à sa base, donc en série renversée, des grès nummulitiques, puis des schistes marneux bleuâtres (= marnes à Foraminifères) et des schistes à écailles de Poissons. Le flanc normal du synclinal est représenté par le chaînon urgonien qui forme la bordure orientale du Roc-de-Chère et sur lequel se montrent plaqués des grès puis des calcaires à *Lithothamnium* et Nummulites.

b) *Coupe du Col des Contrebandiers.* — C'est le Col qui se montre au-dessus de Veyrier. Une belle coupe, déjà étudiée par Ph. Guinier et M. Le Roux, peut être relevée au-dessus du pré dit « Au Mont ». On a successivement, sur l'Albien et le Sénonien :

Priabonien : 1. Poudingue grossier à cailloux sénoniens.
2. Poudingue à mêmes éléments mais plus menus.
3. Grès siliceux en gros bancs à petites Nummulites.
4. Grès quartzeux, légèrement glauconieux.

Oligocène : 5. Grès à Oursins. J. Boussac a pu y déterminer *Echinospatagus subsimilis* (forme de l'Oligocène de Biarritz).
6. Marno-calcaires bleuâtres à Pectinidés (*Amussium Rumphius*, très voisin, d'après J. Boussac, de *A. corneum* de la Chambre d'Amour à Biarritz).
7. Schistes à écailles de Poissons.

La suite de la coupe est masquée sous les formations glaciaires.

Vers le N, ce synclinal s'abaisse, lui aussi, vers le Fier, à Nanoy et près de la

1. En face de Ponchy, la formation des grès et schistes à plantes, renferme de petits cristaux de quartz enfumé, d'origine secondaire.

Chapelle Saint-Clair, où, ainsi que nous l'avons vu (*ante*, p. 45), la base du Nummulitique montre des calcaires nummulitiques à Orthophragmines.

Au delà, ce synclinal double, vers l'extérieur, la bordure des chaînes crétacées. Il ne s'individualise de nouveau qu'au niveau de la vallée du Borne, à Delairaz, et jusqu'à Vougy, point où il disparaît sous les terrains meubles de la vallée de l'Arve.

A Delairaz, on peut noter sur l'Urgonien :

1. Calcaire noirâtre à odeur de pétrole et taches bitumineuses.
2. Conglomérat.
3. Calcaire grisâtre, spathique.
4. Grès bleus foncés, à odeur de pétrole ; Pectinidés et petits Bivalves.
5. Schistes micacés avec bancs de grès et conglomérats.

Plus à l'E se montre, dans ces schistes micacés, de puissantes lentilles de conglomérats polygéniques rappelant celles de l'Oligocène de la bordure externe, mais ici, ces conglomérats sont plus anciens.

γ) *Synclinal du Col du Perthuis. — Champlaitier.*

Ce synclinal ne s'individualise qu'au N du Fier, où il est d'abord représenté par une gouttière urgonienne garnie d'un lambeau d'Albien noir au col du Perthuis. Le Nummulitique ne s'y ajoute qu'à partir de la vallée de la Fillière, à Champlaitier, où il est représenté par des grès à *Pecten*, Huîtres, Nummulites, légèrement glauconieux à la base, des marnes bleuâtres épaisses, à petits Foraminifères, puis des marnes micacées au sommet.

Aux Chalets de Taine, d'après A. Favre, le Nummulitique débute par des couches à *Cerithium diaboli* ; au-dessus viennent des calcaires à petites Nummulites, puis des schistes et des grès.

De l'autre côté de la vallée du Borne, le synclinal de Solaizon représente le prolongement de celui de Champlaitier et le Nummulitique y est en général formé de calcaires bruns à nombreuses petites Nummulites, de marnes bleutées et de schistes micacés montrant à leur partie supérieure des niveaux gréso-conglomératiques. Cet ensemble correspond alors, pour sa plus grande part, à l'Éocène.

δ) *Synclinal des Dents de Lanfon. — Ablon. — Glière.*

Le lambeau synclinal des Dents de Lanfon ne comporte que de l'Urgonien. Le Nummulitique n'apparaît que sur la rive droite du Fier, dans l'étroite gorge synclinale d'Ablon. Sur les calcaires sublithographiques et rougeâtres du Crétacé supérieur, on voit :

1. Conglomérat à galets sénoniens.
2. Calcaires à *Lithothamnium* avec petites Nummulites et *Pecten*.
3. Grès bruns, grossiers, glauconieux, à nombreux Pectinidés.
4. Schistes marneux, bleutés, à Foraminifères.

Les calcaires du n° 2, examinés au microscope, se montrent tout à fait semblables à ceux des plis externes des Bornes où ils sont éocènes supérieurs.

J'estime que l'ensemble de cette série peut être éocène ; le doute ne pourrait subsister que pour les couches 3 et 4. Au delà de la Fillière, on retrouve au Col de la Glière une coupe analogue ; mais là, ce synclinal s'est fusionné avec le grand synclinal, plus interne, de la plaine de Dran.

ε) *Synclinal de la Roche Murraz, Dent du Cruet, Lindion, Nant Debout, Plaine de Dran, Cenyse.*

Dans la chaîne de la Roche Murraz, le Nummulitique forme, d'après Maillard, à l'W de Montremont, deux lambeaux conservés sur le Sénonien et séparés par un cirque profond. On y voit, de bas en haut :

1. Grès schisteux gris bleu, donnant de petites plaquettes à écailles de Poissons et débris végétaux charbonneux.
2. Brèche à cailloux anguleux, calcaires sénoniens et silex, à pâte argileuse verte ou rosée, avec petites Nummulites.

J. Boussac, qui interprète cette coupe [**50**, p. 281], pense qu'il s'agit là des couches à écailles de Poissons des Bauges (où elles sont, pour lui, éocènes supérieures), mais sous un faciès plus détritique.

Plus au N, après la vallée du Fier, on retrouve du Nummulitique dans la région de Dran ; là, notre synclinal est fusionné avec celui qui prolonge Ablon et donne un large synclinal complexe divisé en deux branches, la branche du Chalet des Auges à l'E, et la branche, très replissée, de la Mondrolière-La Combe. La coupe complète du Nummulitique ne peut être relevée nulle part, à cause des éboulis ou des limons. Dans l'ensemble, elle est la suivante :

1. Conglomérat de base.
2. Calcaires à *Lithothamnium*.
3. Schistes marneux bleu clair à Foraminifères.
4. Schistes gris bleu à écailles de Poissons.
5. Schistes noirâtres très micacés.

Nous avons donc ici une succession de couches assez semblables, lithologiquement à celles étudiées dans la zone bordière oligocène ; mais ici, les termes en sont certainement plus anciens, car nous sommes dans une zone plus interne qui, tectoniquement, prolonge des régions des Bauges où J. Boussac a pu démontrer que les couches à écailles de Poissons appartenaient à l'Éocène supérieur [1]. De plus, au sommet de la série commencent à se montrer les schistes foncés micacés très épais qui, plus à l'E (synclinal de Thônes), vont supporter les grès de Taveyannaz (sommet du Priabonien).

Sur la rive droite du Borne, c'est le synclinal de Cenyse qui représente le synclinal que nous suivons, synclinal redevenu simple, et où l'on trouverait des coupes

1. J. Boussac y a en effet signalé, au Charbon, des intercalations de niveaux à faune des Diablerets.

très analogues du Tertiaire, mais complétées vers le haut par l'adjonction de grès et de conglomérats polygéniques qui font presque déjà partie des complexes de Taveyannaz. De plus, au droit du Petit Bornand, on a autrefois exploité des lignites, d'après A. Favre, dans des couches marneuses à Cérithes (Priabonien inf.).

Les affleurements nummulitiques peuvent se suivre jusqu'à l'Arve en s'abaissant peu à peu dans cette direction.

A Scionzier, peut être relevée une bonne coupe du Nummulitique du flanc oriental du synclinal : on voit là, en couches renversées sous l'Albien et le Crétacé supérieur réduit à 80 cm. d'épaisseur :

1. Poudingue de base, très laminé, à galets surtout sénoniens [1].
2. Schistes noirs à Gastéropodes.
3. Calcaires à *Lithothamnium*.
4. Calcaire criblé de petites Nummulites.
5. Schistes bleus.
6. Schistes micacés, grès et conglomérats polygéniques.

Il est probable que tout cet ensemble est éocène, car, si nous recherchons, sur la rive droite de l'Arve, le prolongement de ces couches, nous le trouvons à moins de 2 km. de là, sur le versant N du Rocher de Cluses, près du cimetière de cette localité, où les horizons sont parfaitement datés par des faunes éocènes (v. plus bas, p. 60).

ζ) *Synclinal d'Arclosan — Sur les Maisons (Tournette).*

Le Nummulitique d'Arclosan est bien connu par ses lignites intercalés dans des couches marneuses à faune des Diablerets recouvertes par des calcaires à petites Nummulites.

A la Tournette, le synclinal s'est vidé et n'est plus représenté que par le Sénonien.

η) *Résumé et conclusions sur le Nummulitique du faisceau des plis externes.*

Dans les plis les plus externes, le Priabonien, toujours très littoral (calcaires à *Lithothamnium* et à *Nummulites*, grès à la base), s'accroît en épaisseur, de l'W vers l'E et aux dépens de l'Oligocène superposé.

L'Oligocène, marno-schisteux à la base, est toujours néritique au sommet. Mais les intercalations de micropoudingues y sont probablement plus anciennes (Sannoisien) que dans l'Oligocène de bordure. On se rapproche de zones où elles sont éocènes (grès de Taveyannaz).

Au Roc-de-Chère, le Lutétien et le Priabonien sont formés de grès très littoraux qui diffèrent seulement par la taille des Nummulites qu'ils renferment ; ils sont séparés par des couches lacustres marquant un épisode de retrait de la mer.

3° Nummulitique du synclinal de Thônes et de la chaine des Aravis.

Disons dès maintenant que ce Nummulitique, très étendu et très épais, est caractérisé par la trilogie lithologique ; calcaires, schistes, grès. Les grès terminent la

1. Le ciment de ce conglomérat renferme des Nummulites, prismes d'Inocérames, débris d'ossements.

série, ce sont les grès de Taveyannaz, qui font ici leur apparition en masses importantes, au point de constituer, à eux seuls, des montagnes entières. Leur âge ayant été fixé par des découvertes récentes de fossiles (Orthophragmines, Nummulites) [**74**, **83**], il en résulte que tout le Nummulitique de ces régions est éocène.

α) *Synclinal de Thônes.*

C'est le vaste synclinal qui s'étend du Col de Tamié (vallée de l'Isère) à Magland (vallée de l'Arve) et qui est divisé en deux synclinaux secondaires (synclinaux du Reposoir et de Saint-Ferréol) par l'anticlinal de la Clusaz [1].

Ce synclinal présente des affleurements extrêmement étendus de Nummulitique, et nous les étudierons successivement le long de la bordure occidentale, puis dans les parties centrales, spécialement autour de l'anticlinal de la Clusaz.

a) *Bordure occidentale du synclinal.* — D'une façon générale, le Nummulitique y repose sur le Crétacé supérieur (calcaires sublithographiques) et comporte, de bas en haut, les termes suivants :

1. Conglomérats à cailloux crétacés, plus ou moins développés. En certains points (notamment au N et à l'amont du Grand Bornand), ces conglomérats renferment quelques grandes Nummulites difficiles à déterminer (*Nummulites aturicus* ou exemplaires géants de *N. striatus*) ; 0 m. 50 à 1 m.
2. Calcaires nummulitiques bleuâtres, à patine blanche, à nombreuses Orthophragmines et petites Nummulites priaboniennes ; 30 à 50 m.
3. Calcschistes bleus à patine claire, argentée, renfermant des Globigérines ; 150 à 200 m.
4. Schistes gris micacés, très épais.
5. Complexe des conglomérats polygéniques et des grès mouchetés type Taveyannaz en plusieurs lentilles puissantes dans et au sommet des schistes micacés.

J. Boussac [**50**, p. 282] attribue les couches de base (1-2) au Bartonien, les schistes n° 3 au Ludien, et la formation de Taveyannaz au Lattorfien (Sannoisien).

Pour nous, la série entière est priabonienne.

Cette suite se montre, avec quelques variantes, depuis Saint-Ferréol jusqu'à La Frasse au N. Signalons, au Grand Bornand et au Chinaillon, à la base, un niveau de calcaire nummulitique compact avec très petits galets roses très caractéristique.

Les calcaires à *Lithothamnium* francs alternent au Grand Bornand avec des calcaires compacts à petites Nummulites. De plus, au Chinaillon, on retrouve, dans les schistes à Globigérines, des intercalations de calcaires nummulitiques. Partout les calcaires de base sont très fossilifères.

Au Calvaire de Thônes, on peut y recueillir (observations de J. Boussac, H. Douvillé et moi-même) :

Nummulites Fabianii, *N. striatus*, *N. Garnieri*, *Orthophragmina Pratti*, *Operculina alpina*, *Spiroclypeus pustulosus*, *Ostrea gigantica*, *Echinanthus sabaudien-*

1. Voir plus bas, p. 101.

sis, de nombreux Pectinidés et des Mélobésiées[1] (*Lithophyllum simplex*, *L. symetricum*).

Au Grand Bornand, existe une faune analogue, ainsi que de grosses Natices, des Polypiers et des Oursins spatangiformes.

Aux environs de Saint-Ferréol, le calcaire nummulitique à Orthophragmines est exploité à Viuz au bord de la route et renferme beaucoup de grandes Huîtres (*O. gigantica*)[2] et des Polypiers (*Pattalophyllia cyclolitoïdes*).

Les calcaires nummulitiques passent, vers le haut, à des schistes à Globigérines très épais et très caractéristiques, puis à des schistes micacés qui renferment de petites couches de lignites à Saint-Ferréol[3], et enfin aux complexes caillouteux qui terminent la série. Un peu plus au N, la série se lamine sous les écailles ultrahelvétiques qui débutent ici par le Flysch (v. plus loin, p. 101 et 125).

Les complexes détritiques du sommet de la série renferment des conglomérats polygénigues, déjà notés par H. Douxami, puis de vrais grès de Taveyannaz appartenant au type des grès mouchetés ; ces formations passent en toutes proportions des unes aux autres. Mais, il existe cependant une certaine répartition d'ensemble de ces grès et de ces conglomérats. Ainsi, les types de grès mouchetés sont surtout développés dans le synclinal de Saint-Ferréol où ils forment l'éperon sur lequel est construit le village des Clefs, et la Monagne de Vaunessin ; on les retrouve tout le long de la chaîne des Aravis. Les conglomérats s'observent de préférence dans le synclinal du Reposoir, et sur le pourtour de l'anticlinal de La Clusaz, en particulier sur le pan occidental du pli.

Notons que des grès micacés à traces végétales et à « ripple-marks » s'intercalent, à la Montagne de Vaunessin, entre les bancs de grès mouchetés.

b) *Anticlinal de La Clusaz.* — Le Nummulitique y a été spécialement étudié par H. Douxami [**46**], J. Boussac [**50**] et Ch. Gorceix [**55**, **57**] et j'aurai peu de choses à ajouter aux observations de ces géologues. Il est très semblable d'ailleurs à celui de Thônes, mais il repose le plus souvent sur l'Urgonien, non pas qu'il soit transgressif sur ce terrain, mais parce qu'il est décollé de son substratum de Crétacé supérieur, ici plus ou moins laminé par le plissement.

Ce Nummulitique débute par un calcaire noir fétide, pétri de petites Nummulites, d'Orthophragmines, de *Lithothamnium* et parfois (calcaires écroulés du Mont-Durand à l'amont de La Clusaz) de magnifiques Bryozoaires et de débris d'entroques.

Au Pont des Lombardes, entre Saint-Jean-de-Sixt et La Clusaz, Ch. Gorceix a noté des calcaires nummulitiques renfermant de petites géodes remplies d'un liquide pétroloïde (ce qui explique l'odeur fétide développée à la cassure), *Ostrea gigantica* et des Pectinidés, dont un grand *Pleuronectes* sp. Dans les points où ces calcaires

1. Déterminées par Mme P. Lemoine.

2. Ces grandes Huîtres sont caractérisées par le réseau alvéolaire (et l'absence d'une couche prismatique) de leur test qui devient ainsi absolument analogue à celui des Rudistes.

3. Ces lignites sont donc plus élevés dans la série que ceux d'Arclosan (v. p. 54), lesquels correspondent au Priabonien inférieur comme tous les autres lignites des chaînes subalpines de la région (Entrevernes, Pernant, etc.).

sont à nu, et en bancs peu inclinés, ils sont fréquemment creusés de lapiaz.

Au-dessus de ces calcaires s'individualisent progressivement les schistes bleus à Globigérines, offrant parfois des récurrences du faciès calcaire à *Pecten*. L'ensemble calcaires-schistes peut atteindre 100 à 150 mètres.

Puis viennent les schistes micacés très épais, dans lesquels se logent, à la partie supérieure, plusieurs bancs (en général 3) gréso-conglomératiques polygéniques, verdâtres. L'ensemble peut atteindre 100 m. environ. Ils sont séparés par des bancs de grès micacés, qui peuvent renfermer des galets isolés de marnes bleues ou de quartz ; ils montrent également des traces végétales noires. Ces conglomérats sont en réalité des grès dans lesquels on voit apparaître des cailloux variés, dont le nombre peut augmenter. Leur taille oscille entre quelques millimètres de diamètre et quelques centimètres ; exceptionnellement, ils peuvent atteindre la grosseur d'une tête d'enfant. On retrouve là des micropoudingues polygéniques, absolument analogues à ceux que nous avons étudiés précédemment dans des zones plus externes, et de véritables poudingues et conglomérats.

La nature de ces galets est intéressante à noter. Ils sont en majorité siliceux (quartz rose, blanc ou vert), beaucoup sont calcaires (jurassique, crétacé, nummulitique, de faciès analogues à ceux des environs) ; on y trouve plus rarement des calcaires dolomitiques à patine jaune du Trias, des jaspes verts ou rouges (radiolarites !), des galets de granite et de granulite (H. Douxami), des gneiss à muscovite (J. Boussac). En certains points, aux environs de la Clusaz, P. Termier [**14**] y a trouvé les éléments de véritables tufs volcaniques (andésite à labrador et pyroxène). Bref, leur constitution est celle de tous les complexes classiques de Taveyannaz.

β) *Chaîne des Aravis.*

La chaîne des Aravis forme le bord oriental de la grande vallée nummulitique du Reposoir-Saint-Ferréol. Elle correspond en partie, ainsi que M. Lugeon l'a montré, à la terminaison S, très atténuée, de la grande nappe de Morcles. Partout, le front en est plus ou moins replissé et refoulé sur le Nummulitique du synclinal de Thônes. Mais il possède son Nummulitique propre, et c'est lui que nous allons maintenant étudier, du S au N.

a) *Coupe du Mont Charvin* (*grand Carre*). — La face NW de cette belle pyramide est en partie formée de Nummulitique qui dessine, en contrebas du sommet, une grande dalle triangulaire blanche. Ce Nummulitique est transgressif sur le Sénonien supérieur (calcaires noirs à Jéréminelles). Il débute par les calcaires à grandes Nummulites qui ont été signalés pour la première fois en ce point par D. Hollande [**6**]. Voici la coupe que j'ai pu relever sur le versant S du Col des Portettes :

Lutétien :
1. Conglomérat de base, généralement décollé de son substratum et laminé.
2. Calcaire gris à patine blanchâtre ; *Lithothamnium*, grandes Orthophragmines et Nummulites (*Nummulites aturicus*, *N. complanatus*).
3. Grès à ciment calcaire, criblé de très grandes Nummulites (*N. aturicus*,

N. millecaput), quelques *Lithothamnium* et Pectinidés (ce niveau correspond à l'épisode lacustre de la coupe du Roc-de-Chère).

Priabonien : 4. Calcaire à *Lithothamnium* avec petites Nummulites et Orthophragmines, passant à

5. Schistes bleus à Globigérines, à patine claire jaunâtre.
6. Schistes foncés, micacés, à *Chondrites*.
7. Schistes gréso-micacés à traces végétales.
8. Quelques bancs de grès du type des grès de Taveyannaz, très morcelés.

Au-dessus des grès, vient une surface de discontinuité correspondant à la base des écailles mésozoïques ultrahelvétiques, qui forment les pentes W du Col, dont elles sont séparées par quelques lambeaux de brèches éocènes exotiques (v. plus bas, p. 103).

De l'autre côté du Col des Portettes, la partie supérieure de la coupe se développe et montre plusieurs bancs de grès. Les schistes à Globigérines (n° 5) y montrent quelques bancs de microbrèche, véritable mosaïque de cailloux locaux réunis par un ciment extrêmement réduit. On y trouve des débris de Poissons (dents et ossements). La base des schistes est plus calcaire ; elle est occupée par un conglomérat très épais, à galets locaux (Crétacé supérieur, Albien fossilifère, Urgonien à Rudistes) et ciment gréso-glauconieux renfermant de petites Nummulites et des restes de Poissons. Le Lutétien et le Priabonien seraient donc séparés par un conglomérat. Mais comme on se trouve ici dans une zone où l'autochtone a été très laminé et réduit à l'état de petites écailles par le passage des nappes préalpines, il est difficile de dire si les schistes à Globigérines des deux versants du Col sont bien en continuité ou s'ils n'appartiennent pas plutôt à deux écailles « parautochtones » superposées.

b) *Chaîne des Aravis p.p.d.* — Dans toute la région bordière de la nappe, située au N du Charvin, on ne retrouve plus le Lutétien, enlevé probablement par la transgression priabonienne, dont les sédiments sont seuls représentés, et tout à fait symétriques de ceux du flanc occidental du synclinal de Thônes. La base, conglomératique, des calcaires renferme, là également, quelques grandes Nummulites. Mais ici, c'est le faciès des grès mouchetés de Taveyannaz, avec grès verts quartzeux et un peu conglomératiques au sommet, qui termine la série dans les parties où elle n'a pas été laminée par les nappes préalpines. Ces conglomérats montrent des morceaux de calcaires nummulitiques à Orthophragmines près des Confins, preuve qu'au moment du dépôt de ces couches, de petits reliefs calcaires existaient çà et là dans la région.

Les grès verts supérieurs renferment fréquemment de petits cristaux bipyramidés d'un quartz très limpide (chemin de la Pointe Percée notamment) d'origine métasomatique. Dans tout ce complexe des grès de Taveyannaz des Aravis, je n'ai trouvé qu'un seul fossile : une grosse *Natica* sp. dans la région de la Duche.

En résumé, le Nummulitique du synclinal de Thônes et des Aravis est formé de calcaires, schistes et grès priaboniens recouvrant, très localement, quelques mètres de couches à grandes Nummulites lutétiennes ; c'est dire qu'il présente une constitution très semblable à celui des nappes helvétiques inférieures. Remarquons avec

J. Boussac, qu'un Nummulitique de faciès analogue se rencontre au S jusque dans les Basses et les Hautes-Alpes. En outre, l'épisode régressif séparant Lutétien et Priabonien, si net au Roc-de-Chère, est ici souligné par des conglomérats, ou des grès. Nous verrons plus loin que, dans les Bauges, la continuité de sédimentation est parfois complète d'un étage à l'autre.

4° Comparaison avec les régions voisines.

a) *Chaînons jurassiens.* — Le Nummulitique y est remplacé par des sables continentaux éocènes. Mais nous avons vu que la base de la Mollasse devait être stampienne en certains points.

b) *Bauges.* — C'est le faisceau des plis subalpins prolongeant, au S., ceux du Massif des Bornes. Cette région est bien connue, grâce aux travaux de H. Douxami, M. Lugeon, J. Révil, et surtout de J. Boussac, qui lui a consacré un des paragraphes les plus originaux de sa thèse.

Au Semnoz-Nivollet, le Nummulitique n'est représenté, dans le synclinal de Leschaux, que par la mollasse rouge, tandis qu'au S, dans la vallée des Déserts, se développent de magnifiques affleurements d'Oligocène marin déjà décrits (v. *ante*, p. 47), mais pas d'Éocène.

Dans les autres plis des Bauges, le Priabonien est partout bien développé, et sous le même faciès que dans les Bornes. Dans quelques synclinaux seulement apparaissent, à la base, les couches à grandes Nummulites (calcaires et conglomérats) lutétiennes ; le Priabonien superposé est alors entièrement schisteux, profond et quelques bancs de calcaire à Nummulites, permettent seuls d'en fixer l'âge. Les faciès se disposent donc obliquement par rapport aux étages, et c'est ainsi que, dans les Bauges, l'horizon des schistes à Poissons, si répandu dans les Bornes où il est en général Oligocène, est en grande partie Éocène.

Le point le plus septentrional des Bauges où affleurent les couches à grandes Nummulites est le gisement d'Entrevernes, célèbre par ses lignites visités par Dolomieu et les beaux fossiles de ses couches à Cérithes. La série y est la suivante, le long du flanc occidental, à partir de l'Urgonien :

Lutétien : 1. Poudingue calcaire et grès grossier, riche en grandes Nummulites.

Priabonien : 2. Marnes saumâtres et marnes schistoïdes.
3. Grès et calcaires à petites Nummulites et Pectinidés.
4. Calcaires schistoïdes et grès micacés. L'ensemble atteint 150 à 200 m.

Au-dessus de Bellecombe, les marnes du n° 2 renferment une couche de lignite dont l'exploitation a été reprise pendant la grande guerre [**50**, **92**] ; elles sont ici très fossilifères et renferment de nombreux et beaux fossiles des couches à *Cerithium diaboli* des Diablerets : *Cyrena convexa*, *Cardium Rouyanum*, *Meretrix Villanovae*, *Cerithium vivarii* mut. *alpinum*, *C. plicatum* mut. *alpinum*. C'est le Bartonien.

Mais, fait important, au contact avec le Lutétien existe un horizon de calcaires noirs charbonneux, à grosses concrétions d'origne lacustre, qui avait échappé à

Boussac et qui prouve que là, comme au Roc-de-Chère, les deux étages sont séparés par un épisode lacustre. De plus, les mouvements post-lutétiens établis au Roc-de-Chère sont également prouvés par la découverte que fit Boussac dans les schistes priaboniens d'un conglomérat-brèche à gros morceaux de roches calcaires, dont des calcaires à grandes Nummulites et Assilines.

Plus au S, dans le même synclinal, près du Châtelard, se montrent, sur les sables continentaux de l'Éocène inférieur, des calcaires à grandes Nummulites et Alvéolines du groupe de *Alveolina elongata* [1], recouverts par des grès glauconieux à *Nummulites aturicus*, puis par le Priabonien schisteux.

Au N au contraire, le Priabonien est directement transgressif sur l'Albien. Comme le Lutétien est de nouveau représenté au Roc-de-Chère, prolongement de notre synclinal d'Entrevernes, cela montre l'importance des érosions antépriaboniennes, chose qui explique la rareté des affleurements de Lutétien et leur répartition en lambeaux éloignés les uns des autres.

c) *Massif de Platé.* — Le Nummulitique y joue un rôle prépondérant et j'ai pu montrer qu'il y était beaucoup plus complet qu'on ne l'avait cru ; c'est pourquoi je le décrirai ici avec quelques détails.

On peut y distinguer le Nummulitique du Rocher de Cluses (prolongement des plis externes du Massif des Bornes) et celui du Massif de Platé proprement dit (Nappe de Morcles-Aravis).

Sur le versant N de l'*Anticlinal de Cluses*, on voit, sur le Sénonien renversé et faillé :

1. Calcaires noirs pétris de petites Nummulites et de Pectinidés : *Nummulites striatus*, *N. Fabianii*, *N. Garnieri*, *Actinocyclus radians*, *A. crassicostata*, *Discocyclina sella*, *D. ephippium*, *Operculina ammonea*, *O. alpina*, *Pattalophyllia cyclolitoïdes*, *Placosmilia* sp.
2. Des bancs plus durs, bleu foncé, sont riches en Orthophragmines et *Lithothamnium*. Peu de Nummulites.
3. Marnes bleutées.
4. Schistes bleus micacés, devenant légèrement gréseux à leur partie supérieure où ils sont rabotés par le Flysch exotique de Châtillon.
5. Lambeaux de grès de Taveyannaz, aux Chozeaux.

Au S, les plis de la nappe de Morcles-Aravis viennent s'écraser contre le Rocher de Cluses.

La plus belle coupe de Nummultique est celle de la *falaise d'Arâche* qui domine la vallée de l'Arve (fig. 4). On a là, sur le Sénonien qui recouvre la barre urgonienne dans laquelle sont forées les grottes de la Balme :

1. Calcaire noir gréseux, quelques centimètres.
2. Conglomérat ; quelques décimètres.
3. Calcaire gris compact, très dur, à grandes Nummulites (*Nummulites perforatus-aturicus*, *N. millecaput*), Alvéolines (*Alveolina elongata* [2]), Assilines, etc. Lutétien.

1. Boussac déclare à ce propos que c'est le seul gisement à grandes Alvéolines connu de lui dans tout le Nummulitique alpin. Nous verrons plus loin qu'il y en a d'autres.
2. Ces grandes Alvéolines fusiformes sont surtout caractéristiques du Lutétien moyen et supérieur.

4. Complexe de couches laguno-lacustres (calcaires siliceux gris à nombreuses zones siliceuses contenant de petits Gastéropodes, Bythinies et Limnées, et des traces de Characées ; calcaires à *Cypris* et très petites Globigérines ; schistes à patine fauve sans fossiles) alternant avec des bancs conglomératiques calcaires, monogéniques. Lutétien supérieur.
5. Calcschistes bleuâtres à Globigérines et faune marine ; très épais, renfermant à leur partie moyenne quelques bancs de calcaires à petites Nummulites et Orthophragmines. Priabonien.
6. Schistes gris micacés.
7. Grès de Taveyannaz du type moucheté.
8. Schistes micacés gris bleu.
9. Grès de Taveyannaz du type quartzeux verdâtre, avec bancs conglomératiques et petits cristaux de quartz bipyramidés.

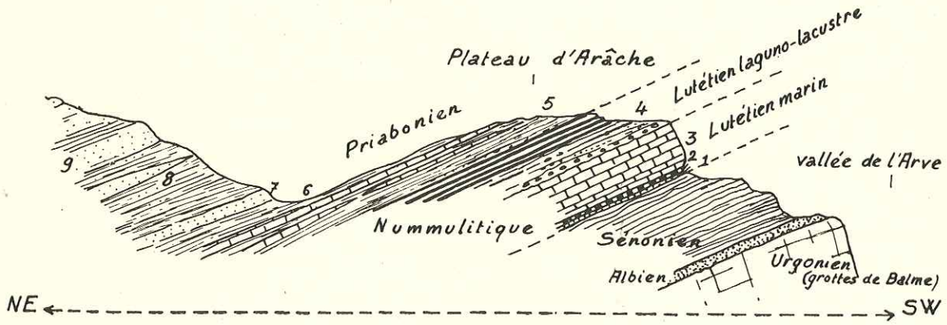


Fig. 4. — Coupe schématique du rebord ouest du Plateau d'Arâche (massif de Platé). Les numéros des assises sont ceux de la coupe du texte.

C'est dans ces grès verts que, non loin de là, au-dessus du hameau du Praz, dans un bloc éboulé du massif de la Croix des Sept Frères, j'ai trouvé [**83**] de petites Nummulites striées, associées à des Orthophragmines. Une découverte symétrique ayant été faite par M. Lugeon [**74**] dans le massif des Diablerets, nous admettrons donc que ces grès supérieurs appartiennent encore à l'Éocène.

Donc, ici comme au Roc-de-Chère, le Lutétien marin est séparé du Priabonien, également marin mais schisto-calcaire, par des couches laguno-lacustres, dont il est difficile de fixer l'âge exact. Il est vraisemblable qu'elles correspondent, comme celles du Roc-de-Chère, au Lutétien supérieur.

Notons la présence des faciès calcaires à Alvéolines, intéressante à souligner dans cette zone [**67**]. Peu après notre découverte, Rollier en découvrait dans le prolongement helvétique de cette zone, aux environs d'Altdorf, au massif du Schächenthal [1].

Dans tout le Massif de Platé, nous ne trouvons de Lutétien bien caractérisé que là.

1. *Matériaux p. la Carte géol. suisse*, nouvelle série, 53e livraison, II, p. 85, 1923. Une révision, d'ailleurs incomplète, de ce faciès a Alvéolines a été faite par A. Tobler récemment (*Eclog. geol. Helv.*, vol. 22, n° 2, déc. 1929, p. 175).

Un peu au S de la coupe décrite ci-dessus, non loin de Serveray, on observe une succession déjà différente, sur le Crétacé supérieur :

1. Conglomérat de base à galets de calcaires à Rosalines et débris d'Inocérames.
2. Calcaire grenu uniquement formé de prismes de calcite associés, probablement débris de tests de gros Lamellibranches (Inocérames ?), avec rares petites Nummulites.
3. Calcaires compacts noirâtres à petits galets roses.
4. Schistes calcaires noirâtres.
5. Calcaires à Orthophragmines et petites Nummulites, très développés, en bancs subhorizontaux creusés de lapiaz, près du hameau de Serveray (Priabonien).

Les couches de base à Inocérames, épaisses de 4 à 5 m. environ, occupent la place des calcaires à grandes Nummulites d'Arâche. Les schistes noirs du n° 4 seraient alors dans le prolongement de notre niveau laguno-lacustre, séparant le Lutétien du Priabonien superposé.

Si nous nous dirigeons encore plus au S, nous arrivons aux immenses affleurements de Nummulitique de Platé. Tous les sommets du massif sont formés par les grès de Taveyannaz (grès verts) : Grands Vents, Pointe de Platé, Pointe Pelouze, etc., reposant sur les schistes et les calcaires nummulitiques qui sont mis à nu au fameux Désert de Platé, vaste lapiaz de plus de 15 km². Ce Nummulitique, uniquement formé de Priabonien, est très fossilifère et a été étudié par A. Favre, Maillard, Douxami, J. Boussac et moi-même. Les plus récentes recherches sont dues à L. W. Collet et Ed. Paréjas [**103**] et à Robert Perret [**128**].

Le Nummulitique, qui repose partout sur les calcaires sublithographiques du Crétacé supérieur, débute par des

1. Conglomérats très puissants à galets crétacés (surtout crétacés sup.).
2. Grès à rares galets.
3. Schistes à patine jaune soufre.
4. Schistes noirs, très fossilifères (faune des Diablerets) : *Natica vapincana*, *Cerithium plicatum*, *C. vivarii*, mut. *alpinum*, *C. trochleare*, *Meretrix Villanovae*, *Cyrena convexa*, *Cardium Rouyanum*, *Ostrea cyathula*, etc.

   C'est ce niveau que l'on retrouve à la mine de Pernant, au S. d'Arâche, à la base du Priabonien transgressif et c'est dans ces couches qu'est intercalé le banc de lignite autrefois exploité.
5. Bancs gréseux gris, spathiques.
6. Calcaire nummulitique très épais, à *Lithothamnium*, petites Nummulites, Orthophragmines, formant le Désert proprement dit, et dans les anfractuosités duquel on trouve des sables bruns résiduels.
7. Schistes bleuâtres à Globigérines et débris de Poissons (schistes à Poissons), et schistes à patine rousse se délitant en petits parallélipipèdes allongés.
8. Schistes micacés, parfois en petites plaquettes gréseuses, contenant plusieurs lentilles très épaisses de grès de Taveyannaz (grès mouchetés, micropoudingues, grès verts), terminant le Priabonien.

Le Nummulitique du Désert de Platé est donc uniquement représenté par le Priabonien transgressif. Les conglomérats de base, parfois très épais (10 à 15 m.), avaient été homologués par H. Douxami aux conglomérats à grandes Nummulites des Bauges, assimilation à notre sens inexacte ; ces conglomérats démontrent la puissance érosive de la mer priabonienne et expliquent également la rareté des affleurements de Lutétien : la transgression priabonienne a profondément entamé le substratum avant d'y stratifier ses propres dépôts.

La région de Platé est classique pour l'étude des grès de Taveyannaz [**20**]. Duparc et Ritter avaient déjà noté que ces grès y formaient plusieurs intercalations à la partie supérieure des schistes micacés et que l'on pouvait y distinguer deux types principaux : 1° Un type normal ou *moucheté*, chez lequel les grains et les plages de roches éruptives sont liés par une matière chloriteuse ou de la calcite ; le quartz et les fragments de roches granitiques y sont rares.

2° Un type compact ou *verdâtre*, très riche en débris de roches granitoïdes, donc en quartz avec une proportion plus ou moins grande de feldspath ; le ciment restant toujours plus ou moins calcaire.

Ces types sont faciles à distinguer sur le terrain ; d'ailleurs, le type moucheté se trouve généralement à la base de la formation, tandis que le type verdâtre constitue les cimes du massif, ainsi que nous l'avons déjà dit. Ils peuvent, d'ailleurs, passer amplement de l'un à l'autre. De plus, des zones micro-conglomératiques (galets locaux ou exotiques) s'intercalent dans le complexe à toute hauteur. Le grès verdâtre est, comme nous l'avons vu, caractérisé par la fréquence, dans ses fissures, de petits cristaux bipyramidés de plusieurs centimètres, d'un quartz extrêmement limpide.

Parmi les matériaux éruptifs qui constituent la plus grande partie de ces grès, on peut noter des fragments d'augite, hornblende, feldspath plagioclases, orthose, quartz, débris roulés d'andésites, labradorites, granites, pegmatites, granulites, amphibolites, gneiss à mica blanc, etc. Les roches sédimentaires y sont aussi représentées : roches locales jurassiques, crétacées et même tertiaires, ou exotiques (jaspes rouges et verts).

Nous verrons plus bas ce qu'il faut penser de l'origine de cette énigmatique formation.

d) *Massif du Haut-Giffre.* — Il appartient en entier à la nappe de Morcles-Aravis. Le Nummulitiqne se montre surtout dans les régions occidentales du massif et affleure largement le long de la rive droite du Giffre, de Samoens à l'entrée de la vallée de Sixt. Entre Vallon et Sougey, on voit successivement sur le Crétacé supérieur très froissé [**84**] :

1. Conglomérat de base à galets de Crétacé supérieur.
2. Schistes gris, riches en débris de test d'Inocérames.
3. Complexe de couches siliceuses très dures à *Cypris*, petits Gastéropodes lacustres ou lagunaires, alternant avec des couches schistoïdes à prismes d'Inocérames.
4. Conglomérat à galets de calcaires laguno-lacustres (graines de *Chara*, petits Gastéropodes) et à ciment contenant de petites Nummulites.
5. Marnes feuilletées, avec bancs plus calcaires grisâtres, très fossilifères : *Limnea longiscata*, *L. pyramidalis*, *L. fusiformis*, *L. acuminata*, *L. aequalis*, *Planorbis* (*Segmentina*) *Chertieri*, nombreuses graines de *Chara* (15-20 m.).
6. Couches à Cérithes, Cyrènes, Cythérées, Polypiers, etc. ; faciès du Priabonien inférieur des Diablerets.

7. Calcaires bleus gréseux à petites Nummulites (*Nummulites striatus*), surtout visibles sur la rive gauche du Giffre.
8. Schistes et complexe des grès de Taveyannaz, très épais.

Cette intéressante coupe, sur laquelle j'ai attiré l'attention en 1924, nous montre donc, à la base, des couches laguno-marines (faciès à prismes d'Inocérames) très semblables à celles d'Arâche, et représentant probablement le Lutétien ; puis des couches lacustres, et enfin le Priabonien avec son faciès caractéristique de couches à Cérithes.

Il reste à déterminer l'âge des couches à Limnées. Aux Diablerets et à la Dent de Morcles, ces couches sont classiques ; elles renferment la même faune lacustre ; elles sont également recouvertes par les couches à *Cerithium diaboli*, base du Priabonien, mais elles reposent directement sur un Éocène à faciès sidérolithique.

J. Boussac [**50**, p. 313] pensait que ce niveau lacustre des Alpes suisses devait représenter son étage Auversien ou même le Lutétien. C'est une solution acceptable, nous pensons même qu'il doit représenter l'extrême sommet du Lutétien. Rien ne s'oppose, en effet, à cette assimilation. Dans une révision récente des faunes des calcaires lacustres de la région de Bâle, Fr. Jenny [1] a montré que *Segmentina Chertieri* caractérise l'Éocène moyen et supérieur, *Limnea fusiformis* et *L. longiscata* ont une distribution stratigraphique plus étendue et se trouvent dès l'Éocène moyen et jusque dans l'Oligocène inférieur. J'ajouterai que, d'après Munier-Chalmas [2], les sables d'Auvers (Auversien *sensu* Boussac) renferment de nombreux fossiles remaniés et des galets de calcaires à *Limnea longiscata*, preuve que cette espèce peut débuter très bas, en certains points, et n'est pas caractéristique du Bartonien, comme on le croyait.

Nous avons donc, encore ici, un niveau lacustre lutétien supérieur, intercalé entre des couches à Nummulites. Notons que plus au N, à la Dent de Morcles, J. Boussac a montré, contrairement à l'opinion de Renevier, que les soi-disant couches à grandes Nummulites subordonnées au niveau lacustre n'existaient pas. La transgression lutétienne n'aurait donc pas atteint cette région.

Le point le plus septentrional où a été signalé le Lutétien en Savoie se trouve sur le versant S de la voûte de Bostan, où G. Maillard a indiqué la présence de couches à grandes Nummulites sous les couches à petites Nummulites. Partout ailleurs (anticlinal du Clévieux, Bostan, anticlinal Tuet-Corne au Taureau, etc.), le Priabonien transgressif est seul représenté et il est recouvert par une très grande épaisseur de schistes bleus à Globigérinidés (Ludien de Boussac) puis par des schistes micacés, et enfin, vers les parties les plus occidentales seulement, par quelques bancs très laminés de grès de Taveyannaz associés d'ailleurs à des lentilles de roches mésozoïques et sur lesquels passent les nappes préalpines du Chablais.

1. Die Fauna der Süsswasserkalke von Digten (Baselland) (*Eclog. geol. Helv.*, vol. 21, n° 2, déc. 1928, p. 417, 1 pl.).
En Chine, *Planorbis Chertieri* est, dans l'Éocène, associé à P. *pseudoammonius*, d'après Odhner Nils Hg. (Lacustrine Mollusca from Eocène deposits in China, *Bull. geol. Surv. of China*, n° 4, Pékin, 1922) qui s'est attaché à montrer la grande unité de ces faunes lacustres et leurs affinités avec celles de l'Éthiopie et de l'Europe.
2. Cité par E. Haug (Traité de Géologie, t. II, fasc. 3, p. 1436-37).

5° Le Problème des Grès de Taveyannaz.

Les grès de Taveyannaz, que nous avons vus si développés dans le synclinal de Thônes et à Platé forment, tout le long de la chaîne alpine et plus au N, une étroite bande de plus de 200 km. de longueur. Leur constitution si spéciale et leur localisation demandent une explication.

Ce problème des grès de Taveyannaz est d'ailleurs un de ceux qui ont le plus préoccupé les géologues alpins, et il a été très bien posé par J. Boussac, dans sa thèse [**50**, p. 645-647]. Ce problème revient, en somme, à expliquer la présence, dans ces grès, des éléments éruptifs qui sont complètement étrangers à la région, et qui y sont mêlés aux galets de roches locales indiscutables. Mais, ce faisant, il ne faut pas perdre de vue qu'il a été démontré que ces grès étaient éocènes supérieurs et non oligocènes, comme on l'a cru pendant longtemps.

Écartons tout d'abord l'hypothèse qui consiste à considérer les grès de Taveyannaz comme des tufs volcaniques (Boussac, *loc. cit.*, p. 646). Nos grès sont, en réalité, de véritables formations détritiques et conglomératiques ; ce sont des formations bordières d'une terre aux dépens de laquelle ils se sont formés. Cette terre était proche, et c'est à elle qu'ont été empruntés les éléments locaux (calcaires jurassiques et crétacés, calcaires nummulitiques). La présence de calcaires à Alvéolines dans les grès d'Altdorf n'implique nullement une origine orientale de ces éléments, comme le pensait Boussac, puisque nous avons eu l'occasion de signaler que de tels calcaires existaient en place dans la zone subalpine, à Arâche (*ante*, p. 60). Restent les éléments éruptifs et les jaspes, dont on ne connaît pas d'équivalents dans la région.

On a tout d'abord fait appel aux éruptions qui se sont manifestées dans le Vicentin pendant l'Éocène supérieur et dont les débris auraient été charriés en Savoie et en Suisse par des courants violents.

Puis à des volcans locaux, actuellement cachés sous la mollasse.

A son tour, J. Boussac suppose qu'un soulèvement, entre le Priabonien et l'Oligocène, dans les parties méridionales du géosynclinal alpin, a très bien pu mettre à nu les reliefs de gneiss, de schistes lustrés et de roches vertes nécessaires pour expliquer l'élaboration de nos grès. Cette hypothèse expliquerait très bien, en particulier, la présence de jaspes (connus dans la zone des schistes lustrés) ainsi que les éléments éruptifs exotiques des grès de Taveyannaz.

Plus récemment, Niggli [1] a estimé que ces éléments seraient plutôt originaires de la zone du Canavese, effectivement caractérisée par ses séries de roches éruptives avec radiolarites.

En somme, des avis divers ont été émis, sans qu'il y ait plus de chances de vérité en faveur de l'un d'entre eux.

La solution qui fait intervenir un apport d'éléments éruptifs extérieurs aux Alpes nous paraît difficilement acceptable. Nous avons en effet montré (*ante*, p. 48) que les micropoudingues à éléments éruptifs analogues à ceux des grès de Taveyannaz, étaient, dans les zones externes et bordières alpines, oligocènes supérieurs et qu'ils

1. *Bull. Soc. Suisse de Minéralogie et de Pétrographie*, t. II, 1922.

résultaient du démantèlement des régions gréseuses internes progressivement émergées.

La solution proposée par J. Boussac paraît *a priori* la plus logique. Pourquoi faire intervenir dans notre explication le Vicentin ou la zone du Canavese, puisque nous trouvons sur place, ou dans le Briançonnais, tout ce qu'il faut pour expliquer nos grès : roches éruptives variées de la zone des schistes lustrés, radiolarites qui se trouvent également dans cette zone, mais aussi dans tout le Briançonnais et même la zone du Flysch [1]. Tout semble indiquer d'autre part que les zones axiales alpines étaient émergées en partie dès l'Éocène supérieur puisqu'il n'existe pas de sédiments oligocènes dans les zones alpines internes et que des torrents en accumulaient les débris suivant une longue et étroite bande le long de la bordure nord-occidentale de ce continent. Ainsi, se trouvent expliquées la composition et la répartition des complexes de Taveyannaz qui terminent le Nummulitique alpin dans les zones externes [2].

Rappelons que, vers le S, après l'interruption de la Chartreuse et du Vercors, où il n'existe pas de Nummulitique, des formations connues sous le nom de « Grès du Champsaur » (ou grès mouchetés), également formés d'éléments éruptifs, occupent dans la série nummulitique une place équivalente à celle des grès de Taveyannaz. Il en serait de même pour les « grès d'Annot », grès quartzeux, feldspathiques et micacés que l'on avait depuis longtemps assimilés aux grès du Champsaur et même aux grès de Taveyannaz et dont Franchi a toujours fait du Priabonien. Mais l'explication de ces formations ne souffre pas ici de difficultés : les grès du Champsaur se sont formés aux dépens, et en bordure du massif du Pelvoux, les grès d'Annot aux dépens de celui du Mercantour.

C) **Résumé et conclusions générales.**

La répartition des dépôts et des faciès du Nummulitique en Savoie est représenté par les schémas ci-contre (fig. 2, 5, 6).

On voit donc que, contrairement à ce qu'avait admis J. Boussac, le Nummulitique de cette région débute par le Lutétien transgressif qui s'est avancé très loin vers l'extérieur, au delà des massifs cristallins, sur le socle continental préjurassien [**68**, **91**].

L'Éocène inférieur n'est représenté dans la région que par les sables continentaux des chaînons jurassiens (Salève, Montagne de la Balme) et de la bordure externe des chaînes subalpines (Semnoz-Nivollet, le Châtelard en Bauges). Ces formations, recouvertes par l'Oligocène supérieur laguno-lacustre dans les chaînons jurassiens et par tout l'Oligocène marin au Nivollet (Les Déserts), sont transgressées ailleurs (Le Châtelard) par le Lutétien. Plus au N, l'Éocène inférieur est inconnu sur notre territoire d'étude et la limite extrême de la transgression de l'Éocène moyen est jalonnée,

1. M. Gignoux et L. Moret. *CR. Ac. Sc.*, t. 195, p. 1202, 19 décembre 1932.

2. C'est d'ailleurs par un mécanisme analogue, mais aux dépens d'un continent encore augmenté vers l'extérieur, que se sont élaborés les conglomérats miocènes marins à roches vertes et radiolarites des environs de Grenoble.

en Haute-Savoie, par les lambeaux de Lutétien néritique du Roc-de-Chère, d'Arâche, de Samoens, de Bostan.

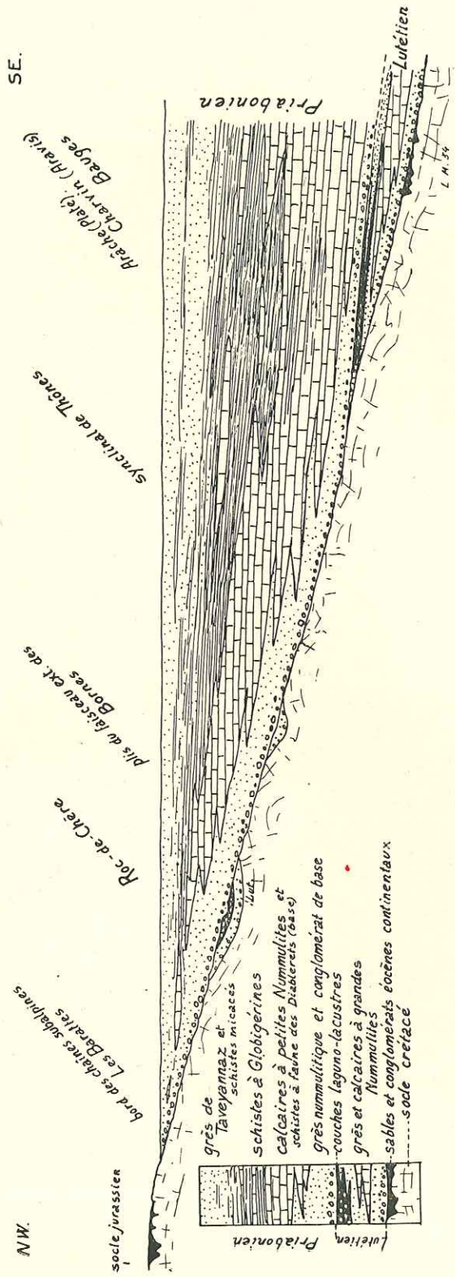


Fig. 5. — Schéma des transgressions et des faciès du Nummulitique dans les chaînes subalpines de Savoie (fin du Priabonien).

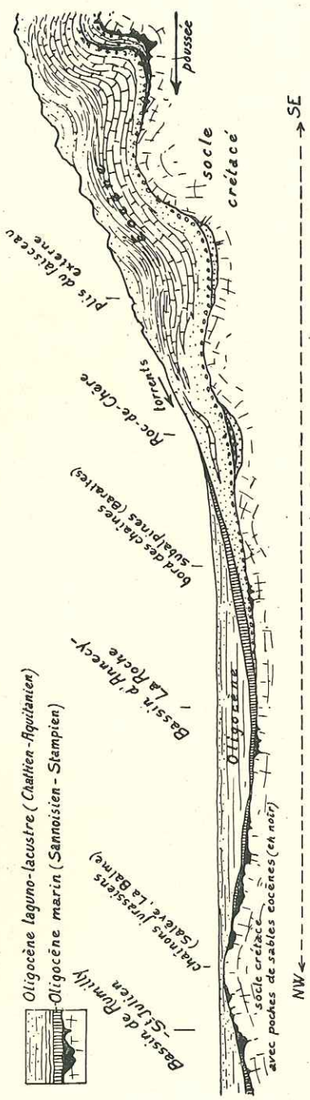


Fig. 6. — Schéma de la même région (fig. 5), après le dépôt de l'Oligocène et avant les plissements post-oligocènes.

Cette avancée marine s'est propagée par-dessus les massifs du Mont-Blanc et des Aiguilles-Rouges, non encore individualisés, et recouverts de leur manteau sédimentaire.

Il en résulte que le « golfe des Bauges », golfe très étroit qui, pour Boussac, se serait étendu entre le Peloux et la zone du Mont-Blanc et qui, pour cet auteur, était relié au S au géosynclinal alpin, n'a jamais existé.

De plus, la progression de la mer nummulitique vers l'extérieur n'a pas été continue puisqu'une régression a marqué l'époque du Lutétien supérieur (couches lacustres de Sougey, d'Arâche, du Roc-de-Chère, d'Entrevernes). Puis, de légers mouvements du sol vers la fin de l'Éocène moyen permettent au Priabonien de venir se déposer transgressivement sur tous les dépôts antérieurs (Roc-de Chère) et en particulier sur ceux du Lutétien qu'il dépasse légèrement vers l'extérieur.

Le géosynclinal alpin se comble au Priabonien supérieur (complexes néritiques de Taveyannaz) et commence à se plisser progressivement d'E en W.

La mer est rejetée vers l'extérieur, sur l'emplacement des plis les plus externes du Massif des Bornes, des Bauges et de la zone mollassique et elle y constitue un véritable sillon oligocène périalpin, probablement en relation avec la dépression alsatique par la plaine mollassique suisse et le Jura.

Cette régression si remarquable dans le géosynclinal alpin correspond, suivant en cela la loi de Haug, à la transgression oligocène de l'Europe continentale.

Les régions nouvellement mises à nu par le plissement sont décapées et leurs débris contribuent à l'édification des dépôts dans ce sillon (micropoudingues polygéniques oligocènes), vestige du géosynclinal nummulitique.

Puis, à son tour, le sillon oligocène périalpin s'envase, se comble de détritus et se transforme sur place en une lagune (Mollasse rouge), puis en un vaste lac (Chattien-Aquitanien), dont les ultimes sédiments sont à leur tour redressés avant l'arrivée de la nouvelle grande transgression marine du Miocène (Burdigalien).

Les dépôts laissés par cette transgression ne se montrent, en Haute-Savoie, que très au S, à partir de la région d'Alby, et vers l'W, le long de la vallée du Rhône, entre Seyssel et Bellegarde, où ils sont affectés par les mouvements fini-alpins. Partout ailleurs, en particulier sur le Plateau des Bornes, ils ont été enlevés par l'érosion. On sait qu'au Miocène supérieur, la mer s'est retirée de la région ; elle n'y reviendra plus.

CHAPITRE II

SÉRIE CHARRIÉE

Cette série est formée de Trias, Lias, Dogger, Malm, Crétacé et Flysch nummulitique. Dans notre région, ces terrains ne sont représentés que dans les deux lambeaux préalpins (Klippes) des Annes et de Sulens, conservés dans le grand synclinal autochtone de Thônes, sur le front des Aravis. Nous les étudierons en une suite de paragraphes où seront passés en revue les différents faciès que présentent ces terrains

dans les nappes inférieures (ou ultrahelvétiques = Préalpes externes et internes, ou

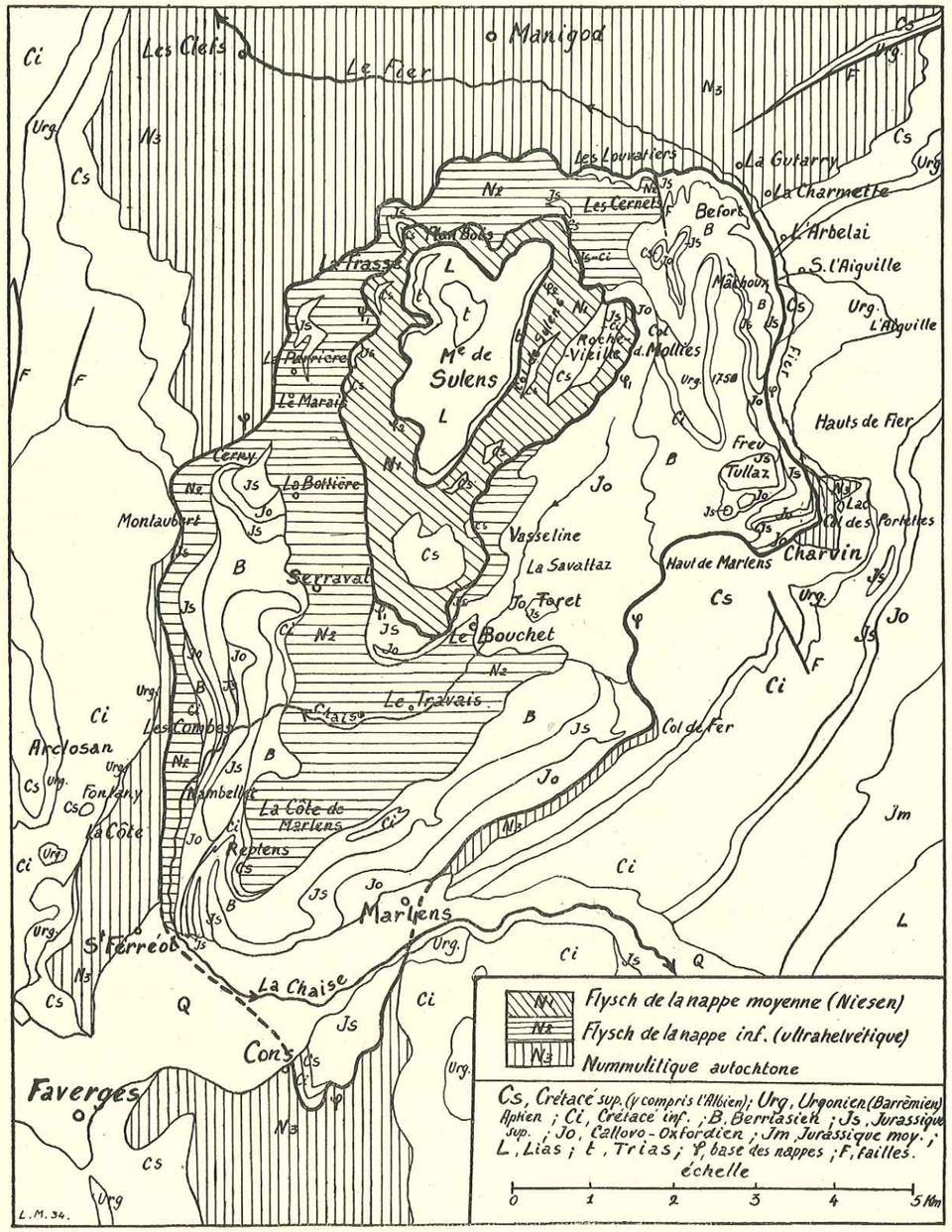


Fig. 7. — Carte géologique et tectonique de la klippe de Sulens.
Base des nappes : inférieure (φ), moyenne (φ1), supérieure (φ2) ; (id. pour la fig. 8).

Préalpes bordières), moyenne (nappe du Flysch de Niesen ?), supérieure (Préalpes médianes).

I. — LE TRIAS.

Le Trias n'est pas connu dans la nappe inférieure ou ultrahelvétique où la série débute par le Callovo-Oxfordien, ni dans la nappe moyenne débutant par le Malm. Par contre, il est très bien représenté dans la nappe supérieure, dont il est le terme le plus ancien.

C'est ainsi qu'il forme un liseré presque continu à la base des masses liasiques de Sulens et des Annes. C'est l'Abbé Vallet qui l'y a mis pour la première fois en évidence en découvrant une faunule rhétienne dans des assises superposées aux schistes rouges [1] et cargneules dont l'âge triasique était ainsi établi.

a) Description. — Presque tout le Trias des Klippes est du Trias supérieur, cargneules et marnes rouges superposées, formant des bandes jaunes et rouges très visibles et très caractéristiques.

Voici un exemple des coupes qui peuvent être relevées dans ce Trias. Aux Chalets de Châtillon (extrémité SW de Lachat, Annes), on peut noter successivement, de bas en haut :

1. Argiles grises, très écrasées, probablement gypseuses.
2. Cargneules, 15-20 m.
3. Calcaire dolomitique bleuté à patine jaune, se « cargneulisant » par places, 9 m.
4. Marnes rouges, devenant bleuâtres à leur partie supérieure, et coupées dans leur partie moyenne de petits bancs de calcaires dolomitiques blanchâtres ou rosés, 15-20 m.
5. Schistes argileux gris, puis noirs, puis scoriacés (Rhétien) ?

Les cargneules peuvent localement alterner avec des bancs de calcaire dolomitique gris clair, ou avec des zones de cargneules très broyées, conglomératiques, renfermant de petits morceaux de schistes rouges et surtout verts, sériciteux.

En certains points, des gypses se montrent associés aux cargneules, dans les argiles grises de base de la coupe précédente, mais dans des conditions difficiles à préciser, à cause de l'allure toujours chaotique des affleurements. Actuellement, on ne les voit bien nulle part, mais on en a autrefois exploité à Maroly (les Annes) et sur le flanc occidental de la Montagne de Sulens, au N de Serraval, entre Sulens et le Rocher du Marais. D'après Hollande [**10**, p. 699] et A. Favre, on utilisait là un gypse terreux associé à un grès charbonneux. A Sulens, on a fait de récentes tentatives d'exploitation de gypse, mais sans grand succès.

Au-dessous du niveau de gypses et cargneules de Maroly (les Annes), un curieux niveau a été signalé successivement par l'Abbé Vallet, A. Favre, D. Hollande, G. Maillard. Ce sont des grès noirs, associés à une argillite dure et fissurée. Les grès noirs sont charbonneux et auraient même fourni du combustible (?) à Orcellière. Mais les renseignements sur ce sujet sont contradictoires, car Maillard dit [**11**, p. 12] que, près de Maroly, un ancien puits creusé dans l'argillite inférieure, est resté sans résultat.

1. A. Favre, *Recherches*, p. 217, et *Bull. Soc. Géol. Fr.*, 1861, XVIII, p. 803.

Je pense que ces couches, qui se voient très mal actuellement, doivent représenter non le Houiller, comme on a pu le croire, mais les grès et schistes à *Equisetites* du Trias supérieur de l'Aar et de la Maurienne, niveau qui existe effectivement dans les Préalpes du Chablais à Matringe (charbon) et à Chalavornain dans le Valais (schistes gréseux à plantes) sous les gypses et à la base des cargneules et argiles rouges.

Nous ne connaissons pas, dans nos Klippes, de Trias moyen (calcaire gris et calcaire à Gyroporelles), mais le Trias inférieur est représenté par un minuscule lambeau de quartzites pincé sous le Lias à silex du versant N des Annes, à la Touvière. D'après A. Favre, [**3**, t. II, p. 218], ces quartzites seraient là associés à des cargneules et à des marnes rouges superposées, que je n'ai pu retrouver.

J'ai dit que le Trias, représenté par des marnes rouges et des cargneules, soulignait presque partout la base de la nappe des Préalpes médianes entre les Klippes des Annes et de Sulens ; ajoutons qu'à Sulens, un affleurement singulier est celui qui est logé sur le versant W du massif, en couches presque horizontales sur le Lias très redressé qui forme ici la ligne de crêtes.

Les marnes rouges sont en général un excellent niveau de sources ; elles retiennent en effet les eaux qui s'infiltrent dans les masses calcaires liasiques superposées, surtout quand celles-ci sont en couches peu inclinées et très anfractueuses, comme à la Montagne de Lachat. En certains points, ces marnes, délavées par l'eau et saturées peuvent glisser sur les versants en donnant des coulées boueuses (extrémité S de Lachat, Châtillon).

b) Comparaisons. — Dans les régions préalpines voisines (Médianes) du Môle et des Brasses, le Trias, toujours très développé, ne correspond aussi qu'à la partie supérieure de l'étage. Ce sont des gypses, des calcaires dolomitiques et cargneules, des marnes rouges et vertes. Les autres termes du Trias ont probablement disparu par étirement tectonique, ou n'ont pas été transportés.

Ce Trias, avec grand développement de marnes rouges (Quartenschiefer) et de cargneules, caractérise la zone externe des Préalpes. C'est seulement dans les zones internes qu'apparaissent, au-dessous de marnes bariolées et de cargneules ici très réduites, les grandes masses de cargneules inférieures et de calcaires dolomitiques à Diplopores, fossilifères à Tréveneusaz. Des gypses de position douteuse, probablement extravasés, s'y montrent également.

Sur le plateau de Châtillon-Saint-Sigismond, près de Cluses, existent de nombreux petits lambeaux de Trias, calcaire dolomitique et cargneules, marnes rouges, gypses (aux Balmottes), semés sur le Flysch exotique. Les émanations de gaz inflammable bien connues, de Châtillon, sont probablement en rapport avec le Trias. Des sondages récents, pratiqués à l'E du hameau des Prelles, ont retrouvé, sous des schistes noirs, d'âge indéterminé, des gypses. La Klippe la plus étendue de la région est celle de Saint-Sigismond ; elle comporte, à la base, des marnes rouges [1], puis des cargneules, et au sommet une grande dalle de calcaire dolomitique gris, anfractueux [**70, 72**].

Rappelons que plus au S le Trias de notre zone du Flysch (z. des Aiguilles d'Arves

1. Le versant W de la Klippe montre de nombreux et importants glissements de terrains dus à la présence de cet horizon.

et de l'Embrunais) est également caractérisé par un grand développement de schistes rouges, analogues aux « Quartenschiefer ».

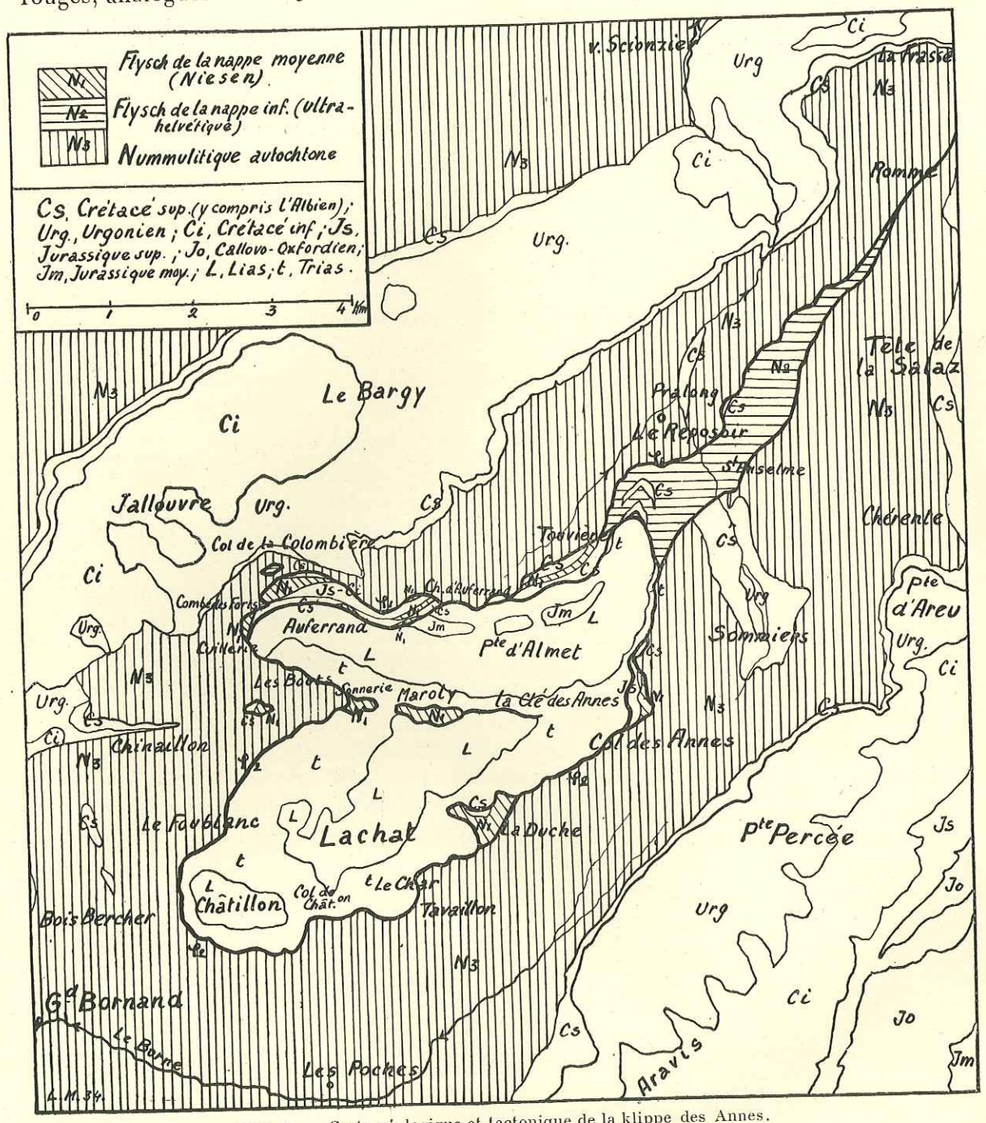


Fig. 8. — Carte géologique et tectonique de la klippe des Annes.

II. — LE LIAS.

C'est ce terrain qui forme la masse principale des Montagnes des Annes et de Sulens. Il n'y est connu que dans la nappe supérieure.

1° Rhétien.

Partout représenté et fossilifère, à la base du Lias. Il est d'ailleurs connu de longue date dans nos Klippes, où il a été découvert par l'Abbé Vallet, près de la Frasse.

Vers sa base, il est soudé intimement au Trias, auquel il passe progressivement.

Il possède surtout le faciès souabe.

On peut en étudier une belle coupe vers les Chalets de Châtillon, au S de la Montagne de Lachat. Les marnes rouges du Trias deviennent bleuâtres à leur partie supérieure et présentent quelques bancs de dolomies jaunes et l'on peut observer au-dessus :

Rhétien. 1. Schistes argileux gris.
2. Schistes argileux noirs.
3. Schistes argileux scoriacés et plaquettes calcaires lumachelliques avec *bone-beds*.
4. Calcaires noirs en petites dalles, un peu schistoïdes au sommet.
Hettangien. 5. Calcaires noirs en gros bancs; Polypiers.
Sinémurien. 6. Calcaires noirs à silex.

Les calcaires du n° 4 sont fossilifères; outre *Avicula contorta* et *Plicatula intusstriata*[1], on peut y récolter de grands Plagiostomes à côtes, des Ostracées (*Ostrea* cf. *sublamellosa*), Pectinidés, *Arca*, *Leda*, *Corbula*, *Alectryonia nodosa*, etc.

Cette succession se retrouve à peu près partout. Sur le flanc E de Lachat, Maillard note, au-dessus des marnes rouges, et sous la lumachelle à *Avicula contorta*, des plaquettes dolomitiques jaunes. Sur le versant W au-dessus de Foublanc, E. Peterhans [**112**] a décrit, sur les marnes rouges, des schistes noirs, une lumachelle dolomitique à Polypiers avec calcaires gréseux brunâtres à *Ostrea Haidingeriana* au sommet, puis les schistes et calcaires de l'Hettangien.

C'est dans le vallon de Maroly, entre Lachat et la montagne des Annes proprement dite que l'Abbé Vallet découvrit les premiers fossiles de l'Infralias, déterminés par la suite par Stoppani : *Saurichtys acuminata*, *Mytilus psilonoti*, *Anomia Schafhaütli*, *Plicatula Archiaci*, *Ostrea Pictetiana* et débris d'ossements.

Le même géologue visita, en 1861, un autre gisement non moins célèbre, celui de la Frasse, à Sulens (versant W), en compagnie de A. Favre, Ch. Lory, L. Pillet, Studer. Là, entre la Frasse et le Marais, les couches de l'Infralias leur fournirent : *Avicula contorta*, *Mytilus psilonoti*, *Gervilia inflata*, *G. praecursor*, *Anomia Schafhaütli*, des Pentacrines et un bonebed (?).

J'ai revu cette dernière localité et voici la succession notée en remontant au-dessus de La Frasse :

1. Lias calcaire.
2. Rhétien ;
Calcaires noirs, durs, compacts, à veinules calciteuses.
Calcaires noirs à cassure mate et patine rousse.

1. ou *Dimyopsis Emmerichi*, fossile très fréquent dans le Rhétien du Briançonnais.

Schistes noirs (1 m.)
Un banc de calcaire lumachellique (1 m. à 1 m. 50) ; pétri par places de petits Bivalves (*Toeniodon proecursor*).
3. Trias (marnes bariolées).

Ainsi constitué, ce Rhétien se montre très analogue à celui de toutes les « Médianes » ; c'est également le faciès Briançonnais, notamment celui qui se développe au gisement du Pas-du-Roc en Maurienne (= z. du Galibier, KILIAN pars. = z. du Pas-du-Roc SCHNEEGANS[1]), gisement découvert également par l'Abbé VALLET.

2° Lias.

Le Lias des Klippes savoisiennes a été étudié très minutieusement par le regretté E. PETERHANS [**112**] et voici, comme point de départ, la coupe relevée par ce géologue le long de l'arête WNW de Lachat, au-dessus de Foublanc.

Sur la zone à *Ostrea Haidingeriana* de la partie supérieure du Rhétien, viennent successivement :

1. *Hettangien.* Schistes dolomitiques, calcaires brunâtres à *Lima valoniensis*; calcaires lités, à pâte brunâtre et à *Lima valoniensis*, *Terquemia* aff. *Heberti*, Huîtres, Pectinidés; calcaires gris clair, lités, à pâte compacte gris brunâtre, avec délits calcaires jaunâtres, silex et lumachelles à la partie supérieure et un banc de calcaire perforé par des Annelides, indiquant une petite lacune.
2. *Sinémurien supérieur — Lotharingien.* Alternance de calcaires gris brunâtre, à pâte foncée siliceuse et de délits schisteux avec Huîtres et grandes Limes; calcaires gris brunâtres à pâte finement spathique et lits de silex noirs (parois) dans lesquels M. LUGEON a recueilli *Arnioceras* sp., *Arietites bisulcatus*, *Aganiceras loevigatus*.
3. *Lotharingien supérieur — Lias moyen.* Alternance de calcaires en gros bancs gris brunâtre, clairs, à pâte foncée parfois tachetée, compacte, un peu siliceuse, délits schisteux. PETERHANS y signale *Echioceras bavaricum*, *Oxytoma inaequivalvis* var. *sinemuriensis*, *Spiriferina alpina*, *Polymorphites* sp., *Pholadomya* sp.
4. *Lias supérieur.* Forme la partie supérieure de Lachat. Il comporte des alternances de bancs calcaires gris bleu, à pâte foncée siliceuse et de schistes; les calcaires sont parfois tachetés. J'y ai recueilli, au sommet de Lachat et du petit sommet 1792, dans des calcaires schisteux, des Bélemnites, des articles de Crinoïdes (*Encrinus, Pentacrinus*) de petits Lamellibranches indéterminables.

L'Aalénien (schistes gris brunâtre, marneux) n'est pas représenté à Lachat. Mais il existe à la Tête d'Auferrand, sur le versant N de ce massif, et là, les couches sont ployées en charnière synclinale ouverte au N et entourant les schistes marneux du Dogger. Ces schistes, très fissiles, se décomposent facilement à l'air, donnant une terre argileuse très compacte et d'un jaune d'ocre caractéristique. Je n'y ai pas trouvé de fossiles autres que de mauvaises Bélemnites.

Les fossiles ne sont pas très fréquents dans ce Lias : aux Annes, un des points les plus riches est formé par les rochers de l'extrémité W des Annes, qui se dressent au-

1. La zone du Pas-du-Roc est solidaire de la zone du Flysch des Aiguilles d'Arves.

dessus des chalets de Cuillerie. On voit là, sur les marnes rouges du Trias supérieur, des calcaires noirs en gros bancs et à patine rousse (Entroques, Bélemnites) à silex noirs (Sinémurien), des calcaires gris lités, à délits schisteux et des calcaires noirs tachetés, en gros bancs (Lotharingien), des schistes noirs du Lias moyen et supérieur. Dans les éboulis de calcaires noirs tachetés, on peut aisément récolter quelques fossiles (Ammonites, Bélemnites).

Mais il n'est pas toujours possible de distinguer ces divers niveaux, à cause de la rareté des fossiles, aussi, pratiquement, ce Lias des Annes peut-il être subdivisé en :

1° une *partie inférieure*, correspondant à peu près au *Lias calcaire* dauphinois, caractérisé par la prédominance des faciès calcaires noirs ou bruns avec silex à la base (Hettangien-Sinémurien) et des calcaires durs, siliceux au sommet (Lotharingien);

2° une *partie supérieure*, correspondant à peu près au *Lias schisteux* dauphinois, et caractérisée par l'apparition de délits schisteux dans les bancs calcaires noirs tachetés, à la base (Lotharingien sup.) et la prédominance des schistes marneux au sommet (Charmouthien-Toarcien-Aalénien).

Et c'est là, la classification proposée par M. LUGEON qui distinguait, en gros, dans le Lias des Annes, un Lias inférieur à silex, un Lias moyen calcaire et un Lias supérieur schisteux.

Ces données s'appliquent d'ailleurs au Lias du massif de Sulens, où, dans le détail, peuvent être retrouvés les divers faciès signalés aux Annes. La légende de la feuille d'Albertville indique que des fossiles sinémuriens et aaléniens y ont été trouvés. Pour ma part, je n'ai récolté de fossiles que dans le Lias calcaire de la Frasse (*Belemnites* cf. *acutus* et *Arietites* cf. *bisulcatus*), mais rien dans les schistes superposés. Ajoutons que HOLLANDE aurait trouvé quelques individus de *Gryphea arcuata* associés à *Ammonites Hartmanni* (ou *Am. Kridion*), dans les calcaires à silex rubanés de la base des Annes et de Sulens.

Ce Lias des Klippes savoisiennes offre de très grandes analogies avec celui des Préalpes médianes du Chablais, si bien étudié par A. JEANNET dans son mémoire sur les Tours d'Aï, et par E. PETERHANS.

Ces analogies avaient d'ailleurs été notées depuis longtemps par E. HAUG et M. LUGEON qui avaient été frappés par la ressemblance du Lias des Annes avec celui de la Pointe d'Orchez et du Geblu (Matringe).

Il correspond au type normal, complet, quoique varié et avec faciès néritiques (type géosynclinal de PETERHANS, s'opposant ainsi au type anticlinal, lacuneux, créé par cet auteur pour ces régions).

S'il s'oppose au Lias autochtone, lequel est de faciès monotone, profond et correspond à notre faciès vaseux dauphinois, par contre, il rappelle à bien des égards le Lias de notre zone du Briançonnais (*s. l.*).

Le Lias, inconnu jusqu'ici dans la nappe ultrahelvétique de la Savoie, vient d'y être découvert par J. PILLOUD [**129**] aux Voirons, à l'E de Lucinges. Là, sur le Néocomien de PICTET et de LORIOL, reposent par contact mécanique des bancs calcaires noirâtres à faune d'Ammonites aaléniennes de la zone à *Harpoceras opalinum*, associées à des *Posidonomya alpina*.

III. — LE JURASSIQUE

1° Dogger.

L'existence du Jurassique moyen n'a pas été démontrée aux Annes d'une façon péremptoire, par des fossiles. Il est possible, ainsi que l'a déjà fait remarquer M. Lugeon, que les calcaires marneux qui forment le noyau de la charnière synclinale de la nappe supérieure, sur le versant N du massif, représentent le Dogger, car ils sont là enveloppés par des schistes noirs probablement aaléniens. C'est la solution que j'ai adoptée sur la nouvelle édition de la feuille d'Annecy.

Par contre, à Sulens, É. Haug et M. Lugeon ont découvert au N de Serraval, près de la Perrière, des calcaires marneux noirs à *Cancellophycus* sous un faciès assez voisin de celui des Préalpes internes et de la zone externe des Préalpes médianes. Il est difficile de dire exactement à quelle unité appartiennent ces calcaires ; É. Haug les range dans la nappe moyenne. La présence de *Cancellophycus* permet de distinguer immédiatement ce Dogger charrié de celui des Aravis, par exemple, qui n'en renferme jamais.

2° Callovo-Oxfordien

Il est presque toujours impossible de séparer les deux étages et c'est pourquoi nous continuons à employer ce terme commode.

Le Callovo-Oxfordien n'est connu que dans la nappe inférieure (ultrahelvétique) de Sulens et sous un faciès uniforme, très semblable à celui de l'autochtone. Ce sont des schistes noirs, plus ou moins marneux, parfois micacés, et présentant des bancs de calcaires noirs dans la moitié supérieure. On peut y trouver des nodules calcaires ou ferrugineux, souvent fossilifères. Les schistes de la moitié inférieure du complexe sont très fissiles et présentent parfois de nombreuses empreintes de Posidonomyes ; ils sont plus particulièrement calloviens.

Dans les écailles supérieures, ce complexe a été signalé en de nombreux points par Hollande [**10**] qui y a trouvé, entre Saint-Ferréol et Serraval : *Ammonites plicatilis* et *Am. cordatus*.

H. Schoeller [**86**, **130**] a découvert un nouveau gisement à l'ESE de Serraval : *Sowerbyceras tortisulcatum*, *Phylloceras plicatum*, *Perisphinctes* sp., *Oppelia* sp., et une grosse Bélemnite canaliculée indéterminable.

La plupart des affleurements découverts par Hollande ne sont d'ailleurs pas figurés sur la feuille Albertville.

Dans les écailles inférieures, le Callovo-Oxfordien, très développé, possède le même faciès que dans les écailles supérieures. On le trouve à la base de presque toutes les barres de Malm, le long de la route de Saint-Ferréol à Serraval, entre Marlens et le Col de Fer, près des Chalets des Hauts de Marlens, le long de la rive gauche de la haute vallée du Fier et dans une position tectonique souvent singulière. Enfin je l'ai retrouvé récemment à la partie supérieure du paquet d'écailles des Hauts de Fier, le long du torrent des Cernets et le long du sentier du Col des Mouilles et sur les deux versants de ce Col où il avait été confondu avec le Flysch [**146**]. Il est presque partout fossilifère.

La partie inférieure du complexe, formée de schistes se délitant en véritables paillettes extrêmement minces, renferme parfois en abondance *Posidonomya alpina*, à Marlens, à Toret, au Col des Portettes, aux chalets des Hauts de Marlens, à la base (versant Fier) du sommet coté 1758, à l'E du Col des Mouilles, à l'E des Cernets, etc. Ces schistes représentent probablement le Callovien. Au-dessus, viennent des schistes noirs oxfordiens, avec petits nodules calcaires ovoïdes ou arrondis de la grosseur d'une bille ; ces schistes sont fossilifères, *Sowerbyceras tortisulcatum* y est toujours abondant, associé à de petits Périsphinctes (*Perisphinctes Kobyi*), notamment dans les gisements du col des Mouilles et du Col de Fer. Puis les nodules augmentent en nombre et taille et de véritables bancs de calcaire noir à patine rousse s'individualisent dans les schistes devenus eux-mêmes plus calcaires et plus résistants. On peut y récolter, outre *Sowerbyceras tortisulcatum*, *Hecticoceras coelatum*, *Ochetoceras subclausum*, *Oppelia inermis*, etc., dans les gisements du haut Fier (rive gauche).

A la partie supérieure du paquet d'écailles qui forme la rive gauche du Fier au NE de Sulens, dans la région des Mâchoux, ces schistes sont profondément entamés sur une certaine distance, par le Nant des Arbarettes. Ils renferment là des nodules géodiques (*septaria*) à cristaux de barytine et de quartz. J'y ai en outre récolté des Bélemnites, *Sowerbyceras tortisulcatum*, et un gros *Phylloceras* à fines côtes du groupe de *P. heterophyllum*. Les bancs calcaires intercalés dans ces schistes se montrent au microscope très finement gréseux et glauconieux, avec quelques spicules de Spongiaires.

A la partie supérieure du Callovo-Oxfordien, les bancs calcaires sont devenus très nombreux et très réguliers ; ils y sont séparés par des délits schisteux peu épais : c'est déjà la base du Lusitanien.

3° Malm.

Le Malm existe dans les nappes moyenne et inférieure des Annes et de Sulens.

A) Nappe moyenne. — Il y est représenté par un faciès très spécial de calcaires à zones siliceuses.

Plus exactement, c'est un complexe de calcaires gris sublithographiques en petits bancs à Bélemnites, montrant parfois de minces traînées gréso-micacées, de calcaires gris à zones siliceuses peu épaisses, mais très nombreuses et très rapprochées (*Aptychus*, Bélemnites), de microbrèches calcaires avec petits fragments anguleux jaunes de dolomies triasiques, de calcaires grumeleux en petits bancs, etc.[1]. Au microscope, les calcaires gris, à pâte fine, ne montrent, comme microorganismes, que *Calpionella alpina*, petit fossile qui ne se rencontre que dans le Tithonique et le Berriasien [**94**]. C'est pourquoi nous pensons que ce faciès complexe représente non seulement le Jurassique supérieur, mais aussi la base du Crétacé.

Dans les microbrèches de la Combe des Forts, aux Annes, le microscope montre des fragments de calcaires à Globigérines, Radiolaires et *Cypris*, de calcaires oolithiques (Urgonien ou Dogger), de calcaires dolomitiques triasiques, réunis par un

1. Il semble que ce soit cette formation qui a été prise par Sarasin pour du Lias à silex [**38**, p. 17].

ciment calcaire finement granuleux, parfois criblé de Calpionelles très bien conservées.

Quant aux calcaires gris sublithographiques qui forment la plus grande partie du complexe, ils sont de plusieurs sortes : on y trouve des types franchement pélagiques à Radiolaires ou à Calpionelles, ou des types grumeleux et néritiques à pseudoolithes et petits Foraminifères benthiques.

Du point de vue de leur répartition, ces faciès siliceux sont très bien représentés aux Annes, au-dessus des Chalets d'Auferrand (Combe des Forts) (fig. 9), à Maroly, à la Duche, sur le versant N du Col des Annes.

A Sulens, ils affleurent le long du versant oriental de la petite colline de Roche-Vieille, et de Pesière.

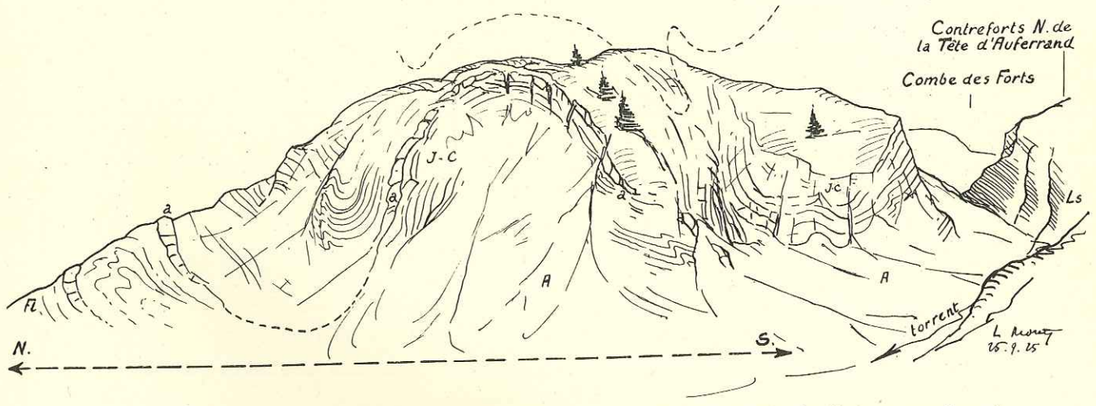


Fig. 9. — Les plissements de l'écaille de Jurassico-Crétacé siliceux (J-C) de la Combe des Forts. a, gros banc de calcaire à Bélemnites ; Fl, Flysch bréchique associé au Jurassico-Crétacé ; A, éboulis. L'écaille sort de dessous la nappe supérieure formée surtout de Lias (Ls, Lias schisteux). Croquis de l'auteur, d'après nature.

Leur présence dans nos Klippes évoque certaines comparaisons.

Dans les Préalpes médianes du Chablais, on trouve également, dans le Malm, des calcaires néritiques oolithiques ; de plus, le Néocomien inférieur y est à l'état de calcaires gris à zones siliceuses, très caractéristiques. D'autre part, ces couches ne sont pas sans rappeler des complexes analogues, à zones siliceuses, *Aptychus*, Bélemnites et Calpionelles que M. Gignoux et moi avons récemment découverts, en place, dans la zone du Flysch de l'Embrunais à Ancelles, au N de Gap [1] et dont nous avons également fait du Jurassico-Crétacé.

Enfin, la fameuse brèche supérieure du Chablais, avec ses bancs de calcaires gris siliceux à Radiolaires et Calpionelles [**21**] peut également être comparée à nos couches siliceuses ; toutefois, les faciès bréchiques sont incomparablement plus développés en Chablais.

1. Sur la structure géologique de la base de la nappe du Flysch de l'Embrunais dans la vallée d'Ancelle, près Gap (Hautes-Alpes). *CR. Acad. Sc.*, séance du 19 décembre 1932. Ces couches appartiennent à la zone que nous avons appelée « subbriançonnaise », et nous les avons, depuis, retrouvées en de nombreux points de cette zone.

B) Nappe inférieure. — Dans cette unité, le Malm n'existe qu'à Sulens et il y joue un rôle très important dans la constitution des nombreuses écailles mésozoïques de cette nappe. Son faciès y est assez monotone ; ce sont toujours des calcaires pélagiques, plus ou moins marneux et compacts, et assez pauvres en fossiles.

Dans les écailles supérieures, à la Colline du Bouchet, dont il forme le socle, le Malm est représenté par des calcaires lithographiques gris à silex, bien lités. La pâte montre des Radiolaires et des spicules de Spongiaires. On y trouve surtout des *Aptychus*.

Hollande [**10**] y signale cependant, à la base, *Ammonites polyplocus*, *A. tenuilobatus*, *A. compsus*, qui établiraient la présence de l'ensemble Lusitanien-Kimeridgien. Ailleurs, le faciès du Malm est assez analogue, mais toujours très pauvre en fossiles.

J'ai pu cependant y découvrir çà et là quelques Ammonites qui m'ont permis d'identifier les étages Lusitanien, Kimeridgien, Tithonique.

a) Lusitanien : Ce sont des bancs de calcaires gris noir, séparés par des lits schisteux de même teinte, dans lesquels j'ai trouvé, à la Gutarry : *Perisphinctes* du groupe de *P. Tiziani*, *Sowerbyceras Loryi*, *Belemnopsis* cf. *hastatus*.

b) Kimeridgien : Formé de calcaires gris, plus ou moins foncés, souvent en petits bancs avec silex. J'y ai récolté, le long de la route de Saint-Ferréol à Serraval, *Ancanthoceras acanthicum* et à la Gutarry, *Simoceras Doublieri* ; enfin, un bel exemplaire de *Neumayria compsa* a été trouvé dans la haute vallée du Fier, dans les calcaires de la rive gauche, ployés en charnière synclinale (La Riandaz).

c) Tithonique : les bancs de calcaires sont plus massifs et de teinte plus claire, parfois blanchâtre ; on y voit des silex, des zones grumeleuses, des bancs de pseudobrèches fossilifères. Mais les fossiles sont toujours très empâtés et difficiles à extraire. J'ai recueilli, le long de la route de Serraval, un gros *Perisphinctes* sp., de nombreux *Aptychus Beyrichi*, des Bélemnites et une jolie coquille, bien conservée, de *Terebratulina substriata*.

Le Tithonique semble passer insensiblement vers le haut, aux marno-calcaires du Berriasien.

Du point de vue micrographique, mes observations sur ce Malm concordent avec celles de H. Schoeller [**130**, p. 24] et avec celles que j'ai pu faire aux environs de Grenoble [**94**].

Les couches inférieures du Malm (Lusitanien, Kimeridgien) ne renferment que des Radiolaires. Les Calpionelles n'apparaissent qu'avec le Tithonique où elles coexistent avec les Radiolaires.

Ce Malm de notre nappe inférieure de Sulens est, en somme, assez peu différent du Malm autochtone (V. coupes de Talloires et des Aravis). Il n'en diffère que par l'allure du Kimeridgien qui, au lieu de se présenter en bancs massifs, est formé, comme dans la nappe ultrahelvétique suisse, de petits bancs bien lités ; de plus, il y a toujours des silex.

Bien que notre série ultrahelvétique de Sulens ne soit ni aussi épaisse, ni aussi complète et fossilifère que celle des Préalpes bordières, si minutieusement étudiée

par E. Gagnebin [81] entre Montreux et Semsales, elle n'en présente pas moins des analogies assez frappantes, et sur plusieurs points, avec elle [1].

IV. — LE CRÉTACÉ

Le Crétacé inférieur (Berriasien, Valanginien, Hauterivien, Urgonien, Aptien, Albien ?) est uniquement représenté dans la nappe inférieure de Sulens.

Le Crétacé supérieur (Cénomanien ?, Turonien, Sénonien) est représenté dans les nappes moyenne et inférieure de Sulens et des Annes.

Mais la suite complète de ces étages n'est nulle part visible, par suite des phénomènes de décollements et d'étirements mécaniques, très fréquents dans nos Klippes. C'est pourquoi, et en l'absence habituelle de fossiles, les étages sont parfois difficiles à identifier.

1° Berriasien.

Sur les derniers bancs massifs du Tithonique, vient une épaisse succession de petits bancs de calcaires marneux bleuâtres avec taches noires, parfois assez durs (et d'aspect tithonique), séparés par de minces délits schisteux de même teinte et à patine blanchâtre. Les plaquettes de schistes montrent fréquemment à leur surface des *Aptychus* et des traces de Fucoïdes (?).

Les calcaires renferment quelques fossiles : quelques *Berriasella*, dont *B. pontica*, *Phylloceras infundibulum*, *Pygope diphyoïdes* et petits *Aptychus* cf. *lamellosus* sur la rive gauche du Fier, aux abords de la Tullaz (sommet 2027 de la carte d'E.-M.) ; *Pygope diphyoïdes* au-dessus des chalets des Arbarettes (Mâchoux) ; quelques mauvaises Ammonites et une dent de Poisson le long du chemin entre la Guttarry et Befort.

Étant un peu marno-schisteux au niveau de sa base, ce terrain est souvent décollé de son substratum tithonique, plus dur, ce qui explique que son allure soit toujours plus ou moins plissotée, froissée, et qu'il puisse se trouver parfois directement sur le Callovo-Oxfordien. C'est pourquoi il est difficile de trouver des contacts stratigraphiques certains entre Jurassique et Crétacé.

Au microscope, les calcaires marneux du Berriasien ne montrent, en général, que des Calpionelles assez abondantes.

2° Valanginien-Hauterivien.

D'après la légende de la feuille Albertville, ces étages seraient représentés à Sulens par des couches fossilifères. Pour ma part, je n'ai jamais pu y découvrir de fossiles déterminables. Il est possible que l'épaisse série des calcaires marneux attribuée en bloc au Berrias, soit valanginienne ou même en partie hauterivienne. Dans les écailles des Hauts de Fier, ces calcaires passent à leur partie supérieure à des calcaires noirs, schisteux, puis à des calcaires noirs ou gris à patine roussâtre et à

1. Analogies qui ont été constatées par nos collègues suisses en 1930, lors des courses organisées en Savoie à l'occasion du Centenaire de la Société géologique de France.

traînées blanchâtres siliceuses, représentant peut-être le Valanginien supérieur et l'Hauterivien. Mais je n'en ai aucune preuve, n'y ayant trouvé que de mauvaises Bélemnites. J'ai retrouvé ces calcaires gris dans la région de Mâchoux et sur le Berrias du versant S du Col des Mouilles, enfin, le long du Nant des Arbarettes ; ils existent également au Sud de Sulens, près du Nambellet, le long de la route qui conduit de Saint-Ferréol à ce hameau.

Au microscope, ces calcaires noirs et ces schistes montrent une structure finement gréso-glauconieuse et renferment toujours de très nombreux spicules de Spongiaires [1]. Ces couches passent insensiblement, à leur partie supérieure, aux schistes et calcaires zoogènes de l'Urgonien-Barrémien.

3° Urgonien-Barrémien.

J'ai pu individualiser ce terrain, tout récemment, à Sulens [131], dans la zone des écailles des Hauts de Fier, à l'E du Col des Mouilles.

On voit là les calcschistes néocomiens se charger progressivement de nodules calcaires, devenant parfois de véritables bancs de calcaires noirs d'allure marneuse et renfermant déjà des petits fossiles dont des Orbitolines Mais, à côté de ces formations existent des intercalations de véritables calcaires zoogènes du type urgonien. Ces bancs, qui ne dépassent pas quelques décimètres de puissance, présentent une teinte gris clair, et sont d'aspect microbréchique ; ils sont, par places, pétris d'Orbitolines du groupe de *Orbitolina discoidea-conoidea*, bien dégagées sur les surfaces altérées. Au microscope, ces gros Foraminifères sont associés à des Milioles, des Diplopores, des pseudoolithes, etc. ; je n'y ai pas vu de Rudistes.

Ces couches se rencontrent sur le versant W de la montagne des Mâchoux et des Arbarettes, depuis les chalets du Freu (au N de la Tullaz), jusqu'aux chalets des Arbarettes au N. Le meilleur gisement se montre le long du chemin des chalets du Freu, à 5 ou 600 mètres à vol d'oiseau au N de ces chalets.

Le Barrémien à Ammonites n'a pas encore été découvert à Sulens. Mais il existe non loin de là, aux Voirons, au S de la ferme de Chatillonnet, où J. Pilloud [129] vient de le découvrir dans cette même zone ultrahelvétique. Il s'y présente à l'état de calcaires à traces de vers et débris de Lamellibranches ; *Desmoceras* cf. *difficile*, espèce barrémienne, y a été trouvée.

Cette série éocrétacée rappelle donc beaucoup le « Néocomien à Céphalopodes » des nappes inférieures du Chablais et de la Suisse. Dans ces régions, l'Urgonien, sous un faciès de dalles organogènes à Orbitolines, a été mis en évidence par E. Gagnebin [81], notamment à En Chexbres, dans les Pléiades [2]. Ajoutons que, dans les chaînes subalpines méridionales, des séries analogues, marno-schisteuses à Céphalopodes ne renfermant que quelques dalles de calcaires à Milioles, se montrent dans le Gapençais, notamment au Puy de Manse [3].

1. Ils ressemblent même parfois étrangement aux bancs gréso-calcaires de l'Oxfordien (*ante*, p. 77).
2. Dans la même zone, l'Urgonien est connu depuis longtemps à Montsalvens et dans la nappe de la Plaine-Morte.
3. Ces séries ont parfois été plissées et refoulées par la nappe du Flysch (ex. Écailles du Massif de Soleil-

4° Aptien-Albien.

Dans la nappe inférieure de Sulens, les schistes à bancs urgoniformes passent progressivement vers le haut à des schistes noirs plus ou moins gréso-micacés (spicules de Spongiaires), renfermant quelques bancs plus durs, mais glauconieux et d'un vert sombre. Ces couches passent elles-mêmes à des schistes noirs de même nature, très épais. Ces complexes rappellent singulièrement les schistes et grès glauconieux aptiens-albiens des Préalpes externes fribourgeoises [**81**, p. 24]. Il est impossible de dire si le Cénomanien est représenté dans cette série, car je n'ai pas encore pu, malgré mes recherches, y découvrir de fossiles.

Ces couches sont bien développées aux abords des chalets du Freu, au droit du Col des Mouilles et sur le versant oriental de la vallée.

Aux Voirons, on connaît [**129**] dans la même unité tectonique, des marnes noirâtres à fossiles écrasés parmi lesquels se trouvent des Ammonites de l'Albien.

5° Crétacé supérieur (Turonien-Sénonien).

La continuité stratigraphique entre le Crétacé moyen et le Crétacé supérieur, à l'état de calcaires sublithographiques et de schistes à Foraminifères, n'est nulle part bien visible.

Le Crétacé supérieur forme presque toujours des écailles, soit dans le Flysch, soit au sommet des schistes noirs du Crétacé inférieur ou moyen. Il n'y est pas sensiblement différent de celui de l'autochtone : Ce sont des calcaires à pâte fine et de teinte claire renfermant de nombreux Globigérinidés (surtout Rosalines) et Lagénidés. Dans la *nappe moyenne*, ces calcaires sont assez développés aux Annes et à Sulens.

A Sulens, c'est surtout dans la colline du Bouchet et à Roche-Vieille qu'on peut les étudier : il y a là, en alternance tectonique avec le Flysch lutétien très conglomératique, des lentilles de calcaires blanchâtres à Foraminifères, renfermant des bancs finement gréseux et criblés de spicules de Spongiaires [1].

Aux Annes, le Crétacé supérieur est plus varié comme faciès : Sur le versant S de Lachat et le long du versant N des Annes, ce sont des calcaires gris ou jaunâtres tachetés. A l'extrémité W du massif, le long de la Combe des Forts, et jusqu'aux Chalets d'Auferrand, ce sont des calcschistes gris, rouges et verts (couches rouges), déjà signalées par M. Lugeon.

Dans la *nappe inférieure*, le Crétacé supérieur n'a été sûrement mis en évidence, par moi, que dans les écailles qui s'empilent au-dessus de Saint-Ferréol, à Nambellet. Le long de la route qui réunit ces deux villages, on peut suivre une succession stratigraphique, un peu laminée, il est vrai, mais certaine, qui va du Callovo-Oxfordien au Nummulitique. Le Sénonien y est représenté par des calcaires marneux à Rosalines, d'un blanc jaunâtre, alternant avec de minces lits schisteux, recouverts

Bœuf), c'est ce que M. Gignoux et moi avons appelé la « zone ultra-dauphinoise » [**142**], par analogie avec la zone ultra-helvétique des géologues suisses.

1. Ce faciès gréseux avait déjà attiré l'attention de E. Haug.

par une grande épaisseur de schistes jaunes également crétacés. Cet ensemble repose sur les schistes noirs du Néocomien, il est recouvert transgressivement par les brèches calcaires à *Lithothamnium* typiques du Flysch ultrahelvétique.

Des couches analogues, riches en Rosalines, mais très laminées peuvent également être observées au S de Cons, sous le Malm de la klippe ; elles y sont associées à des calcaires marneux et à des schistes bleuâtres probablement néocomiens.

Tous ces calcaires renferment *Rosalina Linnei* et des débris d'Inocérames, mais pas d'autres fossiles permettant de dire s'ils sont plus particulièrement turoniens ou sénoniens. Il est probable que, comme dans les Préalpes du Chablais et de la Suisse, ils représentent ces deux étages.

En Suisse, le Crétacé supérieur de la zone ultrahelvétique est représenté par des calcaires à Rosalines et Globigérines compacts, à traces grises argileuses, feutrés de schistes marneux sans mica et dont E. Gagnebin fait du Turonien, ou par des calcaires marneux d'un gris jaunâtre clair, avec des parties schisteuses irrégulièrement intercalées et à taches violacées à la surface des plaquettes. Mais la série se termine là par des calcaires grenus schisteux à Jéréminelles qui n'existent, dans notre région, que dans la nappe de Morcles-Aravis (Mont-Charvin).

V. — LE FLYSCH NUMMULITIQUE

Il est très développé dans les nappes moyenne et inférieure, mais inconnu pour le moment dans la nappe supérieure.

a) **Nappe moyenne.** — C'est un Flysch très grossier, surtout caractérisé par ses conglomérats à galets cristallins. Il est particulièrement développé à Sulens, dans la petite Colline du Bouchet où il a attiré l'attention de nombreux observateurs (A. Favre, D. Hollande, E. Haug), et à Roche-Vieille (montagne qui porte le point coté 1689 sur la carte au 1/80.000e de l'É.-M.).

L'étude de ce Flysch a été reprise récemment par H. Schoeller dans sa thèse [**130**].

Au village du Bouchet, il débute par les fameux conglomérats dits du Bouchet qui renferment de grandes Nummulites, *Nummulites biarritziana*, *N. atacicus*, d'après A. Favre, auxquelles s'ajoutent, d'après Schoeller, *N. Brongniarti*, *N. striatus*, *N. incrassatus*, et dont le ciment est formé par un calcaire gréseux plus ou moins grossier. Les galets de ce conglomérat sont toujours bien arrondis et de taille variable, allant de quelques millimètres à plusieurs décimètres. Ils ont été l'objet d'études systématiques de la part de Schoeller qui a pu y reconnaître les roches suivantes : Parmi les roches sédimentaires, des dolomies du Trias, des calcaires à Radiolaires et Calpionelles du Malm, des calcaires berriasiens et hauteriviens, des calcaires à Orbitolines et Milioles urgoniens, des quartzites et des silex, l'auteur note l'absence de calcaire du Crétacé supérieur. Les roches éruptives y sont assez fréquentes : granite à biotite à petits ou à gros éléments ressemblant à certains granites de la région de Beaufort, microgranites, gneiss, micaschistes, leptynites, toutes ces roches sont généralement saines et sans trace de laminage.

Le conglomérat du Bouchet repose sur le Malm des écailles supérieures de la

nappe inférieure, mais le contact, souvent masqué par la végétation est, d'autre part, toujours altéré par les étirements tectoniques.

Sur ce conglomérat, qui occupe en général la base de la formation, viennent des bancs de calcaires gréseux alternant avec des lits de conglomérats, puis les schistes font leur apparition et finissent par prédominer en même temps que diminuent d'importance ou même disparaissent les bancs gréseux et conglomératiques.

C'est à ce niveau supérieur, dans des marnes affleurant à l'extrémité de la croupe méridionale de la Colline du Bouchet, que H. Schoeller a découvert une petite faunule priabonienne : *Discocyclina nummulitica*, *D. scalaris*, *Nummulites incrassatus*, *N. striatus*, *Operculina* sp., *Cardium Rouyanum*, *Diastoma costellatum* mut. *elongatum*, *Cerithium plicatum* mut. *alpinum*, *Clavella Noae*..., etc., c'est la faune classique des couches des Diablerets.

Sur ces couches vient un Flysch schisto-gréseux très épais, assez semblable à celui de la nappe inférieure et qui rappelle aussi, d'ailleurs, le Priabonien supérieur autochtone.

Ce Flysch se retrouve tout autour de Sulens et notamment au Plan du Tour et à Roche-Vieille où il est extrêmement développé et où j'ai pu l'étudier.

Là, les conglomérats sont formés de blocs parfois très gros, en majorité calcaires, et perforés par des Mollusques lithophages. On y trouve çà et là de grandes Nummulites, des morceaux d'Inocérames et même des *Aptychus* remaniés. Ces couches alternent tectoniquement avec des calcaires sénoniens.

Dans le vallon compris entre Sulens et le sommet 1689 (feuille Albertville), les conglomérats sont associés à des grès brunâtres grinçants et à des dalles de calcaires sénoniens très redressées.

A l'entrée N du vallon de Roche-Vieille, au pied du sommet 1806 (Sulens), ils sont mêlés à des grès micacés et des microbrèches à Orthophragmines et Nummulites, ainsi qu'à des grès bruns quartziteux présentant l'érosion en boules ; le tout est directement surmonté par les cargneules et les marnes rouges du Trias de la nappe supérieure.

Tout autour de Sulens, la zone comprise entre la nappe supérieure et la nappe inférieure est jalonnée par des lentilles de conglomérats très écrasées et égrenées dans des schistes d'âge variable.

Tous ces affleurements sont fossilifères. Le plus riche est celui situé sur la route du Col de la Colombière (à l'W des Annes, non loin des Chalets de Cuillerie), près de l'entrée de la Combe des Forts. Les conglomérats sont, en ce point, criblés de grandes Nummulites et d'Orthophragmines, leurs galets sont en majorité sédimentaires (dolomie jaune du Trias, schistes rouges, calcaires divers...) associés à quelques galets cristallins dans un ciment gréseux.

En remontant dans la Combe des Forts se voient, le long des berges du torrent, des couches analogues, mais plus calcaires, plaquées sur le Jurassique supérieur et le Néocomien à zones siliceuses et microbrèches. On y trouve également de très nombreuses grandes Nummulites, des Orthophragmines, des *Aptychus* et des Bélemnites roulés, des débris d'Inocérames ; de plus, les bancs conglomératiques ont un aspect de mosaïque dû à ce que les éléments constituants, tous à peu près de même

taille, sont plus anguleux et de teinte variable (dolomie triasique jaune, calcaires gris jurassiques et triasiques) et que le ciment est peu développé ; ces bancs de conglomérats sont séparés les uns des autres par des schistes marneux verdâtres ou grisâtres à Fucoïdes et par des bancs de grès schisteux micacés.

Un autre affleurement intéressant est celui qui se montre au-dessus de la Touvière, sur le versant N de l'extrémité E des Annes. On voit là des conglomérats à gros blocs en majorité cristallins (granites, gneiss, micaschistes, roches vertes ?), très laminés et associés à des lentilles de calcaires blancs à Rosalines, des schistes jaunes, des schistes noirs crétacés. Cet ensemble est directement recouvert par le Trias et le Lias de la nappe supérieure. Il se prolonge vers le N et l'E où il entoure l'extrémité de la klippe jusqu'au-dessus du Reposoir.

Comparaisons : Un Flysch analogue à celui que nous venons de décrire se montre à la base du Môle [**90**], entre la masse des Préalpes médianes représentée par cette montagne, et les écailles ultrahelvétiques des Collines du Faucigny, il y est également associé à des couches rouges crétacées.

Ce Flysch pourrait être également comparé à celui qui, à l'E des Voirons, forme une écaille supérieure riche en conglomérats nummulitiques à galets cristallins. Il occupe là, comme d'ailleurs à Sulens et aux Annes, une situation tout à fait comparable à celle du Flysch du Niesen en Suisse, c'est-à-dire qu'il forme un coussinet entre les Préalpes médianes et les Préalpes bordières.

On trouve également des affleurements épars de conglomérats nummulitiques à blocs cristallins sur le Plateau de Châtillon, au-dessus de Cluses, soit sur le Flysch ultrahelvétique, soit sur le Trias charrié. Près de Châtillon, d'énormes blocs de brèches à éléments calcaires ont fourni à G. Maillard des galets d'Urgonien et de calcaires nummulitiques, et à moi-même des Orthophragmines.

M. Lugeon signale un gisement de grandes Nummulites lutétiennes le long de la route de Taninges, dans des brèches à ciment gréseux ; j'ai retrouvé ce riche gisement.

Tous ces affleurements de brèches du Plateau de Châtillon alternent, tectoniquement, avec des calcaires sénoniens, ils ont été homologués par M. Lugeon, puis par J. Boussac, au Flysch du Niesen.

Le Flysch de la nappe moyenne des Annes et de Sulens ne ressemble évidemment pas trait pour trait aux complexes infiniment riches et variés du Niesen. Toutefois, dans la zone du Niesen, les conglomérats polygéniques jouent un rôle très important. Ils y sont caractérisés par la présence de blocs anguleux ou galets de roches de faciès penniques (roches vertes et jaspes), de dolomies triasiques, de calcaires à Orbitolines, dans un ciment toujours très réduit. Outre les conglomérats, on y trouve aussi des schistes argilo-terreux, des schistes brillants avec lentilles de roches diverses : quartzites glauconieux verdâtres, calcaires clairs à Rosalines, grès et brèches à fragments de schistes métamorphiques, calcaires à Radiolaires, calcaires oolithiques, calcaires à Milioles et même des calcaires à Orbitolines.

D'après les travaux les plus récents, ce Flysch du Niesen serait surtout caractérisé par des séries complexes à faciès récurrents, et son âge serait Éocène, mais pour sa plus grande part Éocène inférieur (?) ou même Crétacé supérieur [1].

1. R. B. Connell et M. de Raaf, *Eclog. Geol. Helv.*, vol. 22, n° 2, 1929, p. 95 ; et W. Leupold, *Eclog.*

b) **Nappe inférieure.** — Le Flysch n'y est bien développé qu'à Sulens où il enveloppe les écailles de terrains mésozoïques. Il ressemble beaucoup, du moins dans sa moitié supérieure schisto-gréseuse (complexe de grès fins, marnes micacées et grès verdâtres) au Nummulitique autochtone. Mais il s'en différencie par la présence de bancs de microbrèches calcaires qui viennent s'intercaler au niveau de la base du complexe, formée surtout de schistes et de grès fins gris clair. Ces brèches, notées dans la légende de la feuille Albertville, où elles sont attribuées à la « fausse Mollasse » oligocène, ont été longtemps confondues avec l'autochtone. Je les considère [**114**] comme très caractéristiques du Flysch ultrahelvétique de la région ; elles sont absolument inconnues dans le Nummulitique autochtone du synclinal de Thônes étudié plus haut.

Ces brèches sont essentiellement formées par de petits morceaux anguleux de calcaires blanchâtres qui, au microscope, se montrent être surtout des fragments de *Lithothamnium* roulés, plus rarement des calcaires noirs du Malm ou du Crétacé, et des débris de Mollusques. Mais on y trouve beaucoup de Bryozoaires et de gros Foraminifères : Orthophragmines, Nummulites, Assilines et parfois même des Globigérines à test épais et grosses perforations. Le ciment est formé par un calcaire légèrement gréseux.

Ces brèches se trouvent généralement dans des schistes fins à grosses Globigérines, elles y prennent l'allure de petits bancs gondolés de quelques décimètres à quelques millimètres ; des grès fins à petits points rouge brique leur sont associés, notamment le long de la route de Saint-Ferréol à Serraval. Je les ai retrouvées un peu partout à la base du massif charrié, près de Nambellet où ces brèches transgressent les calcschistes du Crétacé supérieur, à Befort, à Marlens où elles s'intercalent dans la série schisto-gréseuse supérieure. Elles sont parfois très laminées, à Befort par exemple.

D'une façon générale, le faciès « Wildflysch » ne se rencontre pas dans nos klippes.

Les surfaces altérées des bancs de microbrèches qui affleurent au bord de la route de Serraval à Saint-Ferréol sont fossilifères ; j'ai pu y déterminer *Discocyclina nummulitica* et *Nummulites striatus*. Le microscope y montre en outre des sections d'Assilines.

Ce Flysch est donc sûrement éocène, et même selon toute vraisemblance Lutétien-Priabonien, comme le Flysch ultrahelvétique des Alpes suisses. Mais, il faut reconnaître que rien, parmi les fossiles trouvés, ne permet de faire une assignation précise d'âge, *Nummulites striatus* ainsi que les Orthophragmines pouvant se rencontrer aussi bien dans le Lutétien que le Priabonien ; quant aux Assilines, que l'on croyait cantonnées dans le Lutétien, elles peuvent, elles aussi, monter dans l'Éocène supérieur[1] ; il est vrai qu'elles y sont alors de très petite taille.

Comparaisons : C'est avec le Flysch des Voirons [**33**, **50**, p. 504, **115**] qu'il convient tout d'abord de comparer le Flysch de la nappe inférieure des klippes savoisiennes. Ce Flysch appartient en effet aux unités ultrahelvétiques. C'est un Flysch complexe, très semblable, dans sa partie schisto-gréseuse, au nôtre, mais dans lequel il n'a pas été trouvé, jusqu'ici du moins, de microbrèches calcaires à *Lithothamnium* et Orthophragmines. On y connaît, par contre, des conglomérats à éléments cristallins exotiques, inconnus à Sulens et aux Annes dans la même unité ; mais il est possible que ces poudingues des Voirons soient tout autre chose que de l'ultrahelvétique.

Geol. Helv., vol. 26, n° 2, 1933, p. 295-319 (*loc. cit*). Ces conclusions s'étendent également, pour ce dernier auteur, au Flysch ultrahelvétique.

1. Jacques Flandrin. Sur la présence du genre *Assilina* dans l'Éocène supérieur de l'Algérie. *Bull. du Serv. de la Carte géologique de l'Algérie*, 2e série, Strat., Trav. récents des Collab., fasc. II, p. 147-150, pl. I, 1933.

D'W en E, ce Flysch des Voirons peut être subdivisé de la façon suivante, à partir du Nummulitique autochtone (grès et schistes à micropoudingues oligocènes) sur lequel il est refoulé :

1. Schistes et marnes micacées à traces végétales et à Fucoïdes. C'est dans cette première zone que se rencontrent des écailles de terrains mésozoïques (Lias, Malm et Crétacé).
2. Poudingues des Voirons, formant la crête de cette montagne. C'est un ensemble complexe de grès plus ou moins grossiers avec débris de Lamellibranches, montrant çà et là de gros bancs de conglomérats à blocs parfois énormes. Ces blocs sont des roches calcaires, assez semblables à celles de l'autochtone et des roches cristallines et cristallophylliennes rappelant certains types du bord S des Alpes (Ch. Sarasin). Dans le ciment gréso-calcaire, A. Favre a recueilli de petites Nummulites et H. Douxami des *Lithothamnium*.
3. Nouveau complexe schisteux identique à 1.

Ce Flysch des Voirons demanderait une nouvelle étude ; ce que l'on peut dire, c'est que, du point de vue de l'âge, il est probablement en grande partie éocène supérieur, mais il n'est pas possible pour le moment d'aller plus avant dans la précision à cause de la pénurie des fossiles. Quant au point de vue tectonique, certains faits portent à penser que l'on se trouve ici dans un complexe formé d'écailles superposées ayant amené le mélange de Flysch appartenant à des unités différentes (Flysch ultrahelvétique et du Niesen, par exemple), comme cela est le cas pour le Plateau de Châtillon et le socle du massif de Sulens.

En effet, l'étude du Flysch de Châtillon m'a montré que les blocs de brèches polygéniques rapportées au Flysch du Niesen, reposaient presque partout sur un Flysch différent lardé de copeaux de roches mésozoïques (surtout Crétacé supérieur) [**63**]. Ce Flysch, en grande partie formé de schistes fins ou micacés à traces d'Algues, de grès (du type des grès des Voirons), de grès et de schistes micacés à traces végétales charbonneuses, est bien visible sur le rebord E du Plateau, rive gauche du Giffre, en face de Samoens.

Là, et spécialement aux abords de la cascade du Nant d'Ant, se voient des écailles ou blocs énormes de Malm et de calcaires à Rosalines noyés dans un complexe de schistes noirs à lentilles de grès gris ou verdâtres (quartzites verts) et de conglomérats à gros blocs, tout cela rappelant le « Wildflysch » de la Suisse.

Vers le N, ces couches sont remplacées par des grès grossiers et des schistes gréseux et micacés à traces végétales noirâtres.

Au microscope, les grès m'ont montré des fragments de *Lithothamnium* et d'Orthophragmines ; ils sont donc éocènes.

Dans les Préalpes bordières, entre Montreux et Semsales, le Flysch ultrahelvétique nous est connu par les travaux de E. Gagnebin [81]. A la base de la chaîne, et sur la mollasse et le poudingue oligocène du Plateau suisse, on a successivement :

1. Flysch noir, comprenant des schistes noirs ou bruns micacés à bancs de grès fins à pistes de Vers (Hiéroglyphes), des Chondrites, des débris végétaux charbonneux. On y a trouvé des Cyrènes banales. Des lames de Crétacé supérieur et de Jurassique s'intercalent à diverses hauteurs dans la série. A la base se montrent parfois des intercalations de bancs épais de grès à gros grain à galets de jaspes rouges et verts, de quartzites, d'aplites, de gabbros (serpentines, prasinites) et des dalles de calcaires à *Lithothamnium*, Bryozoaires, petits Polypiers, Nummulites et Assilines. Ces dernières ont pu être rapportées à *Assilina exponens*, les couches qui les renferment sont donc lutétiennes en partie.

Ces bancs rappellent ceux que nous avons découverts à la base du Flysch ultrahelvétique de Sulens.

2. Wildflysch ; complexe très disloqué, lardé de lentilles de roches mésozoïques (Jurassique, Néocomien, Turonien), on y trouve aussi des schistes micacés noirs ou rouges à Globigérines, des grès, des quartzites verts (Ölquartzit), des calcaires grossiers, des calcaires à petites Nummulites, Orthophragmines, Assilines, Lithothamnies, des calcaires à Rosalines du Crétacé supérieur.

L'âge de ce complexe broyé est éocène et probablement en grande partie lutétien.

Sur ce premier ensemble (1-2), viennent les grosses écailles jurassico-crétacées des Préalpes bordières proprement dites (ultrahelvétiques).

3. Flysch schisto-gréseux ; avec quelques bancs de calcaires jaunes et surtout des calcaires à Orthophragmines et Nummulites (*N. striatus*, *N. Partschi*), Assilines (*Assilina exponens*). C'est encore du Lutétien supérieur-Priabonien.

Tout cela présente donc de grandes analogies avec le Flysch basal de Sulens et de Châtillon, toutefois, le faciès « Wildflysch » ne se montre vraiment pas dans nos klippes.

DEUXIÈME PARTIE

TECTONIQUE

CHAPITRE PREMIER

RÉGION AUTOCHTONE

Je décrirai successivement le faisceau des plis externes (virgation du Massif des Bornes ou du Genevois p. p. d.), le synclinal de Thônes, la nappe de Morcles-Aravis (v. pl. III).

I. — LE FAISCEAU DES PLIS EXTERNES

A) Énumération des plis.

Les plis crétacés qui prennent part à la constitution de ce faisceau sont les suivants (pl. III), d'W en E, et à partir de l'*anticlinal du Semnoz* (ant. I) qui appartient aux Bauges et se termine exactement à Annecy, où une inflexion axiale le fait disparaître dans la dépression mollassique [1] :

II. *Anticlinal occidental du Roc-de-Chère-Mont-Rampon*, plongeant sous le Tertiaire à partir de la vallée du Fier où il est marqué par l'anticlinal du Pont de Naves, Possy, Thorens. C'est probablement lui qui réapparaît au niveau de la vallée du Borne dans l'Urgonien de Saint-Pierre-de-Rumilly. Il disparaît peu après au droit de Dessy, sous les alluvions de l'Arve. Au S cet anticlinal se prolonge dans celui du Roc-des-Bœufs.

1. *Synclinal du Roc-de-Chère*, prolongement, vers le N, du beau synclinal d'Entrevernes.

III. *Anticlinal oriental du Roc-de-Chère* (chaînon oriental), ne se manifestant pas au delà, vers le N.

2. *Synclinal du Château de Menthon.* Ce synclinal, fusionné avec le synclinal 1, vient se déverser et s'écraser au Roc-du-Souet (au-dessus de Veyrier) puis se prolonge par le Rocher-des-Aires et le synclinal du Pré-Vernet. Au N, à partir du Fier, il se manifeste dans la zone oligocène par le synclinal de Roche-bas, se perd, pour réapparaître dans la vallée du Borne jusqu'à Dessy où il s'éteint.

IV. *Anticlinal d'Angon-Talloires* (Tithonique) et de la *Montagne de Veyrier* (Mont-Baron), se prolongeant sur la rive droite du Fier par la petite voûte urgonienne de Nanoix, à partir de laquelle il disparaît sous le Tertiaire. Il reparaît au-dessus de Saint-Laurent où il est entamé par la cluse du Borne, et peut être suivi par Bouverat jusqu'à Vougy-d'en-Bas.

1. Plus au N, l'anticlinal mollassique de Saint-Martin semble indiquer que le pli crétacé se poursuit en profondeur. On remarquera que la numérotation des plis est encore différente de celle de nos devanciers (Maillard [11], Haug [18], Lugeon [31]), et cela parce que nous n'admettons pas les mêmes correspondances entre les éléments du Massif des Bornes (Genevois) et ceux des Bauges.

3. *Synclinal du Col des Contrebandiers*. A partir du Fier, se fusionne avec le synclinal de Roche-bas pour venir se fondre dans la bordure oligocène où on peut le suivre, par Aviernoz, jusqu'au Borne où il reprend corps entre les anticlinaux I et III, puis par Delairay et enfin Vougy, où il se termine obliquement dans la vallée alluviale de l'Arve, comme les plis précédents.

V. *Anticlinal de Beauregard-Lachat* (Montagne de Veyrier), se complétant au Parmelan et se prolongeant par Soudine, Brizon, Mont-Saxonnex, Vougy.

4. *Synclinal du Col du Perthuis*, Champlaitier, Taine, subdivisé à partir de Solaison, sur la rive droite du Borne, par des replis secondaires (les anticlinaux III *a* et III *b* de Maillard), en trois petits synclinaux.

VI. *Anticlinal de Rovagny* (Tithonique), Mont Téret, Frêtes, devenant un pli-faille aux Rochers de Leschaux, sur la rive droite du Borne ; de là, il disparaît sous le Nummulitique, puis se montre de nouveau à Marnaz.

5. *Synclinal des Dents de Lanfon*, d'Ablon et des Glières, soudé au N avec le synclinal 6.

VII. *Anticlinal du Haut-d'Alex*, Tête-Noire, Mondrollière. Ne se poursuit pas sur la rive droite du Borne.

6. *Synclinal de la Roche Murraz*, du vallon du Lindion, se subdivisant en deux synclinaux sur la rive droite du Fier, celui de la Plaine de Dran et celui très replissé et refoulé des Auges, par suite de l'apparition d'un anticlinal supplémentaire, l'anticlinal VII *b* (c'est le VI *bis* de Maillard). Sur la rive droite du Borne, l'anticlinal VII ayant disparu, notre synclinal se soude au synclinal 5 pour donner le grand synclinal simple de Cenyse. Quant à l'anticlinal VII *b*, nous le retrouvons, très atténué, au Paradis, puis dans le haut vallon de Jallandre.

VIII. *Anticlinal* (*Tithonique*) *de Montmin*, base de la Tournette, Jallouvre, Le Bargy, Rocher de Cluses, où il s'abaisse vers l'Arve pour se terminer peu après.

7. *Synclinal d'Arclosan* et de Sur les Maisons ; laminé au S de Faverges ; ne reparaît pas au N.

IX. *Anticlinal supérieur de la Tournette* s'amincissant au S, se fusionnant au N avec l'anticlinal VIII.

8. *Synclinal de Thônes*, subdivisé par l'anticlinal de la Clusaz (ant. X), en un synclinal de Saint-Ferréol (8 *a*) et un synclinal du Reposoir (8 *b*).

Ce système de plis longitudinaux se complique de quelques *inflexions transversales* : au lac d'Annecy, au Fier, au Borne, à l'Arve. Celle du lac d'Annecy et celle de l'Arve sont les plus accentuées, elles ont contribué, en devenant des crans d'arrêt au moment du plissement général, à donner au faisceau des plis externes sa forme si caractéristique en croissant.

Dans l'étude régionale qui va suivre, nous décrirons tout d'abord la bordure externe, puis les éléments plus internes du faisceau de plis du Massif des Bornes.

B) **La bordure externe du Massif des Bornes.**

a. Plis de la zone mollassique. — Entre l'anticlinal mésozoïque du Salève-Montagne de la Balme-Poisy et la bordure occidentale des Bornes, la zone mollassique

forme un synclinal aquitanien replissé, dont l'axe passe à peu près par les Ollières et Evires (pl. VI, fig. 2-3). Un anticlinal faillé, l'anticlinal de Saint-Martin (prolongement du Semnoz), fait réapparaître le Stampien supérieur à Villy-le-Pelloux. A l'E, nous retrouvons successivement, bien accusés dans le Tertiaire, tous les plis externes du massif des Bornes : synclinal des Ollières (prolongement de celui de Leschaux), ainsi que nos anticlinaux II et IV et nos synclinaux 1, 2, 3 [**76**, **79**].

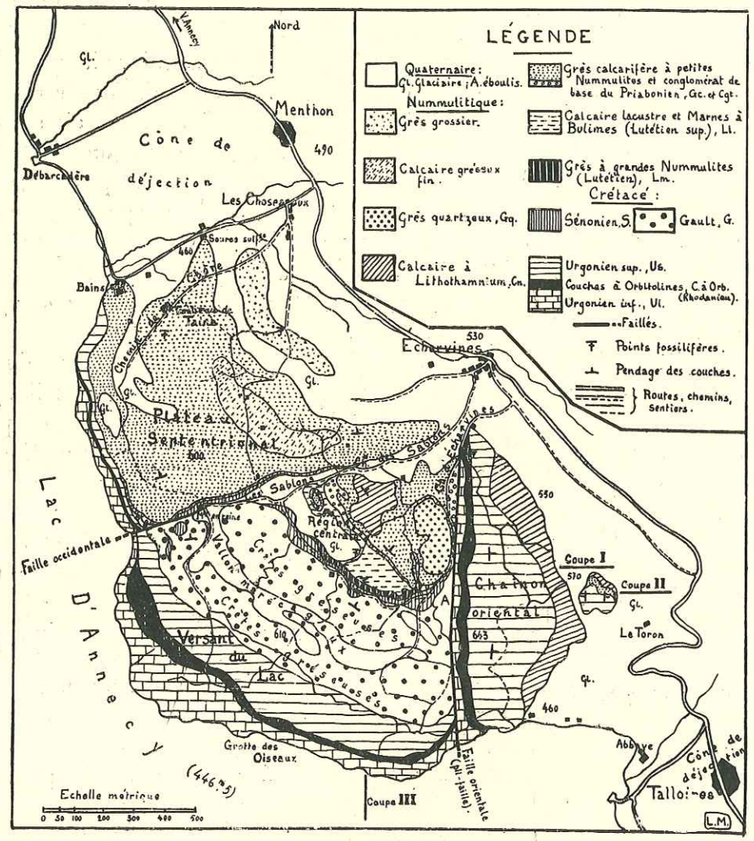


Fig. 10. — Carte géologique du Roc-de-Chère, montrant la division en régions naturelles.

Cette zone oligocène peut se suivre jusqu'au débouché du Borne ; à partir de là, elle disparaît sous les alluvions de la vallée de l'Arve.

b. Le Roc-de-Chère et la Montagne de Veyrier. — Si le Roc-de-Chère, sur une surface restreinte, présente une stratigraphie compliquée, on peut en dire autant de sa tectonique (fig. 10). Celle-ci ne peut d'ailleurs être étudiée que simultanément avec celle de la Montagne de Veyrier, car la clef de la structure de la région consiste précisément à établir des raccords exacts entre les plis du Roc et ceux du Veyrier (fig. 11 et 12).

J'ai déjà consacré à ce sujet un certain nombre de notes et une monographie du Roc [**106**, **108**] à laquelle le lecteur voudra bien se reporter.

Dans ces travaux, j'indiquais déjà les difficultés d'arriver à une conception solide sur l'origine de ce petit massif et, après avoir repoussé l'hypothèse invérifiable de Maillard, qui voyait dans le Roc un prolongement très abaissé de la voûte du Parmelan, je concluais en adoptant la solution proposée vingt-six ans auparavant par M. Lugeon [**31**], solution la plus simple, dans laquelle le Roc devient un jalon du grand synclinal Entrevernes-Col des Contrebandiers.

Cette publication attira l'attention du regretté H. Schardt, qui avait autrefois parcouru la région avec son ami G. Maillard, alors conservateur du Musée d'Annecy.

H. Schardt m'écrivit plusieurs lettres dans lesquelles il m'exprimait ses doutes sur l'hypothèse qui consistait à considérer le Roc comme un « tronçon intermédiaire du fond du synclinal d'Entrevernes-Montagne de Veyrier », et ses préférences pour celle d'un « lambeau appartenant à une nappe inférieure à la nappe du Genevois ».

Dans ce dernier cas, ajoutait-il, les fameux conglomérats, dits conglomérats de transgression du Priabonien, pourraient bien n'être qu'une brèche de friction. Le Roc devenait ainsi une sorte de fenêtre apparaissant sous les plis de sa « nappe du Genevois » fortement refoulée sur la Mollasse.

Sans aller jusqu'à adopter toutes les vues de H. Schardt sur la « nappe du Genevois » et l'existence d'une brèche de friction (qui n'existe nulle part, car il n'y a ici que des conglomérats de transgression nummulitiques indiscutables), je crois pouvoir maintenant affirmer que les plis du Veyrier ont bien chevauché le Roc-de-Chère.

J'avais déjà soupçonné ce refoulement dès 1921, lors de la réunion extraordinaire en Savoie de la Société Géologique de France [**66** *bis*, fig. 1]; et ce sont ces idées que j'ai à nouveau exprimées en 1930 devant nos confrères français et étrangers venus pour assister aux courses géologiques organisées au moment des fêtes du Centenaire de la Société Géologique de France [**134** *bis*, p. III].

Dans cette hypothèse, le Roc représente bien le prolongement faillé du synclinal d'Entrevernes ; mais, au lieu d'en voir la continuation dans le vallon des Contrebandiers, j'admets maintenant que ce synclinal (n° 1), fusionné avec celui du château de Menthon (n° 2), s'enfile sous la masse du Veyrier où il vient s'écraser, aux Rochers du Souet, près du hameau de la Combe.

Ainsi, la barre urgonienne qui supporte le château de Menthon et qui représente le flanc renversé du synclinal de ce nom peut être suivie le long de la route du Col de Bluffy jusque dans le talus néocomien du Veyrier où elle vient littéralement se planter et se morceler. Les schistes à écailles de Poissons subordonnés suivent ce mouvement et contournent la base du Veyrier où de mauvais affleurements peuvent s'observer le long de la nouvelle route qui conduit aux hameaux de Moral et de la Combe et surtout au petit Rocher du Souet, constitué de blocs urgoniens enserrant des grès nummulitiques et des schistes à *Meletta*.

De là, le synclinal se perd dans les taillis néocomiens peu accessibles, situés au-dessus de Chavoire, mais il reparaît au Rocher des Aires, où se montre une jolie charnière urgonienne ouverte à l'W [1] ; vers le N, le pli file obliquement et récupère

1. L'accident important du Roc du Souet s'est donc assez rapidement atténué vers le N puisque la char-

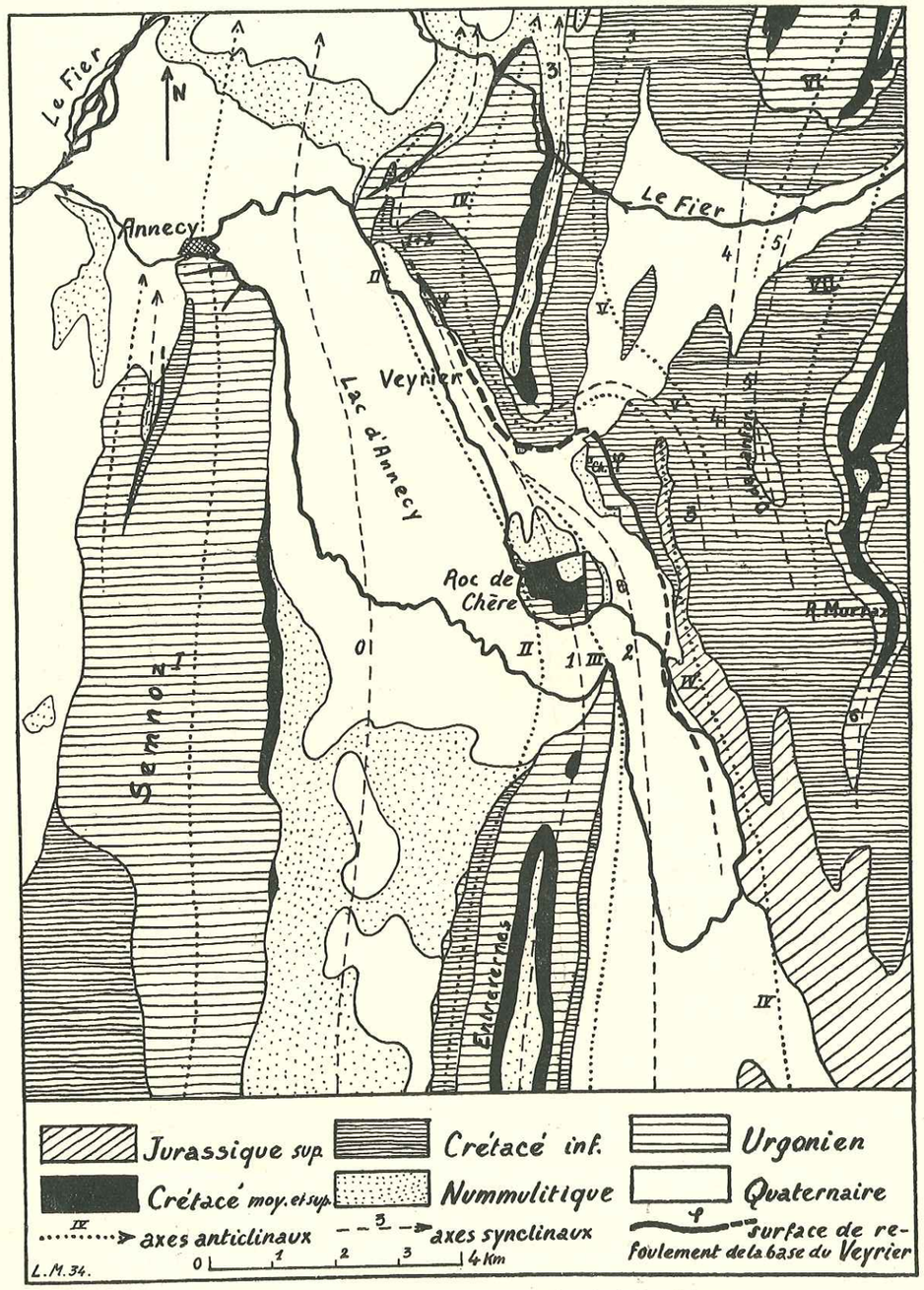


Fig. 11. — Carte géologique et structurale du bassin du Lac d'Annecy.
La numérotation des plis est celle employée dans le texte.

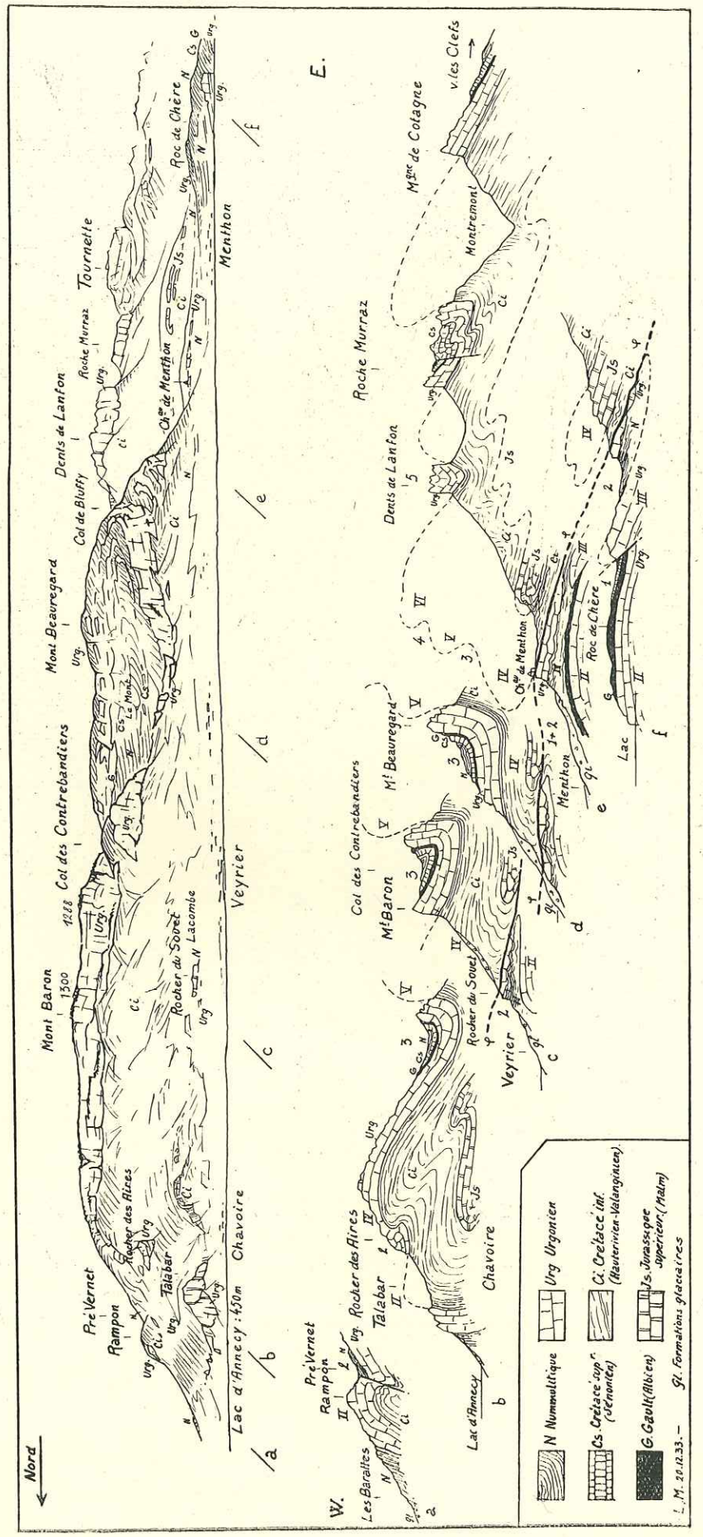


Fig. 12. — Croquis d'ensemble de la Montagne de Veyrier et de la rive orientale du lac d'Annecy (d'après une photographie de l'auteur, prise de Sévrier), et série de coupes transversales. La numérotation des plis est celle du texte et de la fig. 11.

son Nummulitique au Col du Pré Vernet. Une petite faille inverse sépare le synclinal de la butte urgonienne du Rampon en déterminant la dépression du Col (fig. 12, *a*).

Dès lors, le petit chaînon urgonien oriental du Roc qui sépare les synclinaux n°s 1 et 2 et qui prolonge l'anticlinal du Col de Bornette (Bauges) ne se continue pas au delà du Roc et disparaît assez rapidement vers le N, à Veyrier.

La voûte du Roc elle-même n'est que le prolongement, vers le S, de l'anticlinal II (Rampon).

Quant aux plis principaux qui forment la masse du Veyrier (anticlinal IV et synclinal 3), ils représentent la couverture crétacée et nummulitique des replis valanginiens et jurassiques de la région de Talloires et de Saint-Germain, décollée et refoulée vers l'W par-dessus les plis plus externes du Roc-de-Chère. D'ailleurs, la réduction considérable d'épaisseur du Néocomien du flanc inverse de l'anticlinal jurassique au-dessus du château de Menthon s'accorde parfaitement avec cette explication (fig. 12, *c*, *d*, *e*).

Notons que l'ensemble des plis du Veyrier constitue, à lui seul, une minuscule virgation arquée vers l'W, comprise entre les dépressions transversales du Lac et du Fier. Le maximum d'intensité du refoulement s'est fait sentir au droit d'Annecy, c'est-à-dire en un point où disparaît le buttoir du Semnoz.

Les failles du Roc sont postérieures au plissement. L'une a séparé le Roc de sa continuation naturelle, la Montagne de Duingt-Entrevernes, d'autres ont sectionné la partie N du Roc et individualisé sa bordure occidentale, celle qui plonge en une falaise à pic dans le lac qui, en cette zone, atteint une profondeur de 50 mètres.

La bordure des chaînes subalpines, le long de la rive méridionale du lac d'Annecy, n'est donc pas simple, mais formée d'une suite de plis dont les plus internes sont refoulés sur les plus externes.

c) Les écailles de Thorens. — Nous avons vu que tous les plis crétacés du Veyrier s'infléchissent vers le N et disparaissent sous la masse des sédiments oligocènes en arrivant à la vallée du Fier, mais qu'ils peuvent être suivis dans le Tertiaire. Seul, le pan occidental de l'anticlinal Beauregard-Lachat-Parmelan (n° V) va former, jusqu'au Borne, la bordure des chaînes subalpines.

Ce pan de voûte urgonienne n'est lui-même pas simple, ainsi que l'avait déjà remarqué Maillard, car, au droit de Naves, il se montre accidenté d'un petit repli secondaire renfermant un lambeau de grès nummulitique. Ce repli synclinal, s'exagérant progressivement, va rapidement dégénérer en un accident important visible au débouché de la cluse transversale de la Fillière, près de Thorens. En ce point, Ed. Paréjas et Ad. Jayet ont montré [**80**] que l'Urgonien du flanc NW de l'anticlinal éventré du Parmelan-Soudine, s'était rompu et que le tronçon interne avait été poussé sur le tronçon externe (Pl. VI, fig. 2). En somme, c'est une sorte de pli-faille inverse qui affecte ici la bordure des chaînes subalpines. Nous verrons plus loin qu'un accident tout semblable a été décrit par H. Butler aux Rochers de Leschaux, mais dans des plis plus internes.

d) Réapparition des plis externes dans la vallée du Borne. — La vallée du Borne

nière couchée du Rocher des Aires est complète. C'est là un fait que nous aurons l'occasion de signaler en cours de route : la rapidité avec laquelle certains accidents se « régularisent ».

est une cluse, déterminée par une légère inflexion transversale des plis. Elle montre, dans toute sa netteté, la structure du faisceau des plis externes du Massif des Bornes. Les anticlinaux II et IV, les synclinaux 1, 2 et 3 sont de nouveau individualisés dans le Crétacé. L'anticlinal II, uniquement formé d'Urgonien, se montre à partir de la rive droite du Borne et disparaît peu après, à Dessy. Il en est de même du synclinal formé par la fusion de 1 et 2 qu'une faille sépare du pan S de l'anticlinal II (rive gauche du Borne). Quant à l'anticlinal IV, son noyau néocomien est mis à nu le long de la cluse du Borne, et à partir de Bouverat jusqu'à Vougy, où une faille longitudinale provoque le contact direct du Nummulitique contre l'Hauterivien du pan S du pli (pl. VI, fig. 1).

Tous ces plis, y compris l'anticlinal V disparaissent successivement en coulisse en atteignant la vallée de l'Arve.

C) **Les plis plus internes.**

A partir de l'anticlinal V et jusqu'au grand synclinal de Thônes, le Massif des Bornes est formé d'une suite de plis à long cheminement, très réguliers, plus ou moins entamés par l'érosion. Des vallées transversales (Fier, Fillière, Borne) permettent d'y distinguer un certain nombre de massifs que nous allons étudier successivement.

a) Montagnes au S du Fier. — Ce sont les montagnes qui dominent, à l'E, le lac d'Annecy : Dents de Lanfon, Roche Murraz et Tournette (2.370 m.). Ces montagnes ont été étudiées en détail par G. Maillard [**11**], puis par M. Lugeon [**31**], ce qui me dispense de longues descriptions (fig. 12, *e* et pl. VI, fig. 4).

L'ensemble constitue un volumineux anticlinorium de Néocomien et d'Urgonien, dont le socle jurassique affleure entre Faverges et Talloires. A chaque anticlinal de surface correspondent, en profondeur, une ou plusieurs digitations du Jurassique, ainsi que l'a bien mis en évidence M. Lugeon (*loc. cit.*, p. 58, fig. 16) dans la vallée de Montmin.

Nous avons vu que la bordure occidentale du massif était nettement refoulée vers l'W (ant. IV et V). Les autres plis qui entrent dans sa constitution sont les anticlinaux VI, VII, VIII, IX et les synclinaux 5 et 6. Les deux premiers anticlinaux sont profondément érodés en combes anticlinales et les sommets sont au contraire formés par des fonds de synclinaux perchés : Dents de Lanfon, lambeau du synclinal 5, Roche Murraz et Dents du Cruet, qui tous sont des gouttières synclinales d'Urgonien, ou même de Crétacé supérieur et de Nummulitique. Quant aux anticlinaux VIII et IX, ils forment, avec le synclinal intermédiaire de Sur les Maisons (syncl. n° 7), le massif même de la Tournette. Ce synclinal 7, très développé en ce point, où il est formé uniquement de Sénonien, souvent rouge, donne lieu à une sorte de replat et au petit « Mamelon vert » très caractéristique au-dessus duquel culmine l'Urgonien du repli anticlinal à noyau hauterivien de l'Arpairon, bien visible dans les parois S et le bloc urgonien faillé du Fauteuil qui recouvre un curieux lambeau de grès albiens. Au S, ce synclinal 7 se prolonge par le synclinal perché d'Arclosan où il s'enrichit d'un lambeau de Nummulitique avec lignites.

Si ce versant W de la Tournette montre une belle cascade de plis, au contraire, le versant E, celui qui domine le synclinal de Thônes, est formé d'une carapace urgonienne cisaillée, ainsi que l'a déjà remarqué M. Lugeon, par des failles obliques, chevauchantes vers l'W.

Au N, le pli supérieur de la Tournette est crevé et l'érosion s'acharne à creuser les marno-calcaires de la profonde vallée de Montremont.

b) Montagnes entre Fier et Borne. — La profonde vallée du Fier souligne une dépression transversale très nette, surtout marquée à Dingy (ensellement du synclinal 3), et à la cascade de Morette (synclinal 6).

De nouveaux massifs, où domine l'Urgonien, s'individualisent plus au N et que limite au S une haute falaise.

L'anticlinal V, tranché au droit de Dingy, par la cluse du Fier, qui atteint ici les couches les plus basses du Berrias, forme la large voûte surbaissée du Parmelan, célèbre par ses lapiaz, voûte qui, plus au N, après la cluse de la Fillière, se poursuit par l'anticlinal urgonien de Soudine (ou de Sous Dine) (pl. VI, fig. 2).

Vers l'E, cet élément est suivi par le synclinal du Perthuis (syncl. 4), synclinal assez régulier et peu profond, qui comporte au col de ce nom un lambeau d'Albien noir très fossilifère. Ce synclinal, de l'autre côté de la Fillière, se retrouve dans la petite vallée synclinale de Champlaitier où le Crétacé supérieur (Sénonien) et le Nummulitique font leur apparition, tandis que de petits replis secondaires accidentent le fond du synclinal et qu'une faille surélève le pan W des Frêtes. Ce synclinal se prolonge jusqu'au col de Taine qui communique avec la vallée du Borne.

L'anticlinal urgonien du Mont Téret (ant. VI) est, lui aussi, droit; il se retrouve au delà de la vallée de la Fillière, dans la voûte urgonienne des Frêtes dont le noyau jurassique est légèrement atteint par le Borne.

Plus à l'E encore, vient un petit synclinal nummulitique (syncl. 5) qui prolonge au N celui des Dents de Lanfon. Ce synclinal, faillé au S sur sa bordure W, abandonne là le petit massif arrondi et désert de la Tête à Turpin, au-dessus de la Balme de Thuy. Puis il récupère son flanc W et devient régulier et étroit (gorge d'Ablon); mais bientôt, c'est le flanc E qui se lamine, de sorte qu'en approchant de la Fillière, l'anticlinal de Tête noire est refoulé sur notre synclinal : le contact se fait Urgonien contre Urgonien, mais est souligné çà et là par des lambeaux d'Albien.

Au N, au niveau des Collets, point où la haute vallée de la Fillière communique avec celle de Dran, nous retrouvons des affleurements d'Albien, de Crétacé supérieur et de Nummulitique qui correspondent à ce synclinal 5; mais, au delà, un décrochement transversal fait buter ses couches contre l'Urgonien de l'extrémité S de la Montagne des Frêtes, et, pour retrouver le prolongement de notre synclinal, il faut aller au NE, et suivre le sentier qui conduit au col de Glières. Nous allons retrouver là une ondulation de Sénonien avec Nummulitique conservé au centre : c'est le grand synclinal de Glières, qui se poursuit jusqu'à la vallée du Borne au-dessus de laquelle, comme tous les autres synclinaux, il reste suspendu.

Le vallon de Glières, occupé par de vastes pâturages humides installés sur les schistes du Nummulitique, est complexe et résulte de la fusion du synclinal 5 et du synclinal 6.

Vers le S, en effet, nous voyons s'individualiser ces éléments par suite de la naissance de l'anticlinal VII ou de Tête-Noire, anticlinal médian dont l'Urgonien s'arrête au Collet, mais qui se manifeste encore au milieu du vallon de Glières par une petite ride sénonienne qui émerge des schistes tertiaires.

Le synclinal 6 devient, au S, le synclinal de Dran, dont l'Urgonien est complètement scié par le Fier au niveau d'un remarquable abaissement axial, et qui se redresse sur la rive gauche pour donner le synclinal perché de la Dent du Cruet. Le Sénonien de ce synclinal de Dran montre, au-dessus de la cascade de Morette, un faciès « couches rouges » très caractéristique.

Au N, par contre, le vallon de Glières se divise de nouveau : nous laissons à l'W le synclinal 5, tandis que le synclinal 6 se poursuit jusqu'au Borne, où son Urgonien s'arrête à quelques mètres sur la rive gauche du torrent.

Mais ce n'est pas tout. A l'E, un nouvel élément prend naissance à partir de Dran, c'est un anticlinal secondaire (VII *b* = VI *bis* de Maillard), bien marqué dans l'Urgonien, et suivi du synclinal renversé et très replissé des Chalets des Auges. Le flanc renversé de ce synclinal a même chevauché le flanc normal et il est représenté par l'arête urgonienne, puis hauterivienne de la Pointe de la Balme [**115**]. Au N, des lambeaux de Sénonien, témoins isolés par l'érosion de ce flanc renversé, sont même traînés sur le Nummulitique.

Deux petits décrochements, dont le plus accusé se trouve dans le prolongement de celui du Collet, affectent d'ailleurs le synclinal des Auges au droit des Mouilles [1].

Plus à l'E encore, une grande combe anticlinale creusée dans le Néocomien marque le passage de nos anticlinaux VIII-IX fusionnés. Le col de la Buffaz sépare les bassins des nants de Thuy et de l'Overan, tributaires du Fier et du Borne.

c) Montagnes entre Borne et Arve. — La profonde cluse du Borne, qui supprime la continuité des plis, atteint le Berrias et les couches supérieures du Jurassique, près des villages du Petit Bornand et d'Entremont, dans le cœur des deux anticlinaux principaux de la région.

Cherchons maintenant à retrouver, sur la rive droite du Borne, les éléments que nous venons de décrire sur la rive gauche.

Notre anticlinal V, décapé jusqu'au Valanginien, va récupérer son Urgonien à partir de Brizon et se terminer obliquement, par abaissement d'axe, dans la vallée de l'Arve.

Le synclinal 4, ou de Taine, va se poursuivre sur la rive droite du Borne par le repli nummulitique de Solaison, d'abord simple, et qui ne tarde pas à être subdivisé en trois synclinaux secondaires par l'apparition des deux plis anticlinaux IV *a* et IV *b* (= III *a* et III *b* de Maillard), au S de Brizon, faisant affleurer le Crétacé supérieur dans le Nummulitique. Puis le synclinal se poursuit vers le Mont-Saxonnex, où il est masqué par le Glaciaire jusqu'à Marnaz. Donc, à un synclinal simple, se substitue un synclinal complexe, fait que nous avons déjà pu constater fréquemment.

L'anticlinal VI ou des Frêtes, d'abord droit ou à peine incliné vers l'W, va brusquement se déplacer vers le NW, sur la rive droite du Borne, aux Rochers de

1. Cette structure est figurée sur la feuille Annecy (2e édition) [**133**].

Leschaux, région récemment étudiée par H. Bütler [**77**]. Il y a là un très beau pli-faille, déjà vu par Maillard, pli-faille fortement refoulé sur le synclinal de Solaison.

Ainsi que l'a montré Bütler, l'Urgonien de l'anticlinal est coupé par une grande faille longitudinale qui atteint tout le jambage N du pli, le long du synclinal de Solaison, et par plusieurs failles transversales dont l'une passe par le col de la Glacière (au S du point 1.830) et l'autre près de la Croix, au S du point 1.725.

Ces dernières sont de véritables décrochements qui ont provoqué le déplacement de compartiments au moment du plissement. Quant à la grande faille longitudinale, qui joue au S le rôle de plan de chevauchement, Bütler pense qu'elle serait même antérieure à la formation du pli-faille.

Le pli-faille de Leschaux est suivi, vers l'intérieur, par un grand synclinal simple, le synclinal de Cenyse, prolongement de notre synclinal complexe 6. Ici donc, à un synclinal complexe, trifurqué, de la rive gauche du Borne, fait suite, sur la rive droite, un synclinal simple.

Toutefois, l'anticlinal VII *b*, ainsi que les complications du pan renversé du synclinal des Auges pourraient retrouver leurs homologues aux pâturages du Paradis, extrémité SW du synclinal de Cenyse. Au delà, vers le NE, le synclinal, très simple, se poursuit jusqu'à Scionzier, mais le flanc inverse est toujours légèrement renversé sous l'anticlinal du Bargy.

Le synclinal disparaît au niveau de la vallée de l'Arve et vient se fondre dans la grande masse de Flysch de Saint-Sigismond.

Ajoutons qu'à l'E de tous ces éléments, notre grand anticlinal VIII-IX, légèrement couché vers l'extérieur, poursuit sa route. Décapé jusqu'au Malm à Entremont, il récupère peu à peu sa couverture urgonienne, partiellement au Pic de Jallouvre, intégralement au Bargy. Puis le Foron l'entame à nouveau au droit de Scionzier où il devient l'anticlinal de Cluses que l'Arve scie au passage. Sur la rive droite de ce torrent, l'anticlinal ne tarde pas à disparaître sous le Nummulitique et le Flysch charrié du Plateau d'Arâche, non sans qu'une petite faille transversale y ait déterminé un passage, devenu encoche de verrou et, comme telle, utilisée par les eaux de fonte de l'ancien glacier de l'Arve [**135** *bis*, **147**].

II. — LE SYNCLINAL DE THÔNES

J'appelle ainsi le grand synclinal qui s'étend depuis le Col de Tamié au S (vallée de l'Isère), jusqu'à la station de Balme-Arâche, au N (vallée de l'Arve), sur une distance, à vol d'oiseau, de près de 50 km. Ce synclinal sous-tend le faisceau arqué des plis externes du massif des Bornes. Il est presque entièrement compris dans ce massif ; une faible partie, son extrémité méridionale seulement, empiète sur les Bauges où nous le décrirons sommairement.

On désignait jusqu'ici ce synclinal par le terme de synclinal de Serraval-Le Reposoir, du nom des deux localités qui occupent ses deux extrémités. Or, le premier de ces noms est mal choisi parce que le village en question ne se trouve pas dans les terrains autochtones du synclinal, mais sur les masses charriées du groupe de Sulens

qui y sont conservées dans cette région. Il vaudrait mieux alors choisir la localité de Saint-Ferréol.

Cette appellation binominale peut se justifier du fait que le synclinal n'est pas simple, mais subdivisé par un anticlinal oblique à sa direction générale, qui débute à Thônes, passe à la Clusaz pour venir se terminer aux Confins, contre le front des Aravis : au N, nous aurions le synclinal secondaire du Grand-Bornand-Le Reposoir, au S celui de Saint-Ferréol-Manigod, d'où le nom de synclinal de Saint-Ferréol-Le Reposoir que nous donnerons encore à cette grande vallée (pl. VI).

Cette subdivision se justifie dans un autre sens : En effet, le synclinal du Reposoir contient le lambeau charrié des Annes, le synclinal de Saint-Ferréol celui de Sulens.

Dans l'ensemble, le synclinal de Thônes a la forme d'une amande allongée ; il est presque entièrement comblé de Nummulitique.

Sa bordure occidentale est formée par le flanc oriental du grand anticlinal VIII-IX, réduit presque partout, sauf au N, à partir du Col de la Colombière, à un simple pan de calcaire urgonien ébréché en V par les deux vallées transversales du Fier et du Borne. La petite ville de Thônes monte la garde à l'intérieur du synclinal, près de la première brèche, et Saint-Jean-de-Sixt occupe une situation analogue à l'amont de la deuxième.

Vers l'E, au contraire, le synclinal est limité par la formidable muraille des Aravis qui, pour M. Lugeon, représente la terminaison, très atténuée vers le S, de la grande nappe de Morcles, d'où le nom qu'il lui donne de nappe de Morcles-Aravis. Cette chaîne des Aravis est refoulée sur le synclinal et ne peut plus être, partout, considérée comme son flanc renversé. Nous l'étudierons donc à part.

L'hydrologie de ce synclinal de Thônes est intéressante, et certains problèmes y ont été élucidés par Ch. Gorceix, dont nous souscrivons les conclusions [**57**]. Quatre torrents importants en drainent les différentes parties : au S la Chaise ; dans la partie moyenne le Fier, le Nom, le Borne ; au N le Foron.

Le dessin paradoxal du Borne et du Nom frappe surtout l'observateur. Ces deux torrents convergent vers Saint-Jean-de-Sixt; arrivés là, ils se tournent le dos, si l'on peut dire, et décrivent deux coudes brusques, l'un des torrents coule alors vers le NW, l'autre vers le S. Le cours supérieur du Nom qui, vraisemblablement, s'écoulait autrefois vers le bassin de Bonneville, était alors un affluent du Borne. Le bas Nom, affluent du Fier, a fini par capturer à son profit le haut Nom. Cette capture a été facilitée, non pas parce que le Fier creusait son lit plus activement, mais, par suite de l'écroulement qui s'est produit dans les grès tertiaires de la Ruaz et qui a barré le Nom supérieur et l'a forcé à se déverser dans le bassin du Fier.

Nous étudierons le synclinal de Thônes dans les tronçons suivants : entre Tamié et le Fier ; entre le Fier et le Borne; entre le Borne et l'Arve.

a) Entre le Col de Tamié et le Fier. — C'est le synclinal de Saint-Ferréol. La bordure occidentale de notre synclinal est ici assez fortement laminée, surtout entre Faverges et le Marais. C'est que la limite W des massifs charriés de Sulens est là fort près de cette bordure, et que ces massifs devaient s'étendre autrefois très avant sur ce versant autochtone (pl. V, fig. 7).

L'anticlinal IX [1] s'écrase au droit de Faverges ; son pan oriental, flanc W du synclinal de Saint-Ferréol, est, par sa place, si étiré, que, depuis ce village jusqu'à Serraval, le Nummulitique, dont la base elle-même est décollée et laminée, repose directement sur le Néocomien dont le séparent, très sporadiquement, quelques lentilles d'Urgonien. Il ne s'agit pas là d'un contact transgressif, mais d'un contact mécanique dû, avant tout, au décollement de la série nummulitique autochtone au cours du charriage de Sulens.

Le Sénonien, qui ne se montre plus à sa place normale a pu être arraché localement et transporté très loin sous les nappes en progression, jusque sur le Néocomien. Telle est l'explication que l'on peut donner d'un petit lambeau de Sénonien broyé qui se trouve, au-dessus du hameau de Fontany, plaqué anormalement sur les marno-calcaires hauteriviens du talus de la montagne d'Arclosan. L'Urgonien sur lequel devait se trouver ce Sénonien se montre en contre-bas, à la Cascade de La Côte.

D'ailleurs, ainsi que M. Lugeon l'a déjà observé dans son mémoire sur les Bauges, tout le versant W de la Tournette, là où l'Urgonien est conservé, se montre affecté de failles obliques, chevauchantes vers l'W. J'ai, de mon côté, noté [**114**] que, au droit de la Bottière, au point où les écailles basales de Sulens abandonnent le bord du synclinal pour se diriger vers le NE., ce bord se complète immédiatement : sur l'Urgonien réapparaissent l'Albien, le Sénonien, le Nummulitique, qui, plus au S, sont littéralement coupés en biseau.

Dans ce premier tronçon, la plus grande partie du synclinal de Thônes est masquée par les masses exotiques. Outre la mince bande de la rive droite de la Chaise, et les affleurements plus développés qui se montrent du Marais jusqu'au Fier, le Nummulitique autochtone affleure, au S, jusqu'aux Combes. Une importante bande de grès de Taveyannaz sort de dessous Sulens et se prolonge, par les Clefs, jusqu'à Thônes, où elle va prendre de l'ampleur vers l'E pour constituer toute la Montagne de Vaunessin qui occupe le centre du synclinal de Saint-Ferréol-Manigod.

b) Entre le Fier et le Borne. — C'est le domaine de l'anticlinal médian de la Clusaz (ant. X), localité près de laquelle il est franchi en cañyon par le torrent du Nom. Formé surtout par les complexes détritiques de Taveyannaz, l'anticlinal est érodé jusqu'au calcaire nummulitique, en face des Villards et aux Poches, et jusqu'à l'Hauterivien entre Les Lombard et la Clusaz. Les grès de Taveyannaz sont surtout répartis sur le pan SE de l'anticlinal, les conglomérats sur le pan NW.

Le Nummulitique est toujours décollé de son substratum crétacé ; ainsi, sur le versant des Lombard, le Nummulitique est séparé de l'Urgonien par des schistes très laminés (Sénonien) et des lambeaux de grès albien ; sur le versant de la Clusaz, le calcaire nummulitique repose directement sur l'Urgonien et la surface de contact montre des traces indiscutables de traînage. Ce contact n'est donc pas stratigraphique comme on a pu le croire à un moment donné ; ces faits sont du même ordre que ceux observés dans le synclinal de Saint-Ferréol, et résultent du charriage des nappes préalpines et de Morcles-Aravis.

1. Il est séparé de l'anticlinal VIII par le synclinal perché d'Arclosan, ici très développé, mais qui disparaît au N.

L'anticlinal de la Clusaz est très oblique par rapport à l'axe du synclinal de Thônes. Il débute près de cette ville, où il est à peu près régulier, puis il atteint, au droit de la Clusaz, son altitude maxima dans les grès tertiaires (Tête de Danay, 1.383 m.) et cette élévation axiale fait apparaître l'Urgonien et l'Hauterivien du noyau du pli. Il est là, déversé vers le NW. Aux Poches, une bande de calcaire nummulitique souligne son passage ; de là, il disparaît dans le socle des Annes, en suivant de près le front de la nappe des Aravis (Pl. IV, fig. 7).

c) Entre le Borne et l'Arve. — C'est le synclinal du Grand Bornand-Le Reposoir, occupé en grande partie par le massif préalpin des Annes.

La bordure occidentale du synclinal, entre Saint-Jean-de-Sixt et le Grand Bornand, ne présente rien de remarquable ; mais, à partir du Grand Bornand et jusqu'au Col de la Colombière, elle montre de nombreuses dislocations qui font de la région du Chinaillon un véritable champ de fractures.

Ces dislocations, accompagnées de phénomènes de laminage et de décollements, sont manifestement en rapport avec la masse charriée, toute proche, des Annes.

Cette région a été vue par Maillard et réétudiée récemment par Sarasin [**36**]. Je l'ai cartographiée avec beaucoup de soin et la nouvelle édition de la feuille d'Annecy donne assez bien l'impression de la réalité.

Au delà du Col de la Colombière, la bordure du synclinal redevient simple et se poursuit, sans accidents autres que des laminages locaux, jusqu'à La Frasse où elle s'incurve pour aborder la vallée de l'Arve.

Au N du haut Borne, on voit très nettement que le Nummulitique autochtone entoure complètement la base des Annes. Il vient se fusionner, au delà du Col des Annes, avec celui du Reposoir, de Romme et de La Frasse.

III. — LA NAPPE DE MORCLES-ARAVIS

C'est la grande chaîne complexe qui borde, vers l'E, le synclinal de Thônes et que nous suivrons, dans notre région, depuis le Col de Tamié, au S, jusqu'à la vallée de l'Arve, au N.

a) Du Col de Tamié a la vallée de Faverges. — D'après M. Lugeon [**31**], le synclinal de Thônes est relativement simple au Col de Tamié, et n'est accidenté que par un petit bombement jurassique mis à nu par l'érosion, celui sur lequel est construit le Fort de Tamié. Le flanc oriental du synclinal a en grande partie disparu par érosion, car il est là uniquement formé de Néocomien redressé vers le SE (bord subalpin), donnant lieu à une suite de hauts sommets aux pointes mousses et herbeuses : La Belle Étoile, La Denya, Dent de Cons.

Par contre, la barre de Tithonique subordonnée au Néocomien et qui domine la vallée de l'Isère-Arly, montre des contournements remarquables au Roc Rouge et à la Pointe de Sellive [1] et c'est là le début de notre grand pli complexe des Aravis.

A l'intérieur du synclinal de Thônes, l'Urgonien n'apparaît qu'à l'état de lambeaux et le Nummulitique recouvre indistinctement Hauterivien ou Urgonien. J'ai pu me rendre compte que, contrairement à ce qu'indique la carte géologique (feuille Albertville) [**114**], ce contact n'est pas stratigraphique, mais tectonique. En effet, une longue ligne de décollement sépare, ici encore, Crétacé et Nummulitique. Entre ce terrain et l'Hauterivien, l'Urgonien est çà et là conservé sous forme de lentilles. C'est que notre massif de Sulens s'est prolongé jusque dans ces régions ; un représentant en existe même au S de la chaîne, et c'est le petit lambeau de Malm de Cons, traîné sur le Tertiaire et l'Urgonien.

b) De la vallée de Faverges au Col des Aravis. — La nappe des Aravis est représentée là tout d'abord par le massif du Charvin ou Grand Carre qui forme le bord subalpin, dominant de ses 2.414 m. la vallée d'Ugine creusée dans le Lias schisteux du sillon subalpin (pl. V, fig. 5 et pl. VI, fig. 4).

Le bord subalpin dé-

1. Analogues à ceux qui, plus au S, affectent des unités plus externes : Roche Torse, le Grand Roc, le Mont d'Orchais (noyau jurassique de la Sambuy), si bien étudiés par M. Lugeon dans son Mémoire sur les Bauges.

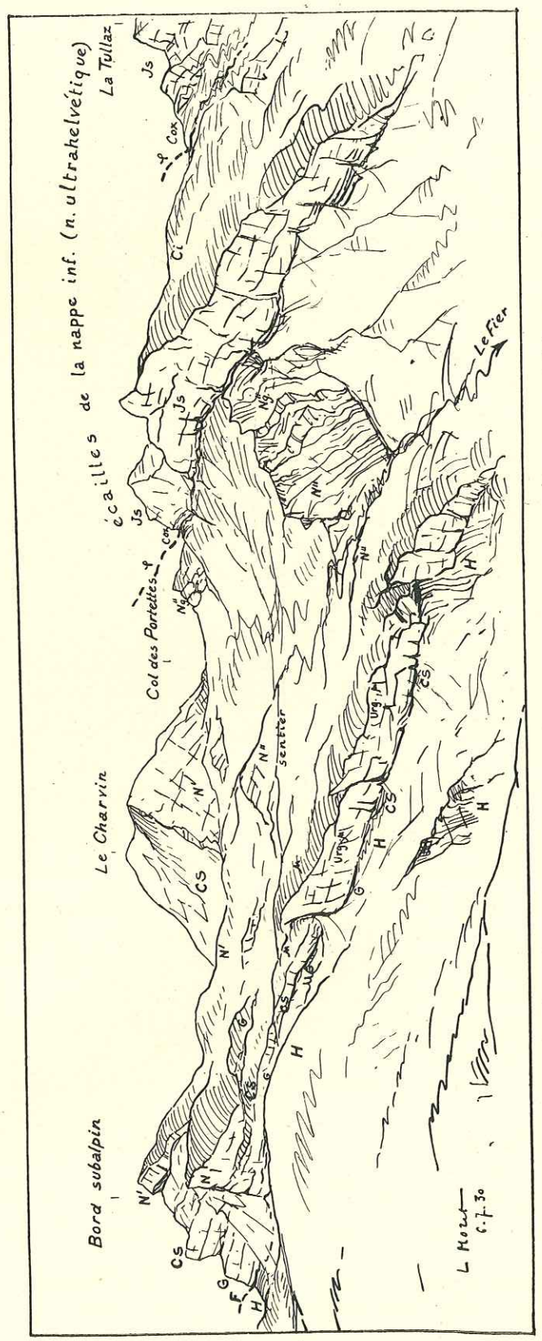


Fig. 13. — La bordure nord de la chaîne du Charvin, laminée sous les nappes préalpines.
Autochtone : H, Hauterivien ; Urg., Urgonien ; G, Gault ; Cs, Sénonien ; Ni, Lutétien ; Ni, Priabonien ; Ni g, grès de Taveyannaz ; μ, mylonites.
Nappes : Cox, Callovo-Oxfordien ; Js, Malm ; Ci, Néocomien ; ?, contacts anormaux.
Dessin de l'auteur, d'après nature (vue prise du Nord).

bute sur la rive gauche de la Chaise par une barre d'Urgonien, plaquée sur l'Hauterivien, qui monte obliquement vers le NE, vers le Charvin. Cette barre est recouverte d'Albien, de Sénonien, de Nummulitique, et l'ensemble plonge vers le NW, sous la série chevauchante du socle de Sulens, dont il est séparé par une gouttière d'érosion, creusée dans les schistes tendres du Nummulitique autochtone et du Callovo-Oxfordien charrié qui lui est superposé [1].

Peu avant d'arriver au Charvin, c'est le Sénonien qui passe sur l'arête du bord subalpin, tandis que la barre urgonienne qui se poursuit en contre-bas se retrouve dans la face SE du Charvin où elle diminue d'épaisseur et se lamine. Cette face forme d'ailleurs le versant occidental du sillon subalpin, elle se complète par le bas et la barre tithonique qui apparaît là sous les éboulis est localement redoublée, poursuivant ainsi les replis esquissés plus au S au droit d'Albertville, replis qui représentent la naissance de notre nappe des Aravis et que nous allons voir s'accentuer constamment vers le N.

Le Charvin est une énorme pyramide verte, presque entièrement formée par les marno-calcaires noirs à Jéréminelles du Maestrichtien, très épais, et dont les couches pendent régulièrement au NW.

Une dalle triangulaire de calcaire nummulitique lutétien tronque notre pyramide dans cette direction, en déterminant une petite face abrupte et blanchâtre. Le contact de cette dalle avec le Sénonien montre une belle brèche de friction car, suivant la règle, un décollement important affecte le contact des deux terrains.

Au-dessus des calcaires lutétiens viennent successivement des grès, des calcaires priaboniens, puis les schistes et les grès de Taveyannaz, dont la partie supérieure est laminée par le complexe des écailles ultrahelvétiques débutant brusquement ici par le Callovo-Oxfordien. Le Col des Portettes est situé dans les schistes nummulitiques et les grès qui leur sont superposés forment, à quelques mètres à l'W du Col, un ressaut. La grande surface de charriage du groupe de Sulens passe peu après, donc légèrement à l'W du Col (fig. 13).

La dalle de calcaire nummulitique de la face NW du Charvin se poursuit vers le NE, mais nous verrons qu'elle ne tarde pas à se laminer et à disparaître [2] par érosion.

En effet, l'Urgonien, que nous avons laissé sur la face SE du Charvin, ne tarde pas à en faire autant lui aussi, et c'est le Néocomien (marno-calcaires à Spatangues) qui va former seul les crêtes jusqu'à l'Étale [3].

Le dernier ressaut de l'arête calcaire du Charvin forme, au N, avant les croupes arrondies et herbeuses du Néocomien, un rocher, curieusement découpé, de calcaires nummulitiques et sénoniens (fig. 14) dont la base est constituée par les grès fossili-

1. Cette gouttière passe au Col de Fer, où se voit très bien le contact des deux unités.

2. Le lac, origine du Fier, dont le bassin est creusé dans les marno-calcaires imperméables du Sénonien, doit précisément son origine à cette barre, ici recouverte en partie d'éboulis. Ce petit lac est alimenté par deux sources issues des éboulis du versant N du Charvin. Le déversoir est souterrain et l'eau s'écoule au travers des éboulis recouverts de végétation qui bordent le lac au N. La source du Fier jaillit donc en contre-bas du lac.

3. Ce terrain se délite en donnant une terre grasse et rouge sur laquelle ont pris naissance de riches pâturages.

fères du Gault, qui reposent là directement sur l'Hauterivien. L'Urgonien est donc ici complètement laminé et la série en question se prolonge directement par celle qui forme le Charvin. En particulier, le calcaire nummulitique est surtout formé par le Lutétien, qui est en continuité presque parfaite avec celui qui borde le lac du Fier et forme la face NW du Charvin.

Mais vers l'W, une longue falaise d'érosion (dont la base est en pointillé sur la fig. 14), que traverse le sentier du Col des Portettes, descend directement vers le Fier et montre que la structure de la partie supérieure de l'autochtone est ici fort complexe. En effet, entre le Gault de l'écaille du Charvin et l'Hauterivien sur lequel

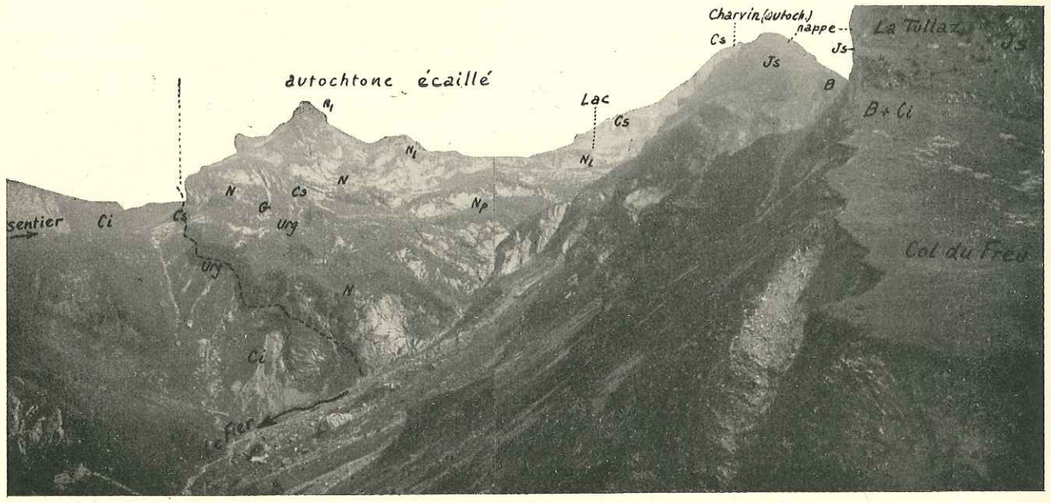


Fig. 14. — Les phénomènes de laminage de la chaîne du Charvin, vus du col du Freu.
Autochtone : Ci, Hauterivien ; Urg., Urgonien ; G, Gault ; Cs, Sénonien ; N1, Lutétien ; Np, Priabonien.
Nappes : Js, Malm ; B, Berrias ; Ci, Crétacé inférieur.

Photo Moret.

elle a glissé, apparaissent quelques lambeaux très laminés de Sénonien, constituant donc une écaille inférieure. Mais, dès le sentier du Col, on voit que le Nummulitique de l'écaille du Charvin, décollé et broyé, est à son tour recouvert par une troisième écaille avec Urgonien, Gault, Sénonien, Nummulitique, et c'est sur cette écaille que chevauche le système des écailles ultrahelvétiques de Sulens; l'ensemble plonge assez uniformément vers l'W.

Ainsi donc, sous l'effort de progression des nappes préalpines, la partie supérieure de la nappe des Aravis a été décollée et débitée en un paquet d'au moins trois petites écailles superposées (fig. 13) et étirées.

L'Urgonien et le Sénonien, si épais au S, ont ici presque complètement disparu par laminage.

Pour les retrouver, il faut redescendre la vallée du Fier. Là, en contre-bas des Chalets des Hauts de Fier, réapparaît l'Urgonien, d'abord dans le fond de la vallée,

puis bientôt sur les pentes où il forme la pointe de l'Aiguille. Enfin, après la faille transversale de Sous-l'Aiguille, il reprend sa place sur la ligne de crête. Il a récupéré sa couverture de Gault, Sénonien, Nummulitique, et tout semble régulier et non laminé.

Nous arrivons ainsi au Col des Aravis (1.498 m.).

Ce col, énorme encoche en V dans le bord subalpin (ici Urgonien), est vraiment disproportionné au faible ruisseau qui y circule actuellement et réclame une explication car il n'est pas d'origine tectonique. Il est probable que c'est le haut Nom qui est responsable de cette brèche ; mais ce cours d'eau était encore à ce moment tributaire du Borne, l'encoche des Aravis s'aligne exactement dans le prolongement de celles de la Clusaz et de Saint-Jean-de-Sixt. L'érosion ayant marché infiniment plus vite dans le sillon subalpin, constitué en grande majorité de roches marno-calcaires tendres, que dans le synclinal de Thônes, le bord subalpin a reculé progressivement, et toute la haute vallée a été détruite au profit du bassin de l'Arve et la porte des Aravis est restée suspendue et déchue de son importance passée. Tout creusement par le Nom y est actuellement arrêté, le Col n'est qu'à 1 km. vers l'E de la barre urgonienne et c'est le torrent des Aravis qui dévale vers la Giettaz et qui, plus actif que le Nom, en faisant progresser vers l'W la ligne de partage des eaux par érosion régressive, sera le grand agent de destruction de la Vallée du Nom[1].

Ce torrent se jette dans l'Arly dont le niveau de base, au point de confluence avec l'Isère est à 332 m. environ, tandis que le profil du Nom-Fier n'atteint pas, à l'aval d'Annecy, une cote inférieure à 400 m. sur un trajet bien plus grand.

La tectonique de la falaise des Aravis, au droit du Col, montre des particularités qui n'avaient pas, jusqu'ici, été interprétées d'une façon satisfaisante. D'après la première édition de la feuille Annecy et d'après les travaux de Ch. Sarasin [**36**], les Rochers de l'Étale, au S. du Col, seraient formés par un important pli-faille inverse, affectant l'Urgonien dont il aurait provoqué un redoublement : la barre urgonienne, qui forme le sommet 2.336, chevaucherait le Rocher de l'Étale.

En réalité, il n'en est rien. L'exploration détaillée de ce massif m'a montré [**110**] qu'il n'y avait pas là de chevauchement, mais simplement deux failles transversales de tassement ayant produit un léger décrochement, et venant se croiser dans les hauts du massif, au-dessous du sommet 2.336 qu'elles ont laissé surélevé. La plus importante de ces failles, celle qui commence à la Gutarry (vallée de Manigod) et à laquelle est due la falaise du rocher 2.336, franchit la ligne de crête pour se retrouver jusque sur le versant oriental des Aravis, où elle affecte même les calcaires du Tithonique (fig. 15).

En gravissant les éboulis du versant S du Col des Aravis, on peut toucher cette faille qui met en contact l'Hauterivien et l'Urgonien du sommet coté avec le Nummulitique de l'Étale.

L'autre faille passe un peu plus au N du sommet 2.336. Ce qui prouve bien que ces accidents ne sont pas des chevauchements, c'est qu'ils n'existent pas de l'autre côté du Col, au N, dans les falaises des Aravis.

1. On peut aussi penser, malgré l'altitude du Col, à une diffluence d'un très ancien glacier de l'Arve, comme cause possible de l'élargissement de la brèche des Aravis.

Par contre, au droit du hameau des Étages, deux failles obliques, véritables petits plis-failles inverses, affectent l'Urgonien des deux versants de la vallée. Ces accidents sont du même type que ceux décrits précédemment (v. p. 95) en bordure des chaînes subalpines de Thorens. Ajoutons que de petites failles transversales disloquent, là encore, les bancs.

La falaise de Tithonique, en contre-bas du bord subalpin est simple ; la zone de redoublements notée à la base du Charvin a été ici détruite par l'érosion. Par contre, la falaise de Dogger montre, au-dessus de la Giettaz, une belle charnière anticlinale, déjà dessinée par Hollande [**10**] et revue par Haug.

c) Du Col des Aravis a Balme (vallée de l'Arve). — C'est dans

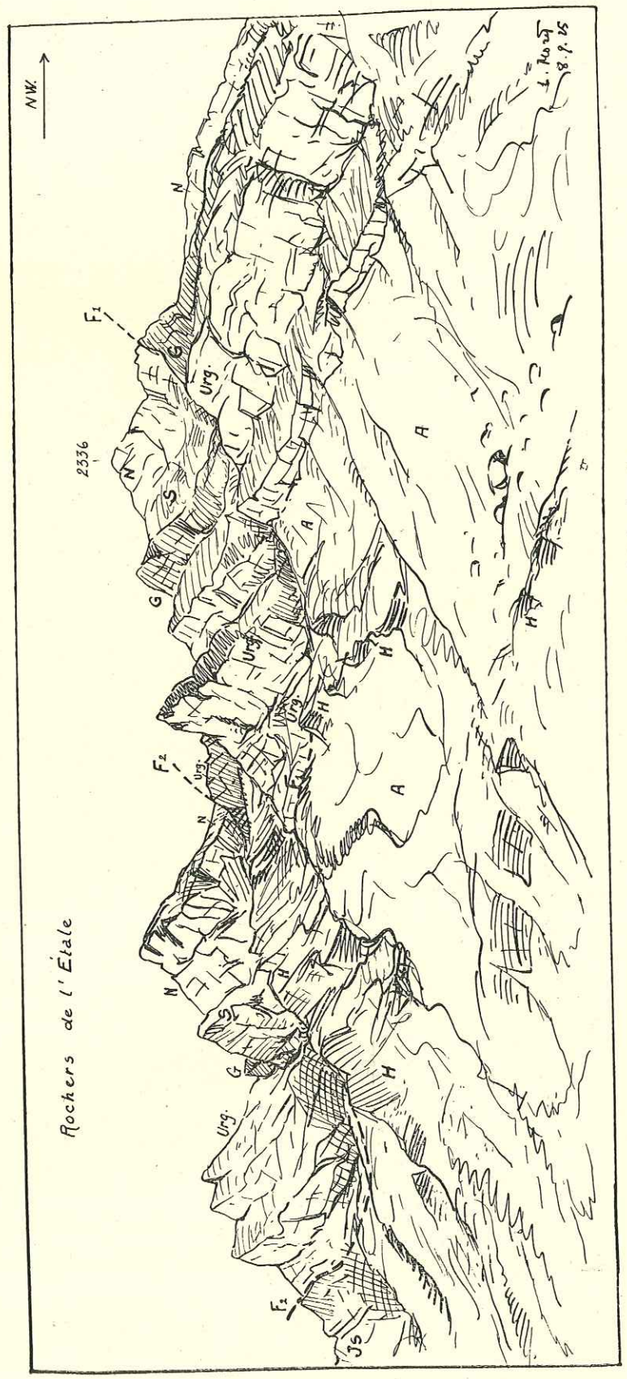


Fig. 15. — Les failles de la muraille sud du Col des Aravis.
Js, Malm ; H, Néocomien ; Urg., Urgonien ; G, Gault ; S, Sénonien ; N, Nummulitique ; A, éboulis ; F1, F2, traces des failles.
Dessin de l'auteur, d'après nature.

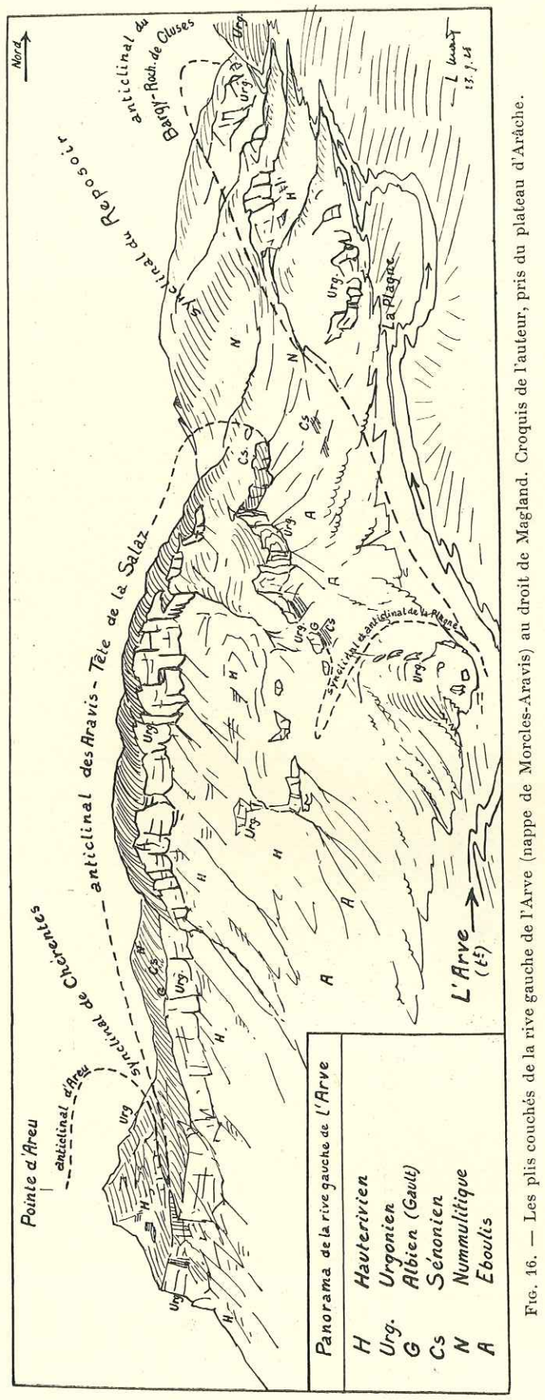


Fig. 16. — Les plis couchés de la rive gauche de l'Arve (nappe de Morcles-Aravis) au droit de Magland. Croquis de l'auteur, pris du plateau d'Arâche.

ce tronçon que s'individualisent vraiment les plis couchés de la nappe des Aravis (pl. IV).

Voyons successivement les plis dans le Crétacé (ce sont ceux de l'arête des Aravis, du Col à La Frasse), puis ceux qui se manifestent dans le Jurassique et qui se voient sur le versant de l'Arve.

Cette région a été étudiée successivement par Haug [**18**] et par Ritter [**25**], dont nous adoptons les conclusions générales sur la succession et l'agencement des plis.

A partir du Col des Aravis (pl. IV, fig. 6, 7), tout le versant occidental de la chaîne se présente comme le bord oriental du synclinal de Thônes. Toutes les couches du Crétacé pendent uniformément, sans aucune complication, vers le NW et ce sont les calcaires urgoniformes de l'Hauterivien qui forment ici la ligne de crête, depuis la porte des Aravis jusqu'à la Pointe Percée. En effet, cette pointe (pl. IV, fig. 5) est formée d'Urgonien en couches très redressées, et même incurvées vers l'W. Nous voyons là la première indication d'un synclinal qui se manifeste plus au N, à la Pointe d'Areu, où il sera même accompagné d'un anticlinal couché superposé (pl. IV, fig. 3). C'est E. Haug qui a magistralement élucidé la structure de ce massif, clef de la tectonique de la région (*loc. cit.*) en montrant qu'il fallait y voir une charnière anticlinale à noyau de Néocomien, couchée vers l'W sur un synclinal. Cette Pointe d'Areu est donc l'an-

ticlinal le plus élevé de la chaîne, et c'est le seul point où il soit conservé sur la rive gauche de l'Arve, car, au N comme au S, la pyramide est tronquée par l'érosion et montre son socle synclinal. Si vers le S ce synclinal disparaît en l'air, mangé par l'érosion (ici oblique aux axes des plis), au N, par contre, il va donner le synclinal des Chalets de Chérente, sous lequel nous allons voir apparaître un nouvel anticlinal urgonien à noyau de Néocomien, couché sur le synclinal du Reposoir : c'est l'anticlinal de la Tête de Salaz, pli dont la chaîne des Aravis, au S de la Pointe Percée, constitue le flanc normal (pl. IV, fig. 2 et fig. 17).

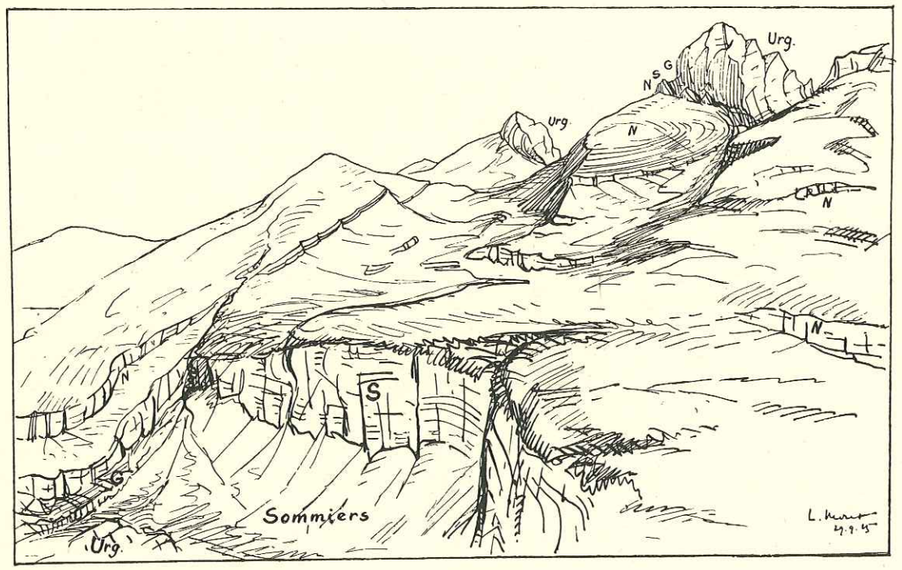


Fig. 17. — Le front de la nappe des Aravis au droit de la Pointe d'Areu. La charnière anticlinale d'Areu, formée d'Urgonien (Urg.) et de Crétacé supérieur (G, S), est couchée sur un synclinal de Nummulitique (N) (synclinal de Chérente), tandis que plus bas, la boutonnière de Sommier fait apparaître l'Urgonien d'un anticlinal inférieur (anticlinal de Salaz). Comparer à la coupe fig. 4 de la pl. IV.
Croquis de l'auteur pris de l'amont de Sommier.

Au N, le synclinal du Reposoir, devenu très étroit par suite du cheminement vers le N de l'anticlinal de la Salaz, s'abaisse rapidement vers l'Arve.

Mais là, un nouveau pli couché d'Urgonien se montre, au SE de la Plagne, véritable verrou qui fait décrire une boucle au torrent. Ce pli est séparé du pli de Salaz par un synclinal (Gault, Sénonien, Nummulitique), dont le fond urgonien, coupé obliquement par l'érosion, se prolonge très loin vers le S, dans le talus néocomien de la rive gauche de l'Arve, jusqu'aux Perrets.

L'anticlinal de la Plagne est poussé sur le Nummulitique du synclinal du Reposoir-La Frasse dont il constitue une digitation du fond.

Trouvons-nous plus au S des manifestations de cet anticlinal ?

J'interprète comme telle le petit affleurement d'Urgonien qui apparaît près du

hameau des Confins (fig. 6 *a*, pl. IV) dans une situation assez singulière. Aux Confins même, il est directement recouvert par les schistes et grès de Taveyannaz, mais vers la Bottière cet Urgonien récupère sa couverture de Gault, de Sénonien et de Nummulitique dont la base est très laminée. C'est que, là encore, le Nummulitique a été décollé au moment de la progression des nappes préalpines, au niveau des schistes priaboniens.

L'anticlinal de la Salaz se retrouve dans la petite charnière sénonienne de Saint-Anselme, puis, dans la boutonnière d'Urgonien de Sommier (fig. 17).

Quant à l'anticlinal de la Clusaz, il constitue pour nous un pli plus externe, déjà représenté par l'affleurement de calcaire nummulitique qui se montre au milieu des schistes sur la rive gauche du torrent des Poches, mais qui se développe plus au S pour donner le bel anticlinal couché à noyau de Néocomien scié par le torrent du Nom, entre la Clusaz et Saint-Jean de Sixt. Là, ce pli s'est écarté définitivement du front des Aravis. La vallée du Fernuy est donc une vallée synclinale séparant l'anticlinal de la Salaz-Aravis de celui de la Plagne-les Confins. C'est cette interprétation qui a été adoptée dans notre série de coupes de la planche IV.

Retenons donc que deux anticlinaux (l'anticlinal d'Areu n'existant qu'à cette Pointe ne peut être suivi), celui des Aravis-Salaz et celui des Confins-la Plagne, se développent rapidement du S vers le N en se déversant progressivement vers le NW, jusqu'à donner de véritables plis couchés à long cheminement. Nous verrons que, dès la rive droite de l'Arve (pl. IV, fig. 1), cette structure en petites nappes de charriage est déjà nettement réalisée.

Les noyaux jurassiques de ces plis crétacés peuvent se retrouver sur le versant de la chaîne qui domine l'Arve (pl. IV, fig. 3-5). Ainsi, d'après Haug, contrôlé par Ritter [**25**, p. 215], la bande de Malm de la cascade de Doran montre une charnière synclinale garnie de Berrias et ouverte au N[1]; en montant dans le pâturage de Doran, au-dessus de ce repli synclinal, les calcaires du Malm dessinent une charnière anticlinale très nette à cœur de Callovo-Oxfordien[2]. Ces plis peuvent même s'observer de la vallée de l'Arve.

Mais au delà, vers le S, il n'existe qu'une bande simple de Malm, dès la Cascade des Fours, parce que l'on se trouve en avant des replis en question et que la surface d'érosion étant oblique aux plis, comme nous l'avons déjà dit, toute trace en a disparu (pl. IV, fig. 7).

Ces replis de Malm correspondent à l'anticlinal des Aravis-Salaz.

Ils trouvent, d'ailleurs, leurs correspondants, ainsi que l'a encore montré E. Haug [**18**, pl. IV, fig. 1-7], dans les replis des calcaires du Dogger de la Croix du Planay, de Croisse-Beaulet et de la Giettaz.

IV. — ALLURE TECTONIQUE GÉNÉRALE DU MASSIF DES BORNES ET RELATIONS AVEC LES RÉGIONS VOISINES

Le Massif des Bornes (= virgation du Genevois), compris entre la dépression transversale du Lac d'Annecy-Faverges et celle de l'Arve-Platé, est formé d'une succession de plis qui décrivent des arcs régulièrement emboîtés et dont la convexité est tournée vers l'extérieur. Tous ces plis sont déversés dans cette même direction et la bordure externe du système est, par place, nettement refoulée sur la zone mollassique. Deux dépressions transversales, celle du Fier et celle du Borne, séparent ce faisceau de plis en secteurs secondaires.

1. Correspondant, sur la rive droite de l'Arve au synclinal inférieur de la cascade d'Arpenaz; la bande de Malm de la Cascade de Doran étant la même que celle du pli inférieur d'Arpenaz.

2. Correspondant à l'anticlinal inférieur d'Arpenaz.

Ed. Paréjas et H. Lagotala admettent [**78**], à la suite de H. Schardt, que l'allure tectonique de cette région est en corrélation avec celle des chaînons jurassiens du Salève et des plis méridionaux du Jura (Crêt d'Eau, Reculet) et que les culminations importantes de ces chaînes se trouvent sur une même trajectoire, Tous ces faits sont dus à la grande avancée de la nappe de Morcles-Aravis, facilitée par l'ensellement qui existe entre la chaîne du Mont-Blanc-Aiguilles Rouges et celle de Belledonne. La flèche de cette avancée maximale de la nappe coïncide d'ailleurs avec la trajectoire dont nous venons de parler.

a) Relation du massif des Bornes avec les Bauges. — Tous les plis du Massif des Bornes pénètrent dans les Bauges[1] (pl. III). Ainsi notre anticlinal II se prolonge par l'anticlinal couché du Roc-des-Bœufs à flanc inverse laminé et qui borde à l'W le synclinal de la Montagne d'Entrevernes, prolongement de notre synclinal 1.

L'anticlinal III devient l'anticlinal érodé du Col de Bornette.

Le synclinal 2 correspond au synclinal perché du Charbon.

L'anticlinal IV, dont la charnière tithonique est bien visible à Talloires, se prolonge par l'anticlinal de Giez et de Saint-Pierre-d'Albigny.

Tous les éléments suivants (synclinaux 3, 4, 5, 6, anticlinaux V, VI, VII) viennent s'atténuer vers le S où ils n'ont pas leurs équivalents dans le Crétacé, mais les nombreux replis du Jurassique de la zone Angon, Vertier, Giez-Faverges, Col de Chérel, soulignent en profondeur leur passage.

Le synclinal 7 s'écrase vers le S et se prolonge, d'après M. Lugeon, après l'interruption de la vallée de Faverges, par la Montagne de la Motte et le vallon de Saint-Rulph, puis le grand synclinal de l'Arcalod-Arclusaz. Les plis VIII-IX de la Tournette s'abaissent, s'amincissent et disparaissent aussi en arrivant dans la vallée de Faverges. Lugeon propose d'en voir la continuation au S, dans la colline du Château de Faverges et le massif de la Sambuy où ils se relèvent brusquement, puis finalement dans les replis jurassiques de la Roche-Torse et du Mont-Orchais.

Enfin, nous avons déjà vu que le synclinal de Thônes (ici synclinal de Saint-Ferréol) se prolongeait largement vers le S jusqu'au Col de Tamié, région où l'érosion, oblique aux axes des plis, le fait participer, par ses parties profondes, au bord subalpin.

b) Relation du Massif des Bornes avec le Massif de Sixt (= Massifs de Platé et du Haut-Giffre). — Le massif de Platé, compris entre Arve et Giffre, correspond à une inflexion axiale de tous les plis du Massif des Bornes, inflexion marquée par une énorme accumulation de sédiments tertiaires (pl. III).

Tous les plis de notre faisceau externe disparaissent successivement vers le NE, en coulisse, sous les alluvions de la vallée de l'Arve et ne reparaissent pas dans le socle occidental du Plateau de Châtillon, avancée N du massif de Platé.

1. Le grand anticlinal Revard-Semnoz (ant. I), qui limite à l'W le système des Bauges, s'arrête à Annecy et ne pénètre pas dans le Massif des Bornes proprement dit, mais il peut se suivre dans la zone mollassique.

Seul le pli VIII-IX s'enfonce au S de Châtillon, dans le socle de Platé pour donner l'anticinal déversé du Rocher de Cluses, dont une petite faille tronçonne l'extrémité, et qui, d'ailleurs, ne tarde pas à s'enfouir sous le Nummulitique et sous le Flysch exotique.

Tous les plis plus internes vont se retrouver sur la rive droite de l'Arve (pl. IV, fig. 1), où ils sont devenus classiques depuis les travaux de Ritter, puis de L. W. Collet [**47**]. Ainsi, le synclinal du Reposoir (syncl. 8 *b*) devient, après l'Arve, le synclinal de Balancy.

L'anticlinal de la Plagne voit son homologue dans la barre urgonienne dans laquelle sont creusées les grottes de Balme et qu'une route neuve permet maintenant de bien étudier.

L'anticlinal des Aravis-Tête de la Salaz est représenté sur la rive droite de l'Arve par l'anticlinal pli-faille à noyau néocomien de Magland, qui chevauche l'anticlinal précédent ou anticlinal de Balme.

Le synclinal des Chalets de Chérente et l'anticlinal superposé de la Pointe d'Areu se retrouvent dans le pli-faille de la Colonnaz, qui chevauche le synclinal du même nom.

Il n'est pas jusqu'aux plis dans le Jurassique qui ne puissent, avec Ritter, être homologués. Ainsi, le synclinal de Malm à noyau de Berrias de la Cascade de Doran (altitude 1.000 m.) a son symétrique sur la rive droite de l'Arve dans le synclinal inférieur de la Cascade d'Arpenaz (altitude 550 m.). On peut mesurer, étant données les différences d'altitude de ces éléments de plis, l'amplitude de la descente axiale. L'anticlinal de la Cascade des Fours à cœur callovo-oxfordien, qui fait suite, vers le haut, au synclinal précédent, correspond à l'anticlinal inférieur d'Arpenaz.

Quant aux replis dans le Dogger, déjà notés par Hollande, Haug, Ritter, à la Croix du Planay, à Croisse-Beaulet et à l'amont de la Giettaz, ce sont les équivalents des replis de Dogger qui se montrent le long de la rive droite de l'Arve, entre Sallanches et Oex.

De l'autre côté de Platé, dans la vallée du Giffre, les raccords des plis crétacés sont les suivants :

L'anticlinal couché décrit par É. Haug à Samoëns sous le nom d'anticlinal du Clévieux (du nom du torrent qui l'entaille longitudinalement au-dessus de Samoëns) correspond au pli-faille de Magland. Cet anticlinal chevauche un synclinal couché qui devient ainsi l'équivalent du synclinal du Reposoir. Ce synclinal, au fond très replissé, ainsi que nous l'avons vu, donne successivement naissance, vers l'extérieur, à une suite d'anticlinaux (Foilly, Tuet, Bostan) [1] qui, réunis aux précédents, viennent finalement, et en se renversant de plus en plus vers l'W, se tordre dans le grand repli couché digité de la Dent Blanche, puis de la Dent du Midi, réplique sur la rive gauche du Rhône, de la Dent de Morcles, la plus basse des nappes helvétiques.

Ainsi se trouve établi, par continuité, l'existence de la nappe de Morcles-Aravis de M. Lugeon [2] [**54** *bis*].

1. La région du Haut-Giffre a été étudiée successivement par Ritter [**28**], Ch. Jacob [**39**], L. W. Collet [**47**].
2. Rappelons que le refoulement des plis qui constituent cette entité structurale s'atténue progressivement vers le S, jusqu'au Col de Tamié, terminaison du grand synclinal de Thônes, où les plis disparaissent.

En ce qui concerne les noyaux jurassiques des plis crétacés du Massif du Haut-Giffre, bornons-nous à dire que les replis de Malm de Doran, de la Cascade d'Arpenaz, des faucilles du Chantet (au S de Sixt) et du Grenairon appartiennent à un même élément tectonique.

c) Relation du Massif des Bornes avec la région de Saint-Gervais et du Mont-Joly. — Nous sommes là dans un élargissement du sillon subalpin, qui fait apparaître les noyaux liasico-triasiques des boucles crétacées et jurassiques de la nappe de Morcles-Aravis, et c'est tout le problème des racines de cette nappe qui va s'y poser (pl. III et VI).

Les relations entre les plis crétacico-jurassiques et leurs noyaux-racines de Lias et de Trias, sont encore très controversées.

Marcel Bertrand et E. Ritter [**23**] ont, dès 1896, expliqué la structure du Joly et des montagnes avoisinantes par un empilement de 5 plis couchés, dont les racines se montrent tout près de là, aux abords du lac de la Girotte, au Col du Joly et dans le massif des Enclaves.

Par la suite, en 1897, Ritter consacra un grand travail à la bordure SW du Mont-Blanc, travail dont nous avons déjà parlé plus haut et dans lequel il publie une succession de coupes où se trouvent établis les rapports entre les plis crétacés et jurassiques de la rive droite de l'Arve et ceux de la rive gauche (Aravis), ainsi qu'avec la région liasique et triasique de Mégève et du Mont-Joly. Toutefois, il semble que Ritter ait un peu trop multiplié le nombre des plis dans cette dernière zone, entraîné d'ailleurs par l'idée juste que les plis de la profondeur sont toujours plus nombreux que ceux de la surface.

Plus récemment, en 1922 et en 1925, l'étude de cette zone et celle de Chamonix a été reprise par Paréjas [**71** et **89**]. Ce géologue réduit le nombre des plis de Ritter et montre qu'en réalité le Mont-Joly est simplement formé par un grand anticlinal couché, digité. Mais il s'attache surtout à l'étude des lames de Carbonifère et de Trias découvertes et décrites par M. Bertrand et E. Ritter, à la base des masses liasiques, et dont il montre la grande extension (ravin du Tarchet, Vallon des Bains de Saint-Gervais... etc.). La lame de Carbonifère avec anthracite décrite tout d'abord comme triasique est attribuée au Carbonifère par Paréjas et, comme cette lame est presque partout traînée sur le Trias autochtone des Aiguilles Rouges-Prarion, Paréjas en déduit qu'elle marque la base de la nappe de Morcles-Aravis qui prend ainsi une ampleur insoupçonnée. Pour ce géologue, c'est précisément cette nappe qui, au cours de sa progression, aurait arraché au bord résistant du socle Prarion-Aiguilles Rouges une lame de Carbonifère et l'aurait traînée très loin vers le NW. La nappe de Morcles-Aravis vient s'enraciner à l'arrière de Mont-Joly, dans les digitations de la zone synclinale complexe de Chamonix-Col de Voza.

En 1926, à la suite d'une excursion commune avec M. Lugeon, N. Oulianoff, L.-W. Collet et E. Gagnebin, Paréjas revient sur son opinion et abandonne l'idée de la lame dite carbonifère, dont il compare les faciès à anthracite au Trias schisteux psammitique et charbonneux, décrit par M. Lugeon au sommet du Trias de la Dent de Morcles (couche à *Equisetites* de l'Aar) [**105**].

La série des terrains de la boutonnière de Mégève et du Mont-Joly serait donc normale depuis le socle cristallin jusqu'au sommet, et il n'y aurait pas de charriage, dans cette zone du moins, à la base des Aravis. Toutefois, nous nous permettrons d'attirer l'attention sur ce que cette conclusion présente de paradoxal :

1° Tous les géologues qui ont étudié ces dernières années le massif de Sixt sont d'accord pour considérer que le bord E de ce massif (bord subalpin) montre des traces indiscutables de charriage. Le Lias de cette nappe est charrié sur l'autochtone des massifs hercyniens. Deux minuscules fenêtres, mises en évidence par L.-W. Collet et ses collaborateurs au cirque de Fonts et au Fer à Cheval de Sixt [**120**, **122**], montrent la même structure en plein massif.

2° Les travaux récents de P. Lory dans le massif de Belledonne ont mis en évidence des structures analogues. Le contact des massifs cristallins et de leur couverture n'est pas normal, cette dernière, toujours décollée à la base, est traînée sur des lambeaux de Trias-Lias restés localement incrustés sur le Cristallin.

Dès lors, il paraît bien difficile d'admettre que dans la région de Saint-Gervais-Mégève, comprise entre ces deux régions, la couverture liasico-triasique soit en repos normal sur son substratum ancien. Cela d'autant plus que l'on se trouve ici au niveau d'un ensellement de ce substratum et que les masses marneuses de Lias ont eu toute facilité pour glisser largement vers l'extérieur au moment de la poussée alpine. Et nous rejoignons ici ce que nous avons dit plus haut (p. 111).

J'ajoute que je ne suis nullement convaincu que tous les affleurements de schistes noirs charbonneux qui se montrent au milieu des gypses dans la région en question soient à rapporter au Trias à Equisetites. Ces faciès triasiques, que je connais en Maurienne, n'offrent pas une analogie absolue avec les schistes de Saint-Gervais.

Au demeurant, j'ai eu la bonne fortune de pouvoir découvrir, dans la lame de schistes noirs à anthracite du Vallon des Bains à Saint-Gervais, une belle empreinte de *Callipteridium* déterminée simultanément par M. Jongmans et M. Paul Bertrand [**136**]. Je suis persuadé que d'autres recherches finiraient par y faire découvrir tous les éléments d'une flore carbonifère.

En résumé, je suis donc obligé d'admettre que, là encore, la couverture sédimentaire des massifs hercyniens, noyau replissé de notre nappe de Morcles-Aravis, a été traînée sur son socle et que, au cours du paroxysme orogénique alpin, elle a pu se décoller localement au niveau des gypses du Trias, raboter ce socle et lui arracher, au droit du Prarion, quelques copeaux des terrains houillers qui constituent en grande partie ce massif.

CHAPITRE II

LES KLIPPES PRÉALPINES

Ce sont les deux montagnes des Annes et de Sulens, massifs aux formes molles, presque entièrement recouverts de pâturages, qui occupent et barrent les extrémités N et S du synclinal de Thônes.

Ces massifs, en grande partie formés de Lias et de Trias, reposent de toute part sur le Nummulitique du synclinal ; ils évoquent immédiatement les montagnes du Chablais et du Faucigny, Môle, Pointe d'Orchex, etc., par leur allure en pyramides herbeuses. De fait, ils en possèdent les traits stratigraphiques et structuraux, car leurs terrains sont si différents de ceux des régions environnantes qu'ils ont, de longue date, forcé l'attention des naturalistes qui ont visité ce pays.

I. — HISTORIQUE

Les premières observations stratigraphiques précises sur ces massifs sont dues à A. Favre et à l'Abbé Vallet.

Le premier de ces auteurs, au cours de ses recherches de 1867, ne manque pas de noter les difficultés spéciales que présente la structure de la région, où l'on voit du Trias et du Lias au contact du Tertiaire du synclinal.

Pour A. Favre, à Sulens [**3**, t. II, p. 209, paragr. 34], il n'y a « plus de doute : les couches crétacées qui plongent au SE dans la Tournette et qui se relèvent également au SE dans la chaîne du Mont Charvin ont été disloquées de manière à laisser des roches triasiques et liasiques dans le milieu du fond de bateau, là où on pouvait s'attendre à trouver des couches plus récentes ».

Il note aussi [id., p. 216], que « la disposition et la nature des couches des Almes sont donc semblables à celles de la montagne de Sulens », et que, partout, les couches anciennes semblent, elles aussi, former un fond de bateau et reposer sur le calcaire nummulitique du Vergy (Bargy) ou de la Pointe Percée. Mais, pour lui, « il est évident que cette structure n'existe pas d'une façon régulière et qu'on doit admettre la présence de grandes failles autour de la montagne des Almes ».

D. Hollande, dans une étude stratigraphique sur ces massifs [**10**], qui date de 1889, ajoute quelques détails nouveaux aux descriptions de Favre et voit dans ces singulières montagnes des sortes de *horst* surélevés grâce à des failles de tassement. Il compare même cette structure à celles qu'il a étudiées dans les Bauges, où il est de règle, dit-il, « d'avoir des vallées hautes aux plis synclinaux et des vallées basses aux plis anticlinaux ». Pour lui, l'absence de Néocomien sur les sommets, la présence du Sénonien qu'il décrit comme transgressif au Col de Sulens, et celle des conglomérats nummulitiques à énormes blocs de Crétacé et de Jurassique, sont autant de preuves que ces massifs devaient former des îlots dans les mers du Crétacé inférieur et du Tertiaire.

Mais, déjà la même année (1889), G. Maillard expose des vues infiniment plus proches de la vérité que celles de ses devanciers [**11**], relativement au Massif des Annes, dont il a repris l'étude en vue de l'établissement de la feuille d'Annecy au 80.000e. Il y dans ce massif, dit-il, « les vestiges indubitables d'un système de plissements antérieurs à la génèse de la disposition générale des chaînes alpines : sa structure contraste vivement avec la tectonique des chaînes crétacées ; il semblerait que la direction générale des accidents est différente de celle que nous observons maintenant dans les montagnes avoisinantes. »

S'inspirant des travaux célèbres de Marcel Bertrand sur l' « îlot » triasique du

Beausset (1887), G. Maillard est conduit à proposer pour les Annes une explication analogue : l'origine de ce singulier lambeau serait à rechercher dans un pli couché issu de la boutonnière de Mégève avec renversement de la chaîne des Aravis, dont il constituerait le noyau triasico-liasique.

Dans les profils qu'il a publiés [**11**, pl. V, fig. 1, 2, 3], Maillard a présenté son interprétation nouvelle, mais aussi celle du « horst », et sans choisir encore, voulant, ajoute-t-il, « poser la question sur le terrain des faits et appeler sur cet intéressant sujet une discussion purement objective et impartiale ».

On sait que, peu après, en 1891, Hans Schardt, adoptant l'hypothèse de Marcel Bertrand, considère les masses de Sulens et des Annes comme les restes d'un immense pli venu du S et ayant chevauché la région.

Mais l'idée sera longue à s'implanter. En effet, en 1892, Steinmann et Quéreau admettent bien le principe du chevauchement, mais ils le font venir du N. Et en 1895, E. Haug [**18**] propose à son tour d'expliquer la Klippe de Sulens d'une façon différente. Après avoir noté l'existence d'une auréole continue d'écailles de Malm autour de Sulens, cet auteur estime que « les dislocations si particulières que présente le synclinal de Serraval peuvent donc s'expliquer, sans trop de difficulté, en admettant l'existence, au début du plissement post-nummulitique, d'un éventail composé, analogue à celui de la zone houillère du Briançonnais ; grâce à la compression latérale que continuait à subir l'ensemble de l'éventail, une partie des plis constituant cet éventail composé s'est transformée en plis-failles... ».

C'est donc de poussées périphériques que finalement est résulté, pour Haug, la surrection du noyau liasique de Sulens « qui se serait comporté comme un lambeau passif et qui ne devrait donc être considéré ni comme un horst, ni comme un lambeau de recouvrement ». C'est en somme l'extension, à nos massifs, de la théorie proposée en 1894 par Haug lui-même pour expliquer les Préalpes romandes, et l'auteur remarque, fort justement d'ailleurs, que les terrains ont, de part et d'autre, des faciès analogues.

Peu après, la même année, M. Lugeon est amené par ses études sur le Chablais [**21**], à discuter de l'origine des Klippes suisses et savoyardes : pour lui, plus de doute, ce sont des lambeaux de recouvrement.

Une révision détaillée de ces massifs s'imposait, et, dès 1896, E. Haug et M. Lugeon, dans une note préliminaire commune sur Sulens, introduisent définitivement la notion du charriage de Sulens et des Annes [**19**, **26**, **26** *bis*]. Pour eux, Sulens est un paquet d'écailles empilées, disposées en deux auréoles (externe et interne), supportant la masse triasico-liasique de Sulens proprement dite. L'auréole inférieure (ou externe) se serait même enfoncée dans le Flysch autochtone du synclinal de Saint-Ferréol et ils en voient la preuve dans les brèches de dislocation que l'on constate souvent entre les terrains mésozoïques et le Flysch. Il n'existe donc pas de dislocation anté-nummulitique, le Flysch n'est pas transgressif, et ainsi tombe le principal argument contre l'hypothèse de l'origine exotique du soubassement mésozoïque de Sulens. Toutefois, ces auteurs admettent encore que quelques plis sont localement déversés vers l'intérieur des Alpes. Quant aux racines des 3 nappes superposées, elles seraient les suivantes : la région de Beaufort pour la nappe inférieure (auréole externe), une région un peu plus interne, où on voit des brèches nummulitiques analogues à celle du Bouchet, pour la nappe moyenne (auréole interne) ; quant à l'origine de la nappe supérieure, elle est liée à celle des Préalpes médianes où les terrains ont le même faciès (nappes issues du S ou du N). Ces idées sont exprimées par la feuille Albertville dont les contours, pour Sulens, sont dus à E. Haug [**24**].

En 1902, les mêmes géologues donnent, à propos de la révision de la feuille Annecy, une esquisse structurale [**32** *bis*] de la région des Annes, où il est distingué une masse supérieure triasique et liasique, et une série d'écailles, à la base, avec Malm, Crétacé supérieur, Flysch.

La même année, Ch. Sarasin [**36**] s'attaque au problème des Annes, et pense que cette montagne est enracinée, opinion qui est immédiatement combattue par M. Lugeon [**37**]. Le même [**38**], en 1903, revient sur le sujet à la suite des observations de Lugeon et conclut après une étude minutieuse de la région que « la tectonique si compliquée de la Klippe des Annes peut être le résultat du replissement, aussi bien d'une nappe de charriage que d'un pli préexistant », et il se voit, comme Maillard, « dans l'impossibilité de déterminer d'une façon certaine l'origine de la Klippe des Annes », qu'il considère néanmoins comme liée à celle des Préalpes en général.

La question en était là lorsque j'entrepris mes recherches ; les résultats principaux ont été consignés en une suite de notes parues dès 1924 [**90**, **114**, **131**, **146**]. Disons dès maintenant, qu'il ne fait plus de doute pour personne que ces lambeaux ne soient les restes de nappes puissantes venues de l'intérieur des Alpes.

Je décrirai successivement le massif de Sulens, puis celui des Annes et je terminerai par quelques considérations théoriques sur la tectonique de ces massifs envisagée dans ses rapports avec celle de la région-substratum et sur leur origine probable.

II. — LE MASSIF DE SULENS

Ce massif garnit, dans sa presque totalité, le synclinal de Saint-Ferréol (v. fig. 1 et 7 et planche V).

On peut y distinguer, ainsi que l'ont montré E. Haug et M. Lugeon, trois nappes empilées que nous décrirons successivement sous le nom de nappe supérieure (montagne de Sulens pp^t d.), nappe moyenne (auréole interne de Haug et Lugeon), nappe inférieure (auréole externe des mêmes auteurs).

1° Description physique du groupe exotique de Sulens.

Je désigne sous ce terme, et parfois par le simple nom de Sulens, l'ensemble des montagnes situées entre la vallée de la Faverges au S et la vallée de Manigod au N et limité à l'E par le haut cours du Fier, à l'W par le cours de la Chaise (torrent qui empiète légèrement sur les terrains exotiques).

L'ensemble a grossièrement l'allure d'une ellipse allongée dans la direction N-S. Ainsi qu'on le voit, ce groupe comporte non seulement la Montagne de Sulens proprement dite, située excentriquement, au N, face à Manigod, mais toute la ligne de

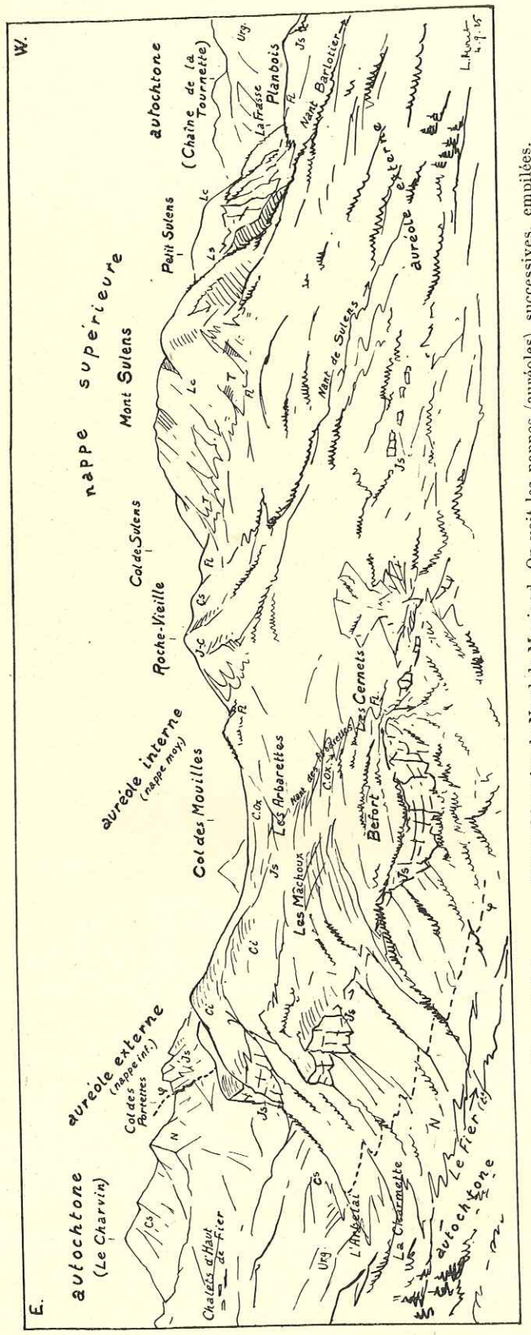


Fig. 18. — La klippe de Sulens, vue d'ensemble prise du Nord de Manigod. On voit les nappes (auréoles) successives, empilées.
Cox, Callovo-Oxfordien; Js, Malm; Ci, Néocomien; Urg., Urgonien; Cs, Crétacé supérieur; N, Nummulitique autochtone; Fl, Flysch des nappes; ♀, plan de charriage de la base des nappes.
Dessin de l'auteur, d'après nature.

collines et d'arêtes qui l'entourent de toute part et qui constituent les *auréoles* dont il vient d'être question.

La *Montagne de Sulens* (1.849 m.) est surtout formée par les calcaires et les schistes tendres du Lias; vue des hauteurs du Charvin, elle se présente comme une longue croupe arrondie, couverte de pâturages et entourée d'éboulis; vers le N, elle se dilate et, vue de Manigod, cette partie se montre ébréchée par un torrent, le Nant Barlotier, qui met à vif le Lias, en formant deux lobes dont le plus élevé, à l'W, porte parfois le nom de Petit Sulens.

Vers l'W, l'E et le S, les pentes de la Montagne se raccordent insensiblement avec les collines de l'*auréole interne*. Celle-ci, peu apparente sur les bords N et W du massif, s'individualise au contraire à l'E, pour former la Roche-Vieille (1.689 m.), petite butte de Sénonien et de conglomérats du Flysch, séparée du sommet de Sulens par le Plan du Tour (lequel communique avec la vallée du Bouchet par le Col de Sulens). Elle pousse un prolongement vers le S, où elle isole la petite col-

line du Bouchet (1.314 m.), éperon de Sénonien et de Flysch conglomératique à socle de calcaire jurassique s'avançant entre la vallée de Serraval et celle du Bouchet. Au NW, cette auréole interne est séparée de la montagne de Sulens par le Col de Planbois.

La suite de hauteurs qui limite, presque partout, le socle du groupe exotique de Sulens est ce que l'on peut encore appeler avec Haug et Lugeon l'*auréole externe*. Elle comporte surtout des calcaires tithoniques, des calcaires marno-schisteux du Crétacé inférieur et du Flysch, d'où l'allure en falaises successives que présentent ces collines, falaises recouvertes de pâturages au niveau du Néocomien.

Cette auréole est bien marquée au S, ce sont les collines entre Serraval et Saint-Ferréol : Le Sapey sur la rive gauche du torrent de Serraval, Nambellet sur la rive gauche de la Chaise, collines du Replens et de la Côte de Marlens (966 m.), sommet coté 1.015 et arête qui lui fait suite vers le NE et qui est séparée de l'arête urgonienne montant au Charvin par une combe qui, au Col de Fer, passe sur le versant du Bouchet. Ajoutons que vers le S, au delà de la dépression de Faverges, le petit rocher de Cons-Sainte-Colombe doit être rattaché à l'auréole externe.

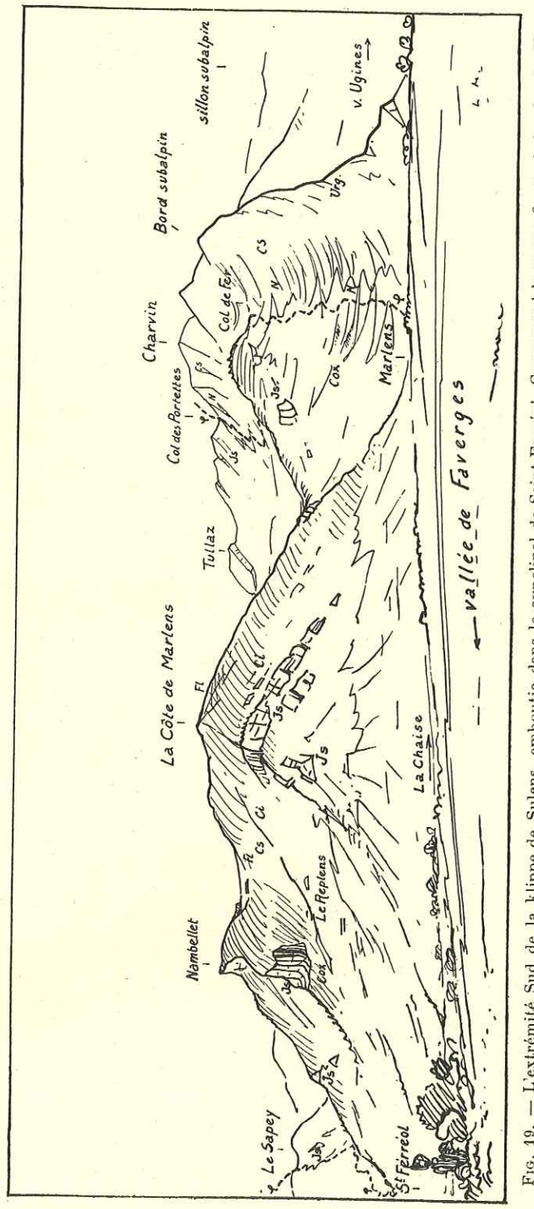


Fig. 19. — L'extrémité Sud de la klippe de Sulens, emboutie dans le synclinal de Saint-Ferréol. Comparer à la coupe fig. 7, de la planche V.
Croquis d'après nature pris par l'A. aux abords de Faverges.
Pour l'explication des lettres, voir fig. précédente.

Au delà du Col de Fer, cette auréole externe se perd, mais elle reprend son individualité sur le versant occidental du Charvin, dès les chalets des Hauts de Marlens, et elle va former, à partir de là,

une série d'écailles de Malm, limitée à l'E par le Col des Portettes ou de Polliet et la haute vallée du Fier.

La plus curieuse de ces écailles est celle cotée 2.027 m. sur la carte d'É.-M., et qui, dans le pays, porte le nom significatif de la Tullaz, posée qu'elle est comme une véritable table sur les pâturages. A partir de là (Col du Freu)[1], nos écailles calcaires se revêtent de Néocomien et de prairies et donnent lieu à une suite de sommets verts (La Riandaz, sommet 1.758, Les Mâchoux, Befort) dont la base est formée par le Malm; c'est ce Malm qui est entamé en falaise par le Fier. Cette falaise continue s'incurve au N, à partir de la Gutarry, pour venir se perdre, au droit de Manigod, dans les pâturages du Plan des Berthaz.

Vers l'W, l'auréole externe passe au-dessous du Col de Planbois, où elle est jalonnée par des rochers de Malm qui émergent de la végétation, puis elle atteint la vallée de Serraval-Les Clefs à la Perrière, Le Marais, La Bottière, et elle vient finalement rejoindre les collines du Sapey de l'autre côté de la vallée de Serraval.

La dépression qui entoure au S la colline du Bouchet et qui passe par Serraval, Le Villard, Le Travais, Le Bouchet, La Savattaz (auréole interne), est due à la présence de terrains marno-schisteux (Callovo-Oxfordien, Crétacé ou Flysch), superposés aux calcaires tithoniques de l'auréole externe. Il en est de même du sillon qui sépare nos deux auréoles vers l'E et qui prolonge la vallée du Bouchet-La Savattaz, passe au Col des Mouilles pour aboutir finalement aux Cernets.

Du point de vue hydrographique, le torrent du Fier, qui prend sa source sur les flancs du Charvin dans un petit lac, draîne tout le versant N du massif. Ses affluents principaux sont le Nant des Arbarettes, le Nant de Sulens, le Nant Barlotier et le ruisseau des Fontaines qui récolte les eaux du versant W du Massif,

Tout le versant S de Sulens déverse ses eaux dans le torrent de la Chaise qui débute au S du Col des Mouilles, passe à Serraval, Saint-Ferréol, et, après le coude de Marlens, atteint l'Arly près d'Ugine.

2° Nappe supérieure (Montagne de Sulens).

On peut la définir, tectoniquement, comme une charnière synclinale ouverte en haut et à l'W, dont le noyau est formé de Lias schisteux et les flancs de Lias calcaire et de Trias.

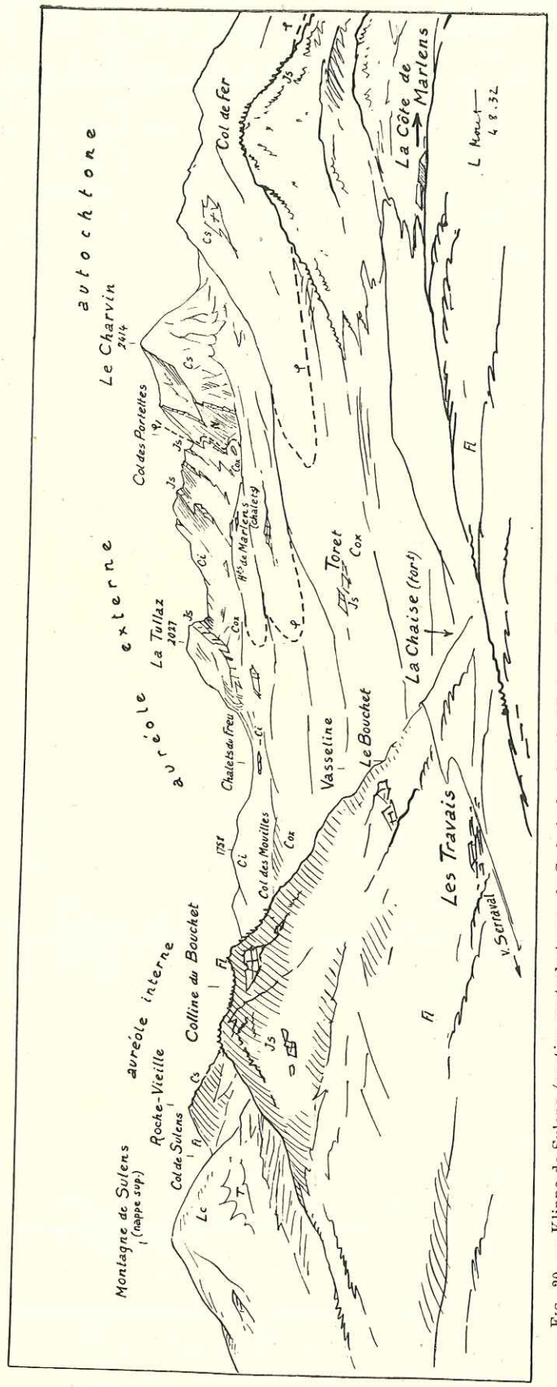
L'arête principale de Sulens est formée par le Lias calcaire (Lias inf. et moyen) en bancs à peu près verticaux ou à plongement W, de même que l'arête occidentale. Quant à la dépression creusée entre ces deux arêtes, elle est due à la présence des schistes du Lias supérieur (Aalénien et probablement Toarcien).

Le Trias (cargneules jaunes, marnes schistoïdes rouges) forme un liseré continu, çà et là masqué par les éboulis, tout le long du bord oriental. Au S, il est caché, mais au point marqué « gipse » sur la carte d'É.-M., des gypses affleurent qui ont été autrefois exploités. Puis, après une nouvelle disparition, le Trias réapparaît au-dessus de Fontany et se prolonge jusqu'à Planbois. Il n'affleure pas sur le versant N de Sulens.

Revenons sur nos pas. A partir de la profonde coupure du torrent de la Perrière, le Trias, qui est là très développé, se montre recouvert par le Lias de l'arête du Petit Sulens, mais il recouvre le Lias qui affleure si largement au-dessus de la Frasse. Au contact, tant en haut qu'en bas, on peut noter l'existence du Rhétien fossilifère. Ce point correspond donc à un noyau anticlinal, inférieur à la charnière synclinale de Sulens, et qui se montre refoulé et laminé sur les terrains de la nappe moyenne.

Ainsi, en montant directement de la Frasse vers Sulens, on rencontre successivement en série renversée :

1. Flysch, de la nappe moyenne.
2. Lias schisteux.
3. Lias calcaire.
4. Rhétien (calcaires noirs criblés de *Toenodion*, schistes noirs et lumachelles).


autochtone
Le Charvin
2414
Col des Portettes
Col de Fer
La Côte de Marlens
L. Marlens
4 8.32
Fl
Cs
Ci
Js
Cox
Toret
La Chaise (torr.)
Vasseline
Le Bouchet
Les Travais
V. Serraval
Fl
Chalets du Freu
Col des Mouilles
1751
Ci
Cox
Colline du Bouchet
Fl
Js
Cs
Roche-Vieille
Col de Sulens
Fl
Lc
T
Montagne de Sulens
(nappe sup.)
aureole interne
aureole externe
La Tullaz
2027
Cs
Ci
Cox
Js
Fl
Ci
Cs
Cox
Js
Fl
Cs
Ci
Cs
Ci
Cs
Ci

5. Trias (marnes rouges et vertes, cargneules très épaisses, puis de nouveau, au-dessus, marnes rouges et cargneules).

Au-dessus, on retrouve le Rhétien (près des Chalets), puis le Lias, en suite normale cette fois, comportant des schistes noirs et des calcaires durs dans lesquels j'ai recueilli des Bélemnites et une Ariétite.

Le Lias est là très redressé et forme le petit piton qui domine les deux chalets de Sulens.

Mais, si l'on continue de monter, on constate, en arrivant près des chalets les plus élevés de Sulens, que le Trias (cargneules et marnes rouges) affleure de nouveau, et en couches subhorizontales ou très faiblement inclinées vers l'E. Il forme en ce point un véritable chapeau reposant sur les couches, presque verticales, du Lias du centre du synclinal de Sulens.

Deux explications sont possibles de cette anomalie : ou ce Trias représente un lambeau du noyau anticlinal du pli marginal de Sulens, que nous venons de décrire à la Frasse, et qui aurait été ici renversé vers l'E ; ou il est dû à un pli marginal issu de la bordure E de Sulens. Cette dernière hypothèse s'accorderait peut-être mieux avec l'allure des auréoles interne et externe dont les couches, dans cette région, présentent un plongement anormal vers l'E. C'est cette solution que nous avons adoptée dans notre coupe, fig. 4, planche V.

3° Nappe moyenne (auréole interne de É. Haug et M. Lugeon).

Les terrains que l'on y rencontre sont le Dogger, le Callovo-Oxfordien (?) le Malm, le Sénonien, le Flysch éocène (Lutétien-Priabonien). Cette unité est bien représentée dans les collines du Bouchet et de Roche-Vieille.

a) Colline du Bouchet (fig. 20). — Elle est formée par un empilement de petites écailles qui sortent en coins de dessous le Trias de Sulens et qui reposent de toute part (sauf au N) sur les terrains de la nappe inférieure. Ceux-ci sont le Malm et le Flysch à l'W et au S, le Callovo-Oxfordien à l'E sur le versant de Vasseline et près de Toret [**146**].

La base de cette colline est formée vers le S par une falaise de Jurassique supérieur (calcaires gris fins, à silex) en forme de croissant, dont les deux pointes se trouvent respectivement à l'E de la Combaz, et à l'W du Bouchet. Ce Malm appartient à la nappe inférieure, mais pour achever dès maintenant la description de la Colline du Bouchet, disons que cette barre calcaire montre son noyau de Callovo-Oxfordien à peu près au N du Villard, ce qui détermine un petit ressaut dans la falaise. Cet affleurement, ainsi que celui qui existe plus au N, dans le bois du Bouchet, avaient déjà été vus par Hollande, mais ne sont point portés sur la Carte géologique (feuille Albertville).

Sur ce socle jurassique, et sans interposition de Crétacé, vient le Flysch de la nappe moyenne, surtout constitué par les fameux conglomérats polygéniques dits du Bouchet (Lutétien), passant vers le haut à des schistes priaboniens [**86**].

Telle est la constitution de cette colline du Bouchet dont la base a été rabotée au

cours des charriages, de sorte que c'est tantôt le Tithonique, tantôt le Callovo-Oxfordien, tantôt le Flysch qui reposent sur le Flysch de Serraval (nappe inférieure).

Un bel exemple de ce contact a pu être observé par H. Schoeller, qui a étudié récemment la colline du Bouchet (*loc. cit.*) dans le ravin qui descend des flancs du bois du Bouchet et aboutit au hameau de ce nom.

D'ailleurs, tous ces terrains ont plus ou moins joué les uns par rapport aux autres, et sont, le plus souvent, laminés, décollés, et même localement supprimés, fait sur lequel H. Schoeller [**130**] a insisté et que j'ai moi-même signalé ailleurs à plusieurs reprises.

Au-dessus du Flysch conglomératique qui constitue l'écaille inférieure du Bouchet, vient une nouvelle écaille représentée par des calcaires jaunâtres, sublithographiques, du Crétacé supérieur. Cette écaille, très broyée à sa base, forme le sommet 1.314 et elle s'enfonce à son tour sous le Flysch de la Bottière, qui se prolonge dans Roche-Vieille. Ce Flysch renferme çà et là des lentilles de conglomérats polygéniques et de Sénonien et même, à l'W de Pésières, des calcaires à zones siliceuses du Jurassico-Crétacé et que nous allons retrouver bien développés à Roche-Vieille.

Au NW de Vasseline, et en contrebas de ces lambeaux, le Flysch de la nappe inférieure doit décrire une sorte de rentrant, car on trouve là (en contrebas des chalets de Cheville) quelques affleurements de microbrèches calcaires à Orthophragmines très caractéristiques de ce Flysch.

b) Roche-Vieille. — C'est encore un jalon complexe, très important, de la nappe moyenne (fig. 18).

Il est également formé d'une suite d'écailles empilées, de direction à peu près N-S et dans lesquelles dominent le Sénonien et les conglomérats polygéniques du Flysch.

Si nous en faisons la coupe d'W en E, depuis le Col de Sulens, on notera la succession suivante, à partir du Trias de Sulens :

1. Conglomérats polygéniques.
2. Calcaires sublithographiques du Crétacé supérieur.
3. Une grosse écaille de conglomérats polygéniques à grandes Nummulites, débris d'Inocérames et *Aptychus* roulés. Les galets sont presque tous calcaires et perforés par des Mollusques lithophages.
4. Calcaires du Crétacé supérieur, formant le sommet 1.689 et présentant des bancs d'aspect gréseux, riches en Spicules de Spongiaires.
5. Calcaires à zones siliceuses du Jurassico-Crétacé.
6. Conglomérats polygéniques.
7. Calcaires du Crétacé supérieur.
8. Brèches nummulitiques et microbrèches à Orthophragmines.

Toutes ces couches plongent, *grosso modo*, sous Sulens. Toutefois, les calcaires à zones siliceuses plongent nettement vers l'E, et il semble que, dans cette zone, les écailles aient été retroussées par le passage de masses supérieures qui ne sauraient être que la nappe de Sulens proprement dite.

Au delà, les couches nummulitiques du n° 8 viennent se laminer sur le Callovo-Oxfordien du Col des Mouilles qui appartient au groupe d'écailles inférieur.

Un peu au N, entre ces brèches nummulitiques et les schistes jurassiques, vient s'intercaler à l'extrémité NE du piton 1.689, un complexe de couches gréso-micacées et schistoïdes noirâtres. Le contact de la nappe supérieure (Sulens) et de la nappe moyenne, qui est masqué par les éboulis dans le vallon de Planbois, peut s'observer au N du Col de Sulens, sur la rive gauche du Nant de Sulens. On voit que le Trias de Sulens repose nettement sur le Flysch, ici très gréseux et montrant des micro-brèches à silex et des grès bruns grinçants se délitant en énormes sphéroïdes ; ce Flysch est superposé aux calcaires compacts du Malm qui affleurent plus bas.

Nous avons vu que, au Col des Mouilles, le contact entre la nappe moyenne et la nappe inférieure se faisait entre Flysch et Callovo-Oxfordien.

Au N, les contacts, tant avec Sulens qu'avec la nappe inférieure, sont masqués par le Glaciaire ou les limons de ruissellement. Toutefois, près des Lanches, un lambeau de Sénonien semble bien marquer le passage de la nappe moyenne, tandis qu'en contrebas, un affleurement de Malm rognonneux possédant le faciès de la nappe inférieure montre que le contact n'est pas très loin.

Nous ne retrouverons d'affleurements pouvant être attribués à la nappe moyenne qu'à partir de Planbois où se montre du Flysch traîné sur des écailles de Malm et de Sénonien de la nappe inférieure. Au-dessous de la Frasse, ce Flysch est à l'état de grès roux et de grès micacés à traces végétales.

Enfin, après le Nant de la Perrière, près de Chez Gay, et un peu au-dessous du hameau, un affleurement de Jurassique supérieur à faciès siliceux et quelques lentilles de conglomérats nummulitiques et de Sénonien, au-dessus du Marais, sont les derniers témoins de la nappe moyenne[1]. A partir de là, et jusqu'à la Combe, tout est caché sous les terrains meubles et la végétation et il est à peu près impossible de suivre le contact de notre nappe moyenne avec la nappe inférieure.

4° Nappe inférieure (auréole externe de É. Haug et M. Lugeon).

Du point de vue stratigraphique, cette nappe est plus riche que les précédentes car, outre le Callovo-Oxfordien, le Tithonique, le Sénonien et le Flysch, elle comporte un Crétacé inférieur très épais et sous un faciès analogue à celui que ces terrains présentent dans la nappe des Préalpes internes et externes (nappe ultrahelvétique) des géologues suisses.

Cette nappe est aussi beaucoup plus étendue que la nappe superposée, c'est elle qui forme, à la base du groupe exotique, l'auréole externe de É. Haug et M. Lugeon, suite d'écailles que nous allons successivement étudier du S au N (fig. 18, 19, 20 et suiv.).

a) Lambeau de Cons. — C'est le morceau de Préalpes le plus méridional que l'on connaisse, car il apparaît au S de la vallée de Faverges, dans le prolongement du synclinal de Saint-Ferréol.

Il est en grande partie formé de Malm : calcaires gris en petits bancs à délits schisteux et calcaires à silex à rares Bélemnites et Ammonites indéterminables. L'ensemble plonge vers le NE et affecte la forme d'un petit dôme. Vers l'W, près de Cons, ce Malm repose sur les schistes gréseux du Tertiaire et il en est séparé par des calcaires jaunes sublithographiques à Rosalines, des schistes et calcaires gris, probablement néocomiens, le tout très écrasé et faisant encore partie de la Klippe.

1. Je n'ai pas pu retrouver dans cette région le Dogger à *Cancellophycus* signalé par E. Haug.

Les schistes nummulitiques de base qui paraissent prolonger ceux de Saint-Ferréol, sont, d'après la Carte géologique (feuille Albertville), transgressifs sur le Néocomien autochtone au S du lambeau de Cons.

Nous avons déjà fait remarquer, plus haut, qu'il n'en était rien et que le contact entre les deux terrains était un contact mécanique dû au décollement et au traînage du Nummulitique autochtone par les nappes en progression. En de nombreux points, ce contact est souligné par des lentilles de calcaires noirs urgoniformes à silex ; l'Urgonien franc ayant lui-même presque entièrement disparu par laminage. Ces faits sont donc symétriques de ceux que nous avons observés sur la bordure occidentale du synclinal de Saint-Ferréol, au-dessus de ce village. Il est d'ailleurs difficile de dire à quelle unité appartient le Nummulitique qui garnit le grand synclinal à l'W de la chaîne de la Dent de Cons, car ce sont surtout des schistes micacés et des grès qui se rencontrent aussi bien dans l'autochtone que dans les nappes ; seuls les schistes à Globigérines et les calcaires noirs de la base sont identiques au Priabonien local.

N'ayant pas trouvé dans cet ensemble les brèches calcaires à Orbitoïdés si caractéristiques de l'Ultrahelvétique, il est plus logique de le laisser jusqu'à nouvel ordre dans l'autochtone.

b) Écailles de Serraval, Saint-Ferréol, Marlens (fig. 19). — Elles forment, au S de Sulens et du croissant de la Colline du Bouchet, une suite d'écailles imbriquées, disposées elles aussi en une sorte de croissant qui s'étend depuis la Bottière à l'W jusqu'au Col de Fer à l'E. Chaque écaille comporte, en succession normale, des schistes callovo-oxfordiens, des calcaires du Malm, du Crétacé inférieur, et repose sur l'écaille suivante sans trace de flanc inverse.

Ce paquet d'écailles est compris entre deux coussinets de Flysch ultrahelvétique ; nous l'étudierons successivement, dans la coupe de la vallée de la Chaise, puis dans celle de la route de Nambellet.

α) *Coupe de la vallée de la Chaise.*

La route de Saint-Ferréol à Serraval traverse toutes les *écailles de la branche W du croissant* et permet de faire une coupe très instructive :

De Saint-Ferréol au hameau de la Côte, on se trouve dans le Nummulitique autochtone ; ce sont, de bas en haut, des calcaires à Nummulites et à Orthophragmines, des schistes à Globigérines, des schistes micacés ligniteux et des grès. Un peu à l'amont de ce hameau, à gauche de la route et dans le talus boisé, ce Nummulitique autochtone est brusquement tranché par une brèche tectonique formée de blocs de calcaires divers empruntés au substratum. Cette brèche marque le contact de l'autochtone et de la nappe inférieure de Sulens et s'enfonce, vers l'E, sous les divers termes de celle-ci et dont voici la succession :

1. Gros bancs de grès gris à petites ponctuations rouge brique.
2. Schistes marneux blanchâtres à grosses Globigérines, alternant avec de minces bancs gréseux à gros grains de quartz.
3. Banc identique à 1.
4. Calcaire brun foncé à *Lithothamnium*.
5. Schistes et calcaires noirs très durs, à spicules de Spongiaires (écaille de Crétacé inférieur).
6. Complexe de schistes blanchâtres avec petits bancs de microbrèches calcaires à *Lithothamnium*, Orthophragmines, Assilines, Nummulites, et de calcaires noirs identiques à 4.

   C'est dans ce dernier complexe, épais de plusieurs dizaines de mètres, que s'intercalent, près du premier pont, d'énormes masses de mylonites à blocs calcaires anguleux ou arrondis, qui ont été figurées par E. Haug dans son *Traité de Géologie*, t. I, pl. XV.
7. Près d'une petite chapelle, sur ces formations, se montrent des calcaires marneux gris ou jaunes, tachetés, en bancs séparés par des délits schisteux ; ils sont suivis par des calcaires et des schistes marneux bleuâtres à *Aptychus* que j'attribue au Berrias. Ces couches sont très redressées. Quelques mètres.
8. Schistes légèrement micacés, avec quelques bancs durs gréso-siliceux, donnant lieu à une petite combe : Callovo-Oxfordien.
9. Barre de calcaires du Malm : Rauracien-Tithonique.
10. Calcaires marneux du Berrias.
11. Schistes callovo-oxfordiens déterminant une nouvelle petite combe.
12. Barre de Malm.
13. Calcaires marneux du Berrias et du Néocomien.

A partir de là, la vallée s'élargit vers Serraval, et l'on voit, au-dessus du Berrias, au droit de la Sautaz, des schistes et calcaires noirs gréseux du Crétacé inférieur, puis enfin une épaisse zone de Flysch ultrahelvétique (notre coussinet supérieur) [1], sur lequel s'est avancé le Malm qui forme la base de la Colline du Bouchet et enfin les fameux conglomérats du Bouchet (nappe moyenne).

Cette coupe nous a donc fait rencontrer successivement le coussinet inférieur de Flysch ultra-helvétique (nos 1-6) montrant une lame de Crétacé inférieur (no 5) ; une petite écaille de Crétacé inférieur (no 7) ; deux puissantes écailles de Callovo-Oxfordien, Malm, Néocomien, les écailles I (nos 8-10) et II (nos 11-13), enfin le Flysch du coussinet supérieur et finalement une écaille tout à fait supérieure (Colline du Bouchet) de Callovo-Oxfordien et de Malm.

Le torrent de la Chaise s'est incrusté profondément dans ces écailles empilées et une intéressante coupe peut être également relevée le long de ses berges.

Le coussinet inférieur de Flysch que nous venons d'étudier se prolonge vers le N, à partir des Combes, jusqu'à Cerny où il est poussé sur le Nummulitique autochtone, dont il n'est pas toujours facile de le séparer. A Montaubert, une petite lentille de Malm se voit au contact. Au delà de Cerny, ce contact oblique vers le NE en direction de la Parrière. L'autochtone du versant oriental de la Tournette est

1. Ce Flysch était attribué à l'autochtone par nos devanciers.

donc coupé obliquement par ce Flysch, ce qui explique la réapparition du Gault, du Sénonien et du Nummulitique dans les abrupts qui dominent Cerny.

L'écaille I a une direction à peu près N-S. Elle peut être suivie de S en N, depuis la base du Nambellet jusqu'à Montaubert où elle se termine ; son Malm s'amincit progressivement tandis que le Crétacé inférieur forme les affleurements des Hermites.

L'écaille II a une direction analogue ; elle débute au S, dans la tête de Nambellet, se prolonge au N vers le Sapey où elle forme le sommet 1.225 ; de là, elle s'infléchit vers Serraval où elle disparaît. Mais, plus au N, l'écaille de Malm de la Bottière qui repose sur le Néocomien de l'écaille I, peut être considérée comme son prolongement.

Cette écaille II est accidentée sur la rive gauche de la cluse de la Chaise d'un petit repli anticlinal qui se retrouve, très exagéré, au Rocher de Nambellet, lequel représente le pan W de cet anticlinal redressé sur un talus de marnes callovo-oxfordiennes.

β) *Coupe de la route de Nambellet.*

La route qui, de Saint-Ferréol monte à Nambellet et Replens, permet d'étudier le *contact entre ce premier paquet d'écailles* (*écailles de la Chaise ou de Serraval*), *et celui des écailles situées à l'E et formant la branche E du croissant* (*écailles des Bossons et de Marlens*).

Cette route suit d'abord les schistes callovo-oxfordiens de la base du Rocher de Nambellet, puis, après quelques tournants, aborde une zone très brouillée où se montrent des marno-calcaires schisteux probablement berriasiens, renfermant quelques lames de Malm (dont une est bien visible le long de la route).

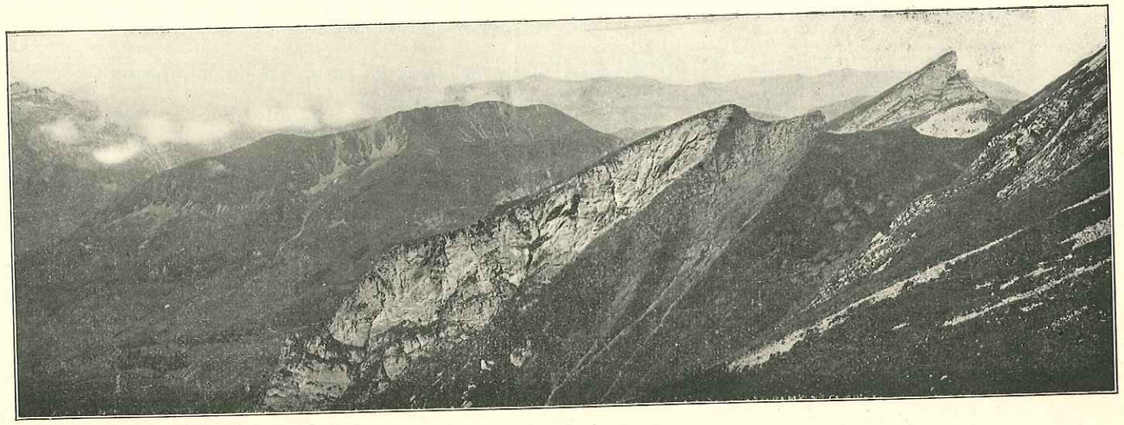
Puis viennent des calcaires noirs terreux avec bancs durs intercalés et représentant probablement le Néocomien, puis de nouveau des schistes barriasiens très laminés. Enfin, poussée sur ce système d'écailles, qui représente peut-être la suite du Nambellet, se montre l'extrémité de la grande lame de Malm de Bosson, ployée en charnière anticlinale, et qui affleure jusqu'au-dessus de Replens. L'affleurement diminue d'importance dans cette direction, mais montre toujours, le long de la route, sa charnière. Il disparaît au N, après Nambellet.

Sur ce Malm vient une série normale complète : marno-calcaires tachetés, fossilifères, du Berrias ; calcaires noirs gréseux (calcaires à spicules) et schistes du Néocomien ; marno-calcaires schistoïdes, jaunâtres, à Rosalines du Crétacé supérieur ; enfin Flysch, schisto-gréseux, ici transgressif sur les couches à Rosalines et débutant par des microbrèches calcaires à *Lithothamnium* et Orthophragmines. C'est ce Flysch qui constitue la Côte-de-Marlens et à la base duquel, vers l'Épine et les Brassoudes, nous retrouverons des intercalations de dalles à *Lithothamnium* et Orthophragmines.

Vers le S, l'écaille de Malm-Berrias de Bosson se développe et s'abaisse vers la vallée de Faverges ; là, elle va s'accidenter d'un repli anticlinal qui fera affleurer le Callovo-Oxfordien au-dessus de Marlens.

Une faille oblique disloque à nouveau les bancs du Malm qui disparaît sous les

éboulis ; puis l'écaille réapparaît à partir de Brassoudes avec son Callovo-Oxfordien fossilifère et se développe largement depuis Bavay jusqu'au Col de Fer où une nouvelle et belle charnière anticlinale indique le sens de la poussée. Cette écaille de Marlens, qui se prolonge vraisemblablement au S dans le petit lambeau, déjà étu-



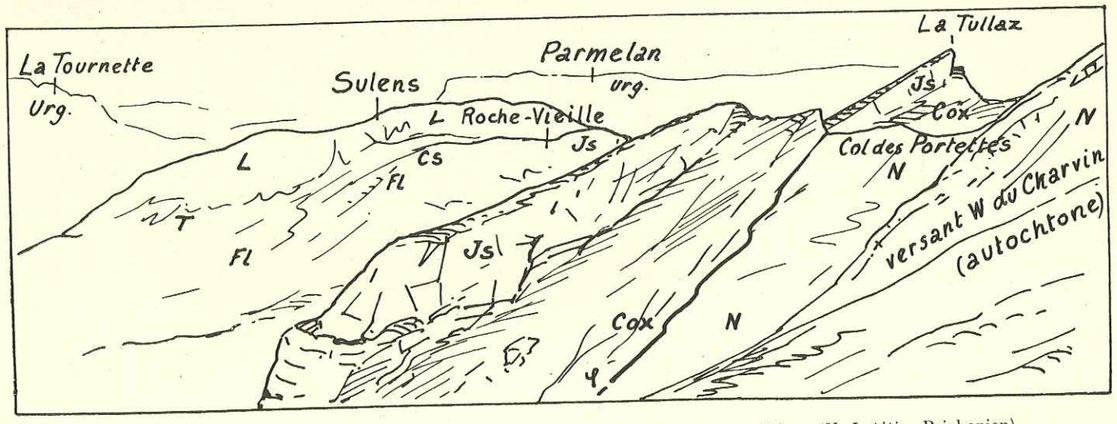
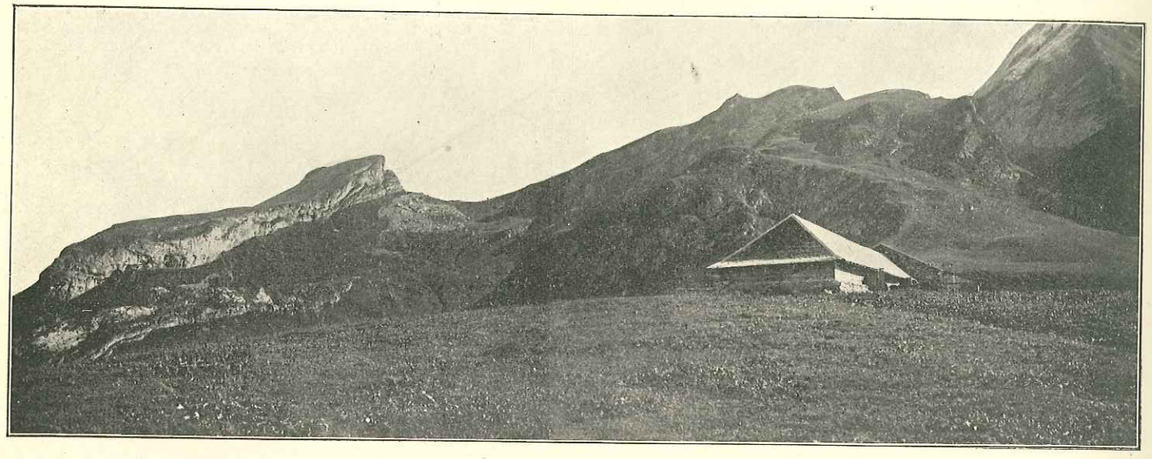


Fig. 21. — Le massif de Sulens, vu des flancs du Charvin, formé, ici, de Nummulitique (N, Lutétien-Priabonien). Sur cet autochtone, viennent successivement :
1° La série des écailles ultrahelvétiques de la nappe inférieure (auréole externe), formées surtout de calcaires du Malm (Js) et de schistes callovo-oxfordiens (Cox).
2° Les écailles de la nappe moyenne de Roche-Vieille (auréole interne).
3° Le lambeau de nappe supérieure de Sulens ppd. ; formé de Trias (T) et de Lias (L).
φ, base des nappes.
Photo de l'auteur.

dié, de Cons, repose directement sur la rive gauche de la Chaise sur le Nummulitique autochtone du système du Charvin-Aravis. Le contact se fait ici entre le Callovo-Oxfordien de la nappe et les schistes nummulitiques.

Le Flysch, qui recouvre le Mésozoïque de ces écailles est fréquemment décollé. Ce fait, qui a été signalé de longue date par E. Haug et M. Lugeon, peut bien s'ob-

server précisément dans la région au-dessus de Marlens. La base du Flysch y est fréquemment broyée et privée, par là-même, de ses brèches calcaires à *Lithothamnium* si caractéristiques ; c'est alors le Flysch schisto-gréseux banal, qui repose sur le Néocomien.



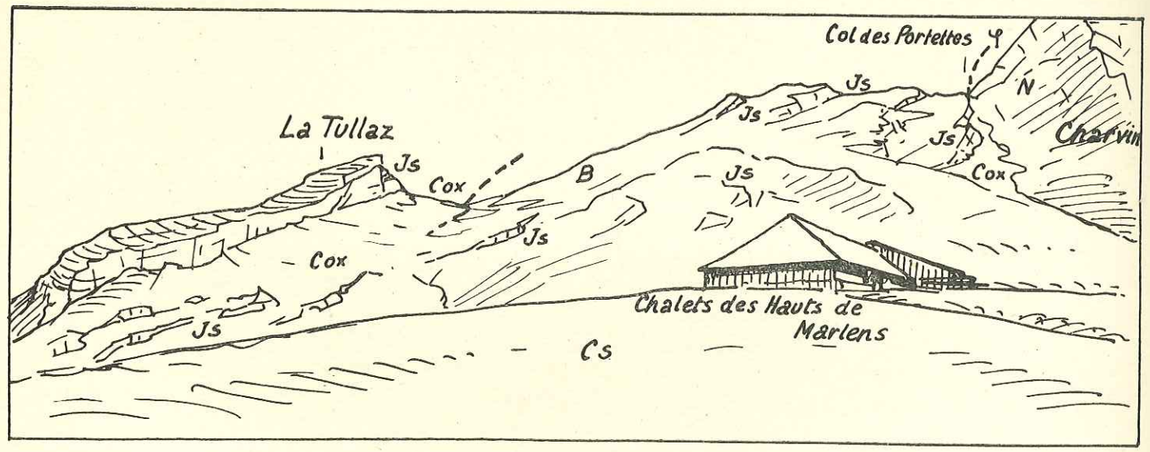


Fig. 22. — Les écailles ultrahelvétiques du Haut Fier, vues des chalets des Hauts-de-Marlens. Même légende que pour la fig. précédente. Cs, Sénonien autochtone. Photo de l'auteur.

Au delà du Col de Fer, nos écailles de Marlens ont été érodées et c'est le Sénonien autochtone, d'ailleurs très laminé et traîné en minces copeaux (Mont Dessous-Dessus, Haut-de-Marlens) qui affleure jusqu'au Charvin.

Toutefois, au NE du Bouchet, un petit lambeau de Malm est conservé à Toret ; il est traîné sur des schistes à Posidonomyes qui sont probablement les mêmes que

ceux de Vasseline, lesquels vont passer, au Col des Mouilles, sur le nouveau paquet d'écailles que nous allons maintenant étudier.

c) Écailles du Haut Fier (fig. 20, 21, 22). — Si les groupes d'écailles précédents ont été, dans l'ensemble, assez bien reconnus et cartographiés par E. Haug, par contre celui du Haut Fier m'a fourni nombre de faits nouveaux, tant stratigraphiques que tectoniques.

J'ai déjà décrit ailleurs [**114**] la succession des écailles ultrahelvétiques poussées et imbriquées vers le NW, qui glissent sur les pentes du Charvin. On peut compter en ce point au moins trois écailles de Malm comportant chacune du Callovo-Oxfordien à la base et un peu de Berrias au sommet. L'écaille la plus basse a chevauché le Nummulitique du Charvin. Le contact se voit parfaitement sur le versant S du Col des Portettes : là, les schistes à miches et à *Posydonomya alpina* sont séparés du Nummulitique par quelques bancs de microbrèches calcaires qui appartiennent déjà à l'Ultrahelvétique.

L'écaille la plus élevée forme le rocher de Malm de la Tullaz dont l'allure est si caractéristique.

Si, vers l'E, toutes ces écailles forment la bordure abrupte de la vallée du Fier, par contre, vers l'W, elles s'enfoncent rapidement et en pente douce, dans les masses schisteuses recouvertes de pâturages. Le bord relevé de la Tullaz (bord S) traîne par l'intermédiaire de ses schistes oxfordiens sur les marno-calcaires berriasiens de l'écaille subordonnée ; mais son bord N est une charnière anticlinale très replissée qui plonge dans les nouveaux affleurements de Berrias du Freu. C'est qu'en effet, nous entrons ici dans une région où le Crétacé inférieur va prendre un très grand développement et constituer, à lui seul, les sommets herbeux qui dominent à l'W la dépression du Col des Mouilles et des Cernets, à l'E celle du Fier.

Le Malm est, cette fois, relégué dans les fonds, le long de la rive gauche du Fier, qui suit ici la base de l'écaille presque depuis sa source jusqu'à la Gutarry. Les rapports de ce Malm avec celui de la Tullaz sont très compliqués (fig. 23 et 25).

Décrivons tout d'abord le versant du Fier, à partir de la charnière frontale de la Tullaz.

Nous avons vu que cette charnière était refoulée sur les calcschistes berriasiens du Col du Freu. Au delà, vers l'aval, toute la façade ravagée par l'érosion, qui domine le Fier, est formée par le prolongement de ce Berrias, ici extraordinairement plissoté et probablement traîné sur un Malm caché sous les éboulis, si l'on en croit les quelques blocs qui apparaissent çà et là.

Plus à l'aval encore, en contre-bas du sommet coté 1.758 et de la Riandaz, apparaît, sous ce Berrias, une magnifique charnière de Malm, couchée vers le N et garnie de Berrias : nous l'appellerons la charnière de la Riandaz [1]. Mais cette charnière est enveloppée de Callovo-Oxfordien et c'est sur les schistes noirs à Posidonomyes du flanc renversé que traîne le Berrias superposé et très broyé au contact [2].

1. Cette charnière, comme tous les plis qui apparaissent le long de ce versant du Fier, est coupée obliquement par l'érosion et c'est ce qui en rend difficile l'interprétation. La direction générale de ces accidents est NE-SW. Cette direction fait donc un certain angle avec les plis de la nappe des Aravis, dont les axes sont ici NNE-SSW.

2. J'ai recueilli là *Pygope diphyoïdes*.

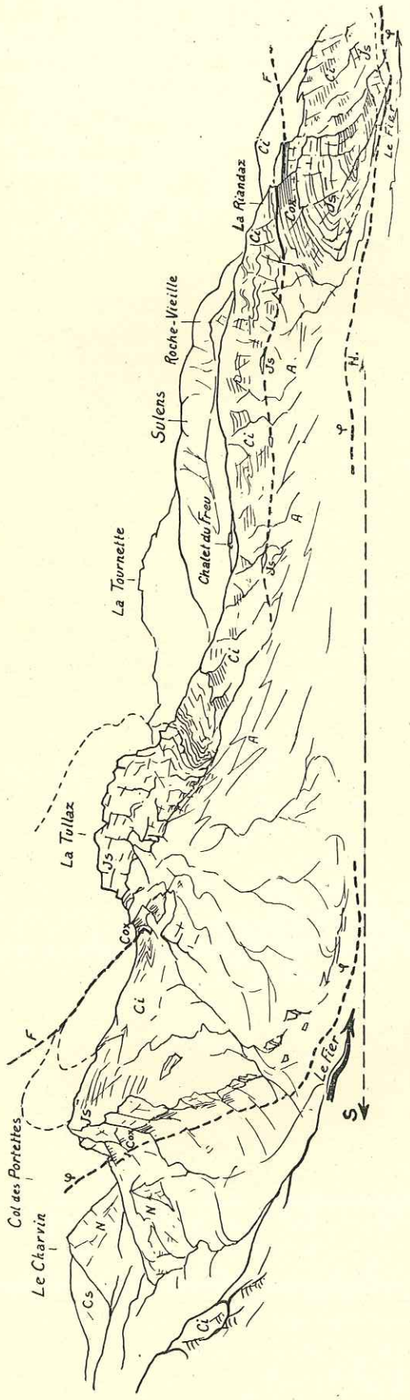


Fig. 23. — La bordure nord-orientale de la klippe de Sulens, le long de la rive gauche du Haut Fier, montrant l'empilement des écailles ultrahelvétiques.
Autochtone : Ci, Hauterivien ; Cs, Crétacé supérieur ; N, Nummulitique.
Nappes : Cox, Callovo-Oxfordien ; Js, Malm ; Ci, Néocomien ; φ, base des nappes ; F, plis-failles et surfaces de refoulements.

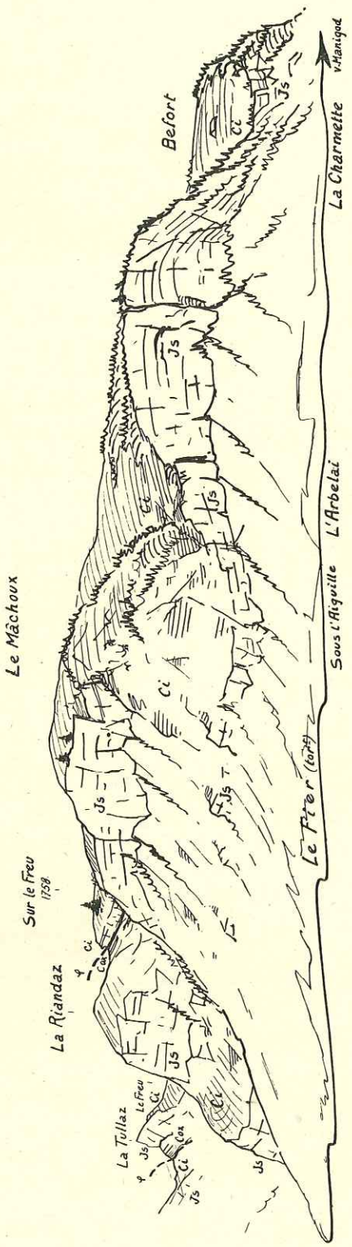


Fig. 24. — La bordure nord-orientale de Sulens, le long de la rive gauche du Fier entre la Riandaz et la Charmette.
Suite vers le Nord de la fig. précédente. Même légende. Croquis de l'auteur d'après nature

Une grande surface d'étirement sépare donc ces deux terrains qui appartiennent ainsi à deux écailles superposées. Le contact, toujours jalonné de schistes noirs, peut se suivre dans la partie haute de la façade du Fier, qui montre à sa base, entre la Riandaz et l'Arbelai, deux falaises de Malm séparées par du Berrias et correspondant au pan normal (falaise inférieure) et au pan renversé (falaise supérieure) du synclinal de Riandaz [1].

Le contact anormal, après avoir suivi la base E de la Montagne des Mâchoux, vient se perdre au N en contournant ce massif.

Au droit de l'Arbelai (fig. 24), la falaise supérieure suit ce mouvement et disparaît sous le Berrias. La falaise inférieure, au contraire, prend de l'importance et c'est elle, qui désormais, va seule se dresser sur la rive gauche du Fier, jusqu'à la Gutarry, non sans avoir été affectée d'un petit pli-faille en face de la Charmette, qui va déterminer l'individualité du plateau de Befort. A partir de la Gutarry, la falaise de Malm abandonne le cours du Fier et monte dans le talus des Cernets. Elle montre un petit repli droit vers les Louvatiers, et, le long du sentier de la Gutarry aux Cernets, une faille qui fait buter le Jurassique supérieur contre le Flysch du pan W abaissé et qui est décollé et traîné directement sur le Malm [2] (fig. 25).

Au delà, le Malm s'égrène et disparaît dans les pentes herbeuses et boisées qui forment le versant S de la vallée de Manigod, non sans avoir été ébréché par les torrents qui descendent de Sulens.

Transportons-nous maintenant sur le versant du Col des Mouilles.

A partir de la charnière frontale de la Tullaz et de la région des Chalets du Freu, nous sommes dans la partie supérieure des écailles que nous venons de décrire, le long du Fier. C'est une région herbeuse, très couverte, difficile à étudier ; l'observation y serait même complètement impossible sans les quelques petits ruisseaux qui la drainent et entament les parties profondes.

Dans ce massif aux formes molles, deux sommets se détachent, la carte d'É.-M. ne leur donne pas de nom (v. fig. 24). Nous appellerons le sommet situé immédiatement au N du Col du Freu « Sur le Freu » (c'est le sommet coté 1.758), et le sommet suivant « Montagne du Mâchoux », l'ensemble constituant la Montagne du Mâchoux ou des Arbarettes, du nom du groupe de chalets qui entourent sa base. Le sommet du Mâchoux domine le plateau de Befort situé dans son prolongement, mais plus au N.

La structure du versant W de la grande croupe du Mâchoux est complexe.

Les crêtes et la partie supérieure sont formées de Berrias, à pendage W, mais, à mi-pente, au-dessus des chalets des Arbarettes et le long du sentier des chalets du Freu, se montrent des schistes noirs noduleux, puis un complexe schisteux renfermant quelques dalles de calcaires à Orbitolines barrémiennes et même des schistes et grès glauconieux pouvant représenter l'Aptien et l'Albien. Il y a donc là un

1. C'est ce synclinal que E. Haug et M. Lugeon interprétaient comme une charnière ouverte à l'E. On sait le sort qu'on eu tous ces plis dits déversés vers l'intérieur des Alpes.

2. Ce Flysch, schisto-gréseux au sommet, montre, à sa base, les brèches calcaires à *Lithothamnium* et Orthophragmines caractéristiques du Flysch de cette unité.

complexe schisto-calcaire noir, épais, qui représente probablement tout le Crétacé inférieur.

Au Col des Mouilles, ces formations schisteuses semblent passer à d'autres schistes un peu micacés et noduleux, qui avaient été pris pour du Flysch, et dans lesquels, en 1932, j'ai découvert des Ammonites callovo-oxfordiennes et des Posidonomyes. Il existe donc là une ligne de discontinuité tectonique, marquant le passage d'une écaille supérieure formée presque uniquement de Callovo-Oxfordien.

Cette zone de Callovo-Oxfordien se prolonge d'ailleurs très loin sur les deux versants du Col, mais surtout au S, où elle se retrouve jusque vers la Savattaz, toujours entre les écailles de la nappe inférieure et celles de la nappe moyenne.

Au droits des chalets du Mâchoux et des Arbarettes, au contraire, la coupe sera différente. Si, du sommet du Mâchoux, nous redescendons directement vers ces chalets en suivant la ligne de plus grande pente, nous rencontrerons successivement :

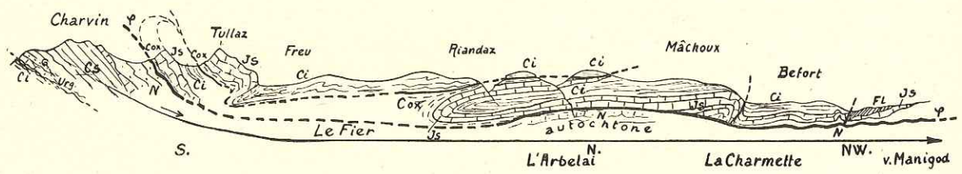


Fig. 25. — Coupe schématique de la rive gauche du Haut Fier, entre le Charvin et Manigod, montrant l'allure tourmentée des écailles ultrahelvétiques de la base de la klippe de Sulens. Même légende que pour les fig. précédentes.

tout d'abord le Berrias en couches inclinées vers l'E ; puis des schistes noirs crétacés, très laminés, mais dans lesquels on trouve encore quelques dalles de calcaires à Orbitolines ; puis quelques bancs de calcaires blancs très redressés et broyés (Kimeridgien-Tithonique) desquels on passe très rapidement à des calcaires marneux noirs (probablement rauraciens ?), dont le pendage se fait, cette fois, vers l'W ; enfin, faisant suite insensiblement à ces calcaires, des calcaires noirs, finement gréseux et une grosse épaisseur de schistes noirs dans lesquels le Nant des Arbarettes s'est creusé son lit. Ces schistes m'ont fourni des Posidonomyes, *Phylloceras torsisulcatum*, *Ph.* cf. *heterophyllum* : ils sont callovo-oxfordiens.

Ces schistes forment le talus de la rive gauche du Nant, et là, à leur partie supérieure, traîne un petit lambeau de calcaires à Rosalines du Crétacé supérieur, sur lequel sont construits les chalets des Arbarettes. Nous retrouvons donc ici la même coupe qu'au droit du Col des Mouilles et du sommet 1.758, dans les parties hautes, mais, dans les parties basses, vers le Nant des Arbarettes, le Callovo-Oxfordien apparaît comme un noyau anticlinal redressé, entouré de Jurassique supérieur. On pourrait penser que ce Callovo-Oxfordien est en continuité avec celui du Col des Mouilles. Il n'en est rien car, si on remonte le lit du Nant des Arbarettes, creusé dans le Callovo-Oxfordien, au bout de 300 à 400 mètres environ, on voit bientôt passer le Malm, puis le Berrias, qui forment, sur la rive gauche, le pan W du noyau schisteux, lequel disparaît progressivement.

Vers le N, le Callovo-Oxfordien peut se suivre, toujours dans le lit du Nant des

Arbarettes (fig. 18) à la base de la Montagne du Mâchoux. Sur la rive gauche, il est recouvert par des calcaires noirs gréseux, très épais, qui plongent vers le NW. Puis les affleurements disparaissent et, toujours sur la rive gauche, au premier sentier qui franchit le torrent, près d'un chalet, se montrent quelques affleurements de calcaires gris à patine claire. Ce sont des calcaires très finement gréseux, à spicules de Spongiaires, assez semblables à certains faciès du Néocomien de la région.

A partir de là, on ne voit plus que ce Néocomien, puis le Berrias qui recouvre la falaise de Malm de Befort.

La situation de cette bande callovo-oxfordienne est donc assez bizarre et, puisqu'elle n'est pas en continuité avec celle du Col des Mouilles, deux hypothèses peuvent encore être présentées pour l'expliquer : ou elle est dans le prolongement de la bande que nous avons suivie depuis la charnière de Riandaz, sur la barre supérieure de Tithonique et à la base du Berrias qui forme le sommet de la falaise du Fier, et alors la cicatrice réunissant les deux affleurements passerait au N du Mâchoux ; ou elle correspond au Callovo-Oxfordien qui doit exister à la base de la barre inférieure de Tithonique. Dans les deux cas, ce Callovo-Oxfordien apparaît en boutonnière, grâce à un repli orienté N-S, et affectant l'ensemble des écailles.

C'est la première hypothèse que nous avons choisie, parce qu'elle nous semble mieux cadrer avec les faits.

Ce repli lui-même, parfois déversé vers l'E, semble résulter de la présence de l'obstacle formé par l'important paquet d'écailles que la nappe moyenne a accumulé à Roche-Vieille. On peut supposer que, peu après la mise en place des nappes, les écailles de la nappe inférieure formant la lisière E de Sulens, ont continué à glisser vers l'W et se sont plissées en accordéon tout en s'emboutissant sous la masse des nappes supérieures dont le bord s'est même retroussé sous le choc.

Ainsi s'expliqueraient quelques anomalies locales et notamment le pendage E des couches du Jurassico-Crétacé siliceux de Roche-Vieille, à l'W du Col des Mouilles.

Peut-être est-ce même à ce moment que s'est mise en marche l'écaille de Trias qui est venue coiffer le Lias des chalets de Sulens.

En tout cas, le petit pli anticlinal des Louvatiers, qui affecte la barre inférieure de Malm, près des chalets de ce nom, et qui fait apparaître sous les calcaires à silex du Tithonique des couches plus anciennes, probablement rauraciennes, montre que le Malm le plus bas, tectoniquement parlant, a été lui-même atteint par les plissements tardifs qui ont affecté nos écailles. Cette charnière se place exactement dans le prolongement du pli qui fait apparaître le Callovo-Oxfordien des Arbarettes.

Que deviennent les écailles de notre nappe inférieure au delà de la Gutarry ? Nous avons déjà dit que la barre inférieure de Tithonique, au lieu de suivre la rive gauche du Fier, montait obliquement vers l'W et dans le talus de base de Sulens. Cette barre s'amincit progressivement à l'W des Louvatiers et disparaît sous les alluvions glaciaires.

A partir de là, il devient difficile de la suivre. Un seul jalon semble être celui du Malm des Lanches. De là, le passage devient hypothétique car tout est caché, mais il doit être jalonné par le plan des Berthaz et la cote 1.233 (lambeaux de Malm et de Sénonien). Un lambeau de brèche nummulitique marque, en contre-bas de La Frasse, le passage de nos écailles laminées, qui se montrent de nouveau à Le Gay et à La Parrière, dont les rochers de Malm et de Berrias se prolongent, après l'interruption du Col du Marais, par ceux de la Bottière dont nous avons déjà parlé. Nous avons ainsi achevé le tour de notre auréole inférieure.

5° Résumé et Conclusions.

Le massif de Sulens est formé par l'empilement de 3 nappes de charriage dont l'agencement est indiqué par les coupes de notre planche V.

1° Une *nappe supérieure*, surtout liasique, se présentant comme une charnière synclinale ouverte vers le haut, et entourée de Trias. L'axe de cette charnière est approximativement NNE-SSW. Cette charnière est suivie, vers l'W, par un petit anticlinal à charnière érodée.

Le faciès du Lias de cette nappe est identique à celui de la nappe des Préalpes médianes du Chablais, nul doute qu'elle n'en représente un lambeau.

2° Une *nappe moyenne*, formée surtout d'écailles de Crétacé supérieur à bancs de grès fins à spicules de Spongiaires, de Jurassico-Crétacé à zones siliceuses, de Flysch conglomératique : nous verrons que cette nappe peut être homologuée à celle du Niesen.

3° Une *nappe inférieure* comprenant un paquet d'écailles empilées de Malm-Néocomien, sans flancs inverses conservés, et emballées entre deux coussinets de Flysch. De nombreuses charnières de direction NE-SW, donc légèrement obliques aux directions des plis des Aravis, y sont conservées. C'est cette direction que nous allons retrouver aux Annes. Les faciès des terrains de cette nappe sont ceux de la nappe ultrahelvétique (Colline du Faucigny, Voirons, etc.) des géologues suisses.

L'ensemble de cet édifice a été, après sa mise en place, reployé en un vaste synclinal, localement replissé, qui épouse la forme du grand synclinal autochtone de Saint-Ferréol-Manigod, dans lequel il est logé.

III. — LE MASSIF DES ANNES

Il est logé dans le synclinal du Reposoir, dont il occupe la plus grande partie, entre la chaîne des Aravis à l'E et celle du Bargy à l'W, et repose de toute part sur le Nummulitique autochtone. Nous y décrirons successivement une nappe supérieure, la plus étendue et qui forme la presque totalité du massif exotique ; puis, autour de cette nappe, des écailles ou menus lambeaux d'une nappe équivalente de la nappe moyenne de Sulens ; quant à la nappe inférieure, elle ne semble être surtout représentée que tout à fait au N du massif, dans les environs de Pralong (v. fig. 1, 8 et planche IV).

1° Description physique du groupe exotique des Annes (fig. 26).

Le groupe comporte, au N, la Montagne d'Auferrand (1.979 m.) — Pointe d'Almet (2.265 m.) (ou des Annes), longue croupe à peu près orientée E-W ; au S la Montagne

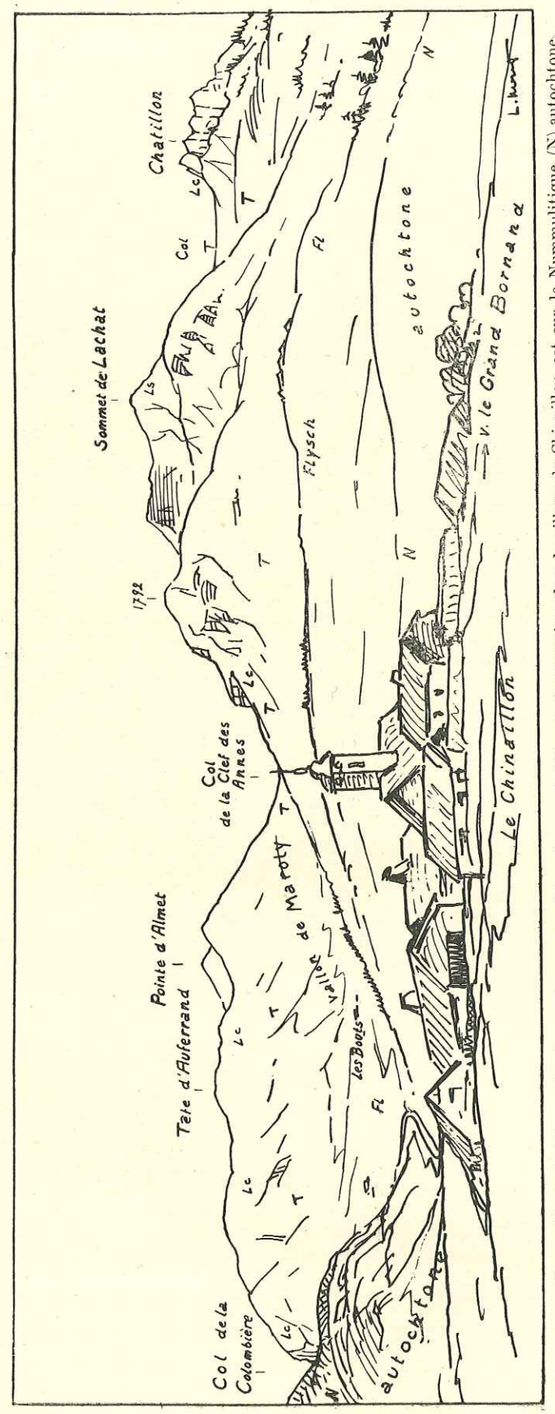


Fig. 26. — L'ensemble de la klippe des Annes (nappe supérieure), vue de l'Ouest. Au premier plan, le village du Chinaillon est sur le Nummulitique (N) autochtone. Au second plan, montagnes charriées formées de Lias calcaire et schisteux (Lc, Ls) et de Trias (T), traînées sur le Flysch des nappes inférieures. Dessin de l'auteur, d'après nature.

de Lachat (2.064 m.) et la Croix de Châtillon (1.719 m.) de direction SW-NE, qui rejoint la première au niveau de la Pointe d'Almet, dont elle est séparée par le Col de la Clé des Annes. Ce Col conduit, vers l'W, dans la profonde vallée de Maroly qui sépare nos deux montagnes et qui aboutit à la vallée perpendiculaire du Chinaillon-Grand Bornand. Cette dernière vallée limite à l'W notre massif exotique, elle passe, par le Col de la Colombière (ou d'Auferrand) dans la vallée du Reposoir, bordée à l'W par le Bargy et le Jallouvre. A l'E, vers les Aravis, notre massif est limité d'abord par la vallée du haut Borne (Les Poches), puis par celle de la Duche qui aboutit au Col des Annes et de là redescend vers Sommier, puis Le Reposoir et Pralong.

Il n'y a pas ici l'équivalent des auréoles de Sulens, tout au moins bien individualisées dans la morphologie. Toutefois, au N de l'extrémité W de la Tête d'Auferrand, un témoin de ces auréoles (ici auréole interne) est marqué par une petite colline qui détermine, avec la principale masse charriée, un petit vallon connu dans la région sous le nom de Combe des Forts.

Du point de vue hydrographique, c'est le Borne, avec ses affluents, qui draîne le versant S du groupe, tandis que le Foron draîne le versant N.

2° Nappe supérieure (Montagnes des Annes et de Lachat).

C'est elle qui forme presque en entier le Massif des Annes tel que nous venons de le décrire. Nous étudierons la chaîne de la Pointe d'Almet-Auferrand, puis celle de Lachat-Châtillon, enfin les rapports structuraux de ces deux chaînes.

a) Pointe d'Almet-Tête d'Auferrand. — Cette chaîne peut être considérée, ainsi que l'ont fort bien vu nos devanciers, comme une charnière synclinale triasico-liasique, couchée vers le N (fig. 27). La direction de son axe est à peu près E-W et forme par conséquent un certain angle avec la direction des plis autochtones ; mais ses deux extrémités s'incurvent en sens opposé, de sorte que l'ensemble du massif affecte la forme d'un S.

Si le flanc renversé de la charnière est intact, par contre, le flanc normal est presque toujours laminé et n'est conservé qu'à l'extrémité E du massif.

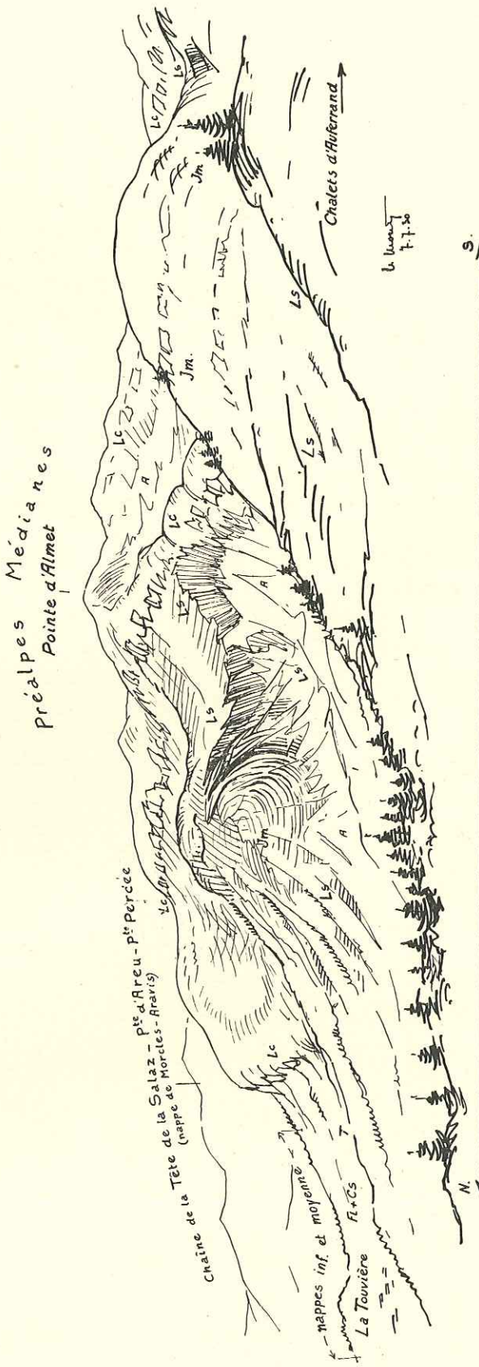


Fig. 27. — Le bord nord de la klippe des Annes et sa charnière synclinale. T, Trias ; Lc, Ls, Lias calcaire et schisteux y compris l'Aalénien Jm, calcaires noirs marneux du Dogger.
Les nappes moyenne et inférieure sont représentées par les écailles de Crétacé sup. (Cs) et de Flysch (Fl) de la Touvière ; A, éboulis. A gauche, viendrait la remontée du bord ouest du synclinal du Reposoir (chaîne Bargy-Jallouvre). Croquis de l'auteur, pris des chalets d'Auferrand.

Ainsi, une coupe relevée au droit du Col des Annes montre successivement, en couches très redressées et même renversées vers le N (donc plongeant *grosso modo* vers le S), les cargneules et argiles rouges du Trias, le Rhétien, les calcaires à silex du Lias inférieur formant l'arête principale de la chaîne, les calcaires marneux à patine grise du Lias moyen, et enfin les schistes noirs du Lias supérieur enveloppant un noyau de calcaires marneux qu'avec M. Lugeon, nous rapportons au Dogger.

Ce noyau synclinal de Dogger, plus dur que l'Aalénien qui l'enveloppe, est resté en saillie, il n'est pas continu car des coupures de torrents l'ont sectionné, dans le sens transversal, en trois parties. Vers l'W, il ne dépasse pas les chalets d'Auferrand, là, le pli synclinal est peu accusé et il est d'ailleurs compliqué d'un repli anticlinal. Immédiatemment au N d'Auferrand, il forme au contraire une magnifique charnière déversée vers le N. Ici, le flanc normal en est réduit aux schistes du Lias supérieur, très laminés et refoulés sur les écailles des nappes subordonnées.

Vers l'E, le flanc renversé reparaît parce que la charnière se redresse par suite d'une élévation axiale, et l'on y voit apparaître les calcaires à silex du Lias inférieur. Mais, à son extrémité, la charnière se vide progressivement de Lias inférieur et moyen et n'est plus constituée que par un fond de bateau perché, de calcaires à silex ; cette allure est bien nette vue de la vallée du Reposoir, ainsi que sur notre fig. 27.

Signalons qu'au-dessus de la Touvière, près de la Cascade, les calcaires à silex du flanc normal de la charnière s'infléchissent, deviennent à peu près verticaux en dessinant une sorte de pli anticlinal. C'est ce qui fait que sur tout ce versant des Annes, le Trias est peu visible, il reste caché en profondeur. Je n'ai pas pu voir en effet, en ce point, les marnes rouges que Maillard y signale, marnes retrouvées par Sarasin [1]. Mais j'ai pu observer un lambeau de quartzites, coincé au-dessous du flanc renversé de la charnière anticlinale de calcaires à silex, dont nous venons de parler, et traîné sur les écailles de Flysch de la nappe moyenne.

Vers l'W, au contraire, le laminage du flanc normal de la grande charnière des Annes s'accentue de plus en plus, et c'est ainsi que, dès les chalets d'Auferrand et la Combe des Forts, les calcaires à silex ont disparu, et les schistes du Lias supérieur chevauchent les complexes du Flysch de la nappe moyenne (fig. 28). Plus à l'W, au-dessus des Chalets de Cuillerie (ou de Cuilles), notre charnière est réduite à son flanc renversé, très redressé et laminé. En voici la coupe sommaire, du SE vers le NW :

1. Cargneules et marnes rouges du Trias.
2. Rhétien.
3. Calcaires à silex en gros bancs à patine rousse (Lias inférieur). Bélemnites.
4. Alternance de bancs de calcaires gris et de lits de calcaires et de schistes noirs à patine grise.
5. Calcaires gris en dalles montrant des Bélemnites, Ammonites (*Dactylioceras* sp.), sections de Gastéropodes et Lamellibranches (Lias moyen).
6. Schistes noirs (Lias schisteux ou supérieur).

Ces schistes reposent directement, près des chalets, sur les conglomérats nummulitiques et les couches rouges crétacées du système des écailles de la Combe des Forts.

1. Mais peut-être s'agit-il de couches rouges crétacées qui existent effectivement sur ce versant des Annes.

Comparée à l'extrémité E élargie, sorte de périsynclinal, cette extrémité W de notre charnière des Annes apparaît comme très amincie et comprimée contre la bordure autochtone du Jallouvre qu'elle a littéralement enfoncée. Tout le versant S de notre chaîne Almet-Auferrand est formé par le flanc renversé de la charnière, bien conservé, formé lui-même de grandes dalles de calcaires à silex plongeant au S et se recourbant sous le Trias qui les borde à la base.

Je n'ai pu retrouver là les bandes de Rhétien et de Trias alternées, dessinées sur l'ancienne édition de la Carte géologique. J'ai seulement constaté une alternance de cargneules et de marnes rouges. Nous verrons plus loin à quoi répond cette structure.

Ce Trias vient, au Col de la Clé des Annes, rejoindre celui de la base de Lachat pour former les affleurements très étendus des Chalets des Annes. Ces affleurements ne tardent d'ailleurs pas à se rétrécir et à reprendre leur place à la base de la grande charnière des Annes, au contact des calcaires à silex. On les suit ainsi depuis Sommier jusqu'au droit du Reposoir, mais ils n'atteignent pas le versant N des Annes.

b) Chaine de Lachat-Croix de Châtillon. — La structure en est bien plus simple que celle du massif d'Almet. On peut la définir un vaste plateau de calcaires liasiques subhorizontaux, à socle de Trias, limité

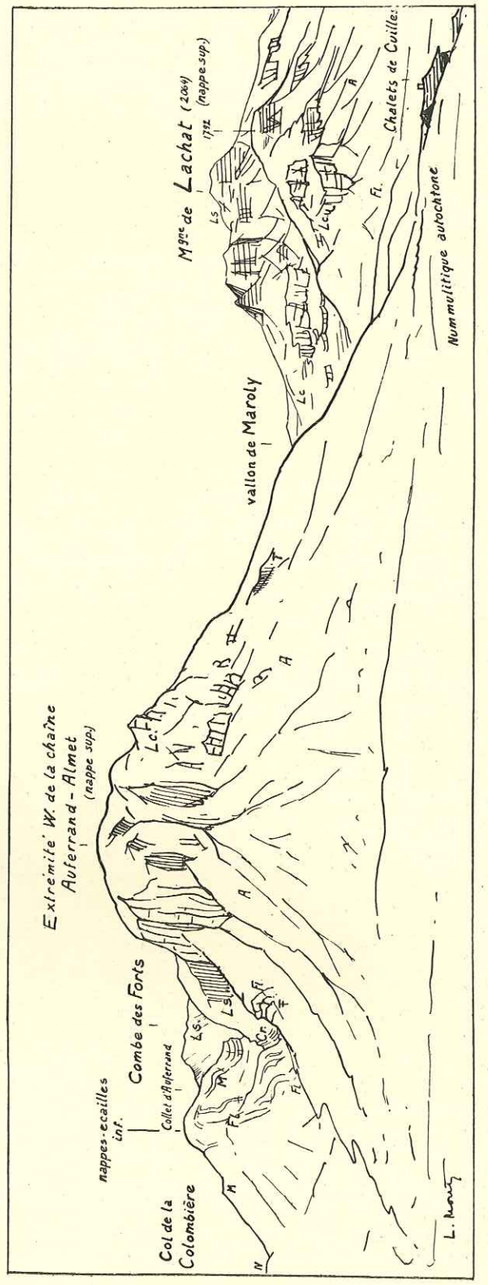


Fig. 28. — L'extrémité ouest du lobe nord de la klippe des Annes, vue des chalets de Cuillerie. Sous le massif liasico-triasique d'Auferrand, qui appartient à la nappe supérieure, sortent les écailles des nappes inférieures, formées de Jurassico-Crétacé (M), de « couches rouges » (Cr) et de Flysch (Fl). A, ébouli ; N, Nummulitique autochtone du synclinal du Reposoir. Croquis de l'auteur, d'après nature.

de toute part par des falaises ; l'érosion a isolé vers l'extrémité S le petit massif de la Croix de Châtillon, séparé de Lachat par le Col de Châtillon. Cette Croix de Châtillon est un bloc de Lias inférieur en couches légèrement inclinées vers le SSE, très découpé et lapiazé. A la base, le Trias apparaît ; ce sont surtout les marnes rouges qui affleurent (Col de Châtillon), les cargneules ne se montrant qu'à l'E et à l'extrémité W. Le Lias est surtout formé de calcaires à silex et sa base montre le Rhétien, très développé et fossilifère.

La Pointe de Lachat et le plateau calcaire très crevassé qui lui fait suite vers le NE présentent la même constitution ; toutefois, le sommet de Lachat, ainsi que le petit piton 1.792, isolé par l'érosion, sont formés par les calcaires gris tachetés et les schistes du Lias moyen, en couches à peu près horizontales [1].

Dans la moitié E de la chaîne, les couches s'inclinent vers le NW, donc en sens inverse de celles de la Croix de Châtillon, ce qui fait que, dans l'ensemble, et ainsi que l'a bien vu Ch. Sarasin [**38**, p. 7], la chaîne peut être considérée comme un anticlinal très surbaissé. Mais la bordure NW disparaît sous les éboulis et les limons de ruissellement, et c'est très en contre-bas, au bord du torrent de Maroly, que se montre le Trias de base, là à l'état de cargneules venant au contact des marnes rouges de la zone triasique S d'Auferrand.

Nous avons déjà dit que le Trias de ce massif venait, au Col de la Clé des Annes, se joindre à celui de Lachat.

Sur son versant SE, la chaîne de Lachat montre un socle continu de Trias (marnes rouges et cargneules), très épais, supportant la falaise liasique. D'après G. Maillard, au S du sommet de Lachat et au-dessus des chalets de la Grande Montagne et du Char, se montrent, en contre-bas des cargneules et des argiles triasiques, des grès noirs qu'il rapporte au Trias inférieur. Ce même géologue a décrit et figuré, au-dessous de ces mêmes chalets, des affleurements de Lias qu'il considère comme étant en place et dont il fait une série nouvelle, renversée sous le Trias : on aurait donc là un anticlinal déversé au S. Je suis d'accord avec Sarasin [**38**, p. 8], pour considérer ces lambeaux, ainsi que ceux de Trias qui les accompagnent, comme résultant d'un éboulement local [2].

Après la Duche, le Trias (cargneules) atteint le fond de la vallée pour se continuer jusqu'au Col des Annes.

c) Rapports entre le massif d'Auferrand-Almet et celui de Lachat (pl. IV). — Ces deux massifs sont séparés par le vallon de Maroly, creusé jusqu'au Nummulitique autochtone, et ils viennent au contact, par leur Trias, dans les parties hautes du vallon et au Col de la Clé des Annes.

Les deux versants de ce vallon n'ont pas même constitution. Tandis que le versant N est formé par des couches liasiques très redressées (pendage S), suivies par le Trias montrant des répétitions de couches, le versant S, au contraire, montre un talus en pente douce, surplombé par les falaises liasiques subhorizontales de Lachat.

1. Ce Lias a fourni là de bonnes coupes étudiées successivement par Sarasin [**38**, p. 6-7] et Péterhans [**112**]. Les eaux sauvages qui s'engouffrent dans les calcaires crevassés du plateau de Lachat, réapparaissent à l'état de sources au niveau des marnes triasiques de base.

2. De tels glissements sont d'ailleurs fréquents sur tout ce versant.

G. Maillard admet [**11**, p. 22] que les deux chaînes sont séparées par une faille passant par le Col de la Clé des Annes où les deux Trias butent l'un contre l'autre. C'est aussi la solution admise par M. Lugeon.

Pour Sarasin, au contraire [**38**, p. 12], « le vallon de Maroly correspond à une ligne de chevauchement de la klippe d'Almet sur la klippe de Lachat ».

J'avoue ne pas avoir été convaincu par sa démonstration et je serais plutôt porté à voir dans ce vallon de Maroly une sorte de ride anticlinale ayant provoqué le refoulement de Lachat sur Almet, suivi d'un tassement postérieur du flanc Lachat.

En effet, à 1 km. environ à l'amont du hameau des Bouts, on voit les marnes rouges triasiques du socle de Lachat venir se joindre à celles d'Almet, qui présentent ici une bande anticlinale de cargneules. Plus à l'amont, à partir de Maroly, sur les cargneules de Lachat, viennent successivement, et en couches laminées, le Rhétien, le Lias calcaire et le Lias schisteux de l'extrémité NE du plateau de Lachat.

Au Col de la Clé des Annes, on voit également sur les marnes rouges du Trias de Lachat, le Rhétien et le Lias, très redressés et laminés, dessinant un mouvement anticlinal et ne s'enfonçant nulle part sous le Trias de la Pointe d'Almet. Au Col, ce Trias, surtout formé de marnes rouges, montre un noyau de cargneules et de calcaires dolomitiques très broyés, qui souligne encore le mouvement anticlinal qui existe entre Lachat et Almet.

En résumé, le synclinal d'Almet-Auferrand et le plateau de Lachat sont en relation par un anticlinal dont le noyau triasique digité, mis à nu par l'érosion, est encore visible au Col de la Clé des Annes. Ainsi se trouvent expliqués les replis du Trias de la bordure S de la Tête d'Auferrand (fig. 6, pl. IV).

3° Nappe moyenne.

Elle est représentée par des lambeaux ou écailles de Malm, de Crétacé supérieur, de Flysch, écrasés à la base de la nappe supérieure et dont les faciès sont, dans la majorité des cas, ceux de la nappe moyenne de Sulens.

Ces lambeaux sont surtout développés sur le versant N de la chaîne d'Auferrand-Almet. C'est donc là que nous irons tout d'abord les étudier.

a) Versant N de la chaîne d'Auferrand-Almet.

α) *Combe des Forts.*

C'est l'écaille la plus importante comme puissance et complexité (fig. 29).

Elle est formée par une succession d'écailles de Jurassico-Crétacé siliceux, de couches rouges, de Flysch. Chacune de ces écailles se développe subitement en épaisseur, puis disparaît par amincissement brusque, de sorte qu'il se produit un relais continu entre tous ces fragments et que la coupe n'en est jamais la même sur deux transversales voisines, depuis les chalets de Cuillerie jusqu'à ceux d'Auferrand.

Ainsi, le premier affleurement que l'on peut noter à la base de l'extrémité W de

la Tête d'Auferrand est la lentille de conglomérat polygénique à grandes Nummulites et Orthophragmines qui se voit un peu à l'amont des chalets de Cuillerie.

Dès l'entrée de la Combe des Forts, entre ce Flysch et le Lias schisteux d'Auferrand, s'intercale une bande de Crétacé supérieur à faciès « couches rouges » qui va se prolonger dans la combe, pendant quelques dizaines de mètres. Puis, ces couches rouges viennent s'écraser contre une volumineuse écaille formée par un complexe de grès, microbrèches, schistes verts, appartenant toujours au Flysch. Le long du torrent qui suit la Combe des Forts, le contact entre ces deux formations est très chaotique. Puis, entre ce Flysch et les couches rouges se développe bientôt une nouvelle écaille très importante, formée par le complexe jurassico-crétacé à zones siliceuses et microbrèches, dans lequel nous reconnaissons aisément tous les faciès des couches siliceuses de Roche-Vieille (Sulens).

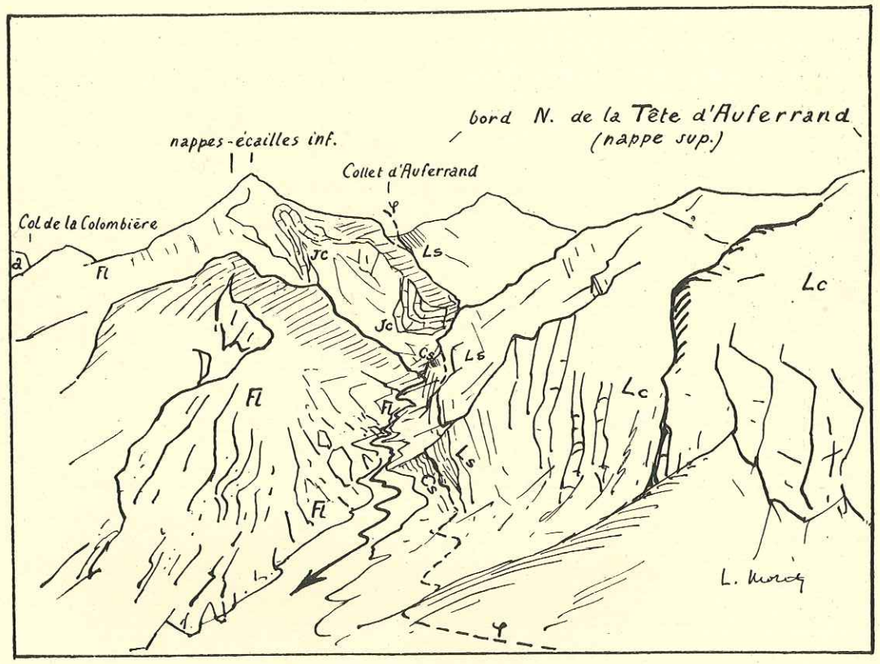


Fig. 29. — La Combe des Forts. Croquis détaillé, d'après nature, pris de l'Ouest (aval). Lc, Lias calcaire ; Ls, Lias schisteux ; Jc, couches siliceuses du Jurassico-Crétacé ; Cs, Crétacé supérieur à l'état de « couches rouges » ; Fl, complexe bréchique du Flysch ; a, autochtone.

Cette écaille est très curieusement replissée et détermine une sorte de verrou dans la vallée ; elle est, à un moment, directement recouverte par les schistes noirs du Lias d'Auferrand, par suite du laminage du Crétacé supérieur (fig. 9).

Notre complexe du Flysch continue à doubler, à l'extérieur, le Jurassico-Crétacé, et plus au N, il est lui-même recouvert par de nouvelles petites écailles de Jurassico-Crétacé siliceux et de Flysch gréso-conglomératique qui se voient le long du sentier du Col de la Colombière.

Si l'on continue à remonter la Combe des Forts, le thalweg oblique vers la droite et se creuse dans le Lias d'Auferrand. Pour suivre nos écailles, il faut emprunter un petit collet latéral qui va nous amener directement sur les chalets d'Auferrand. Au collet lui-même, les schistes du Lias recouvrent les lentilles très étirées de « couches rouges », de Jurassico-Crétacé, de brèches du Flysch. L'écaille de Jurassico-Crétacé siliceux, si importante dans la Combe des Forts, disparaît progressivement en arrivant aux chalets d'Auferrand, par contre, les couches rouges prennent là un énorme développement et c'est sur elles que sont construits ces chalets.

Au droit des chalets, la coupe des écailles est encore plus compliquée qu'elle n'était dans la Combe des Forts, par suite de la répétition de lentilles de Malm siliceux, de couches rouges, de Flysch ; cette répétition peut se faire quatre fois de suite sur la même transversale, fait qui avait déjà frappé Lugeon [**32** *bis*].

Comment se fait le contact de l'autochtone avec les écailles basales ?

Aux chalets de Cuillerie et à l'entrée de la Combe des Forts, ce contact se voit mal, car caché sous les éboulis, mais, près du Col de la Colombière, on voit des écailles de Malm siliceux et de Crétacé supérieur traînées sur les schistes à Globigérines du Nummulitique. Quelques-unes de ces écailles, véritables « copeaux », sont même complètement incluses dans les schistes autochtones, ainsi, le long du torrent, l'érosion a mis à nu, dans ces schistes, une lentille de Sénonien et une autre de microbrèches du Flysch.

De l'autre côté du Col de la Colombière, le rebord N du plateau qui porte les chalets d'Auferrand est formé par les grès et conglomérats de Taveyannaz de l'autochtone, sur lesquels sont superposés du Malm siliceux ou du Sénonien appartenant à notre complexe d'écailles. Ch. Sarasin [**38**, p. 17] dit avoir vu là, au contact du Crétacé supérieur charrié et de l'autochtone, « un gros banc de calcaires gris brunâtre, grenu, un peu spathique, qui ressemble d'une façon remarquable à certains niveaux de l'Urgonien ». Je n'ai pas pu retrouver ces calcaires.

β) *La Touvière.*

A l'E des chalets d'Auferrand, dans une région très boisée et difficile d'accès, le paquet de lentilles de la nappe moyenne est brusquement coupé par la surface de charriage de la nappe supérieure. Celle-ci arrive presque directement au contact de l'autochtone ou n'en est plus séparée que par de petits copeaux de Crétacé supérieur.

Il faut arriver à la région de la Touvière, au N et en contre-bas de la Pointe d'Almet, pour retrouver notre nappe moyenne bien dévoloppée.

Une bonne coupe peut s'étudier le long du petit torrent qui descend en cascade sur le Lias de base de cette montagne. Ce Lias est formé de calcaires bruns à silex et il est refoulé sur les quartzites triasiques dont nous avons déjà parlé, puis sur un complexe d'écailles, de quelques dizaines de mètres, appartenant aux nappes inférieures.

On voit là, très mêlés et toujours en lentilles répétées : du Flysch ; des calcaires néocrétacés à Rosalines ; des schistes noirs et jaunes ; des schistes gris et verdâtres avec bancs de microbrèches analogues à celles du Flysch de la Combe des Forts ; des conglomérats à gros galets cristallins (granite, gneiss, schistes cristallins, roches vertes) et calcaires (Trias, Lias, Malm, Crétacé) rappelant ceux de la colline du Bouchet.

C'est là ce que Maillard avait attribué au Trias et dont Sarasin fait, avec raison, du Flysch.

Enfin, à la base de la coupe, et poussés sur les schistes micacés du Nummulitique autochtone, apparaît une lame de calcaires sublithographiques tachetés, rappelant le Sénonien autochtone.

b) Vallon de Maroly. — Le fond de cette vallée, dans l'espace compris entre la Sonnerie et les Bouts, est creusé dans des schistes nummulitiques qui appartiennent probablement à la nappe inférieure. A l'entrée de la vallée, dans le lit du Torrent, on trouve, emballées dans ces schistes, des roches variées : calcaires à silex, calcaires sublithographiques tachetés, schistes gris, calcaires noirs gréseux, etc., reposant sur le Flysch schisto-gréseux.

A la Sonnerie, on retrouve sur le Flysch un lambeau de calcaire blanc sénonien associé à des calcaires à zones siliceuses et microbrèches de même nature que notre Jurassico-Crétacé de la Combe des Forts (nappe moyenne).

c) Bordure SE du massif des Annes. — On ne trouve d'écailles à la base de la nappe supérieure qu'à partir du hameau de Tavaillon. Il y a là, égrenées dans le Flysch (mélange probable de Flysch ultrahelvétique et d'autochtone), des lentilles de calcaires à Foraminifères et de conglomérats nummulitiques. A la Duche, des affleurements plus importants se montrent : ce sont des calcaires gris ou noirâtres à zones siliceuses, associés à des microbrèches calcaires très dures. Les microbrèches renferment des éléments calcaires (dolomies du Trias, Lias), quelques silex et grains de quartz dans un ciment à pâte fine grise. Ces couches plongent dans le Flysch, sous les Annes.

A 100 mètres environ au NE de la chapelle de la Duche, à droite du chemin du Col des Annes, affleurent des calcaires sublithographiques jaunâtres, très froissés, qui sont probablement crétacés supérieurs, et des grès fins du Flysch, le tout s'enfonçant sous les cargneules du Trias de la nappe supérieure. Ce sont ces cargneules qui vont monter au Col.

De l'autre côté du Col, notre zone de lentilles se retrouve bien développée, entre les schistes micacés du Nummulitique autochtone et le Trias de la nappe des Annes ; elle y forme une suite de blocs variés : grès et conglomérats nummulitiques, calcaires blancs du Crétacé supérieur, calcaires jurassico-crétacés à zones siliceuses, schistes noirs, etc.

4° Nappe inférieure.

Elle est ici difficile à individualiser. Il est infiniment probable que la plus grosse portion du Flysch qui forme le fond du vallon de Maroly et celui qui entoure la base S du massif des Annes est ultrahelvétique. C'est un Flysch schisto-gréseux très

semblable à celui de Sulens, mais je n'ai pas encore pu y découvrir les microbrèches caractéristiques. Par contre, l'extrémité orientale des Annes, au-dessus de Pralong et du Reposoir est plus intéressante à cet égard. Le talus de la Pointe d'Almet est abrasé à l'E et montre des schistes noirs avec deux lentilles de Sénonien grisâtre à Foraminifères ; mais on y trouve aussi quelques bancs très broyés de microbrèches à *Lithothamnium* et Orthophragmines. Donc, le Flysch ultrahelvétique est ici représenté, mêlé intimement par écrasement à celui de la nappe moyenne.

De fait, si nous nous écartons du socle des Annes pour étudier au NE de Pralong, de l'autre côté de la vallée, les environs de Saint-Anselme et de Saint-Charles, nous trouverons là, bordant à l'W les grès de Taveyannaz du plateau de Vormy, une large bande de Flysch schisto-gréseux, analogue à celui de Serraval et de la Côte de Marlens. Ce Flysch est séparé du Nummulitique autochtone par quelques lentilles de Sénonien, dont la plus importante se montre près de Chables, et légèrement à l'amont, en plein bois.

Ce Flysch ultrahelvétique est ici pincé entre le front de la nappe des Aravis (anticlinal de la Tête de la Salaz) et le Nummulitique autochtone du synclinal du Reposoir.

Le Sénonien autochtone, très disloqué, affleure près de la Chartreuse du Reposoir, grâce à un repli du fond du synclinal. Étant près de la surface, il n'est pas étonnant qu'il ait été arraché pour donner çà et là des lambeaux de poussée à la base du groupe exotique.

5° Résumé et conclusions.

Si la nappe supérieure (Préalpes médianes) est bien représentée aux Annes, et par des affleurements plus étendus qu'à Sulens, par contre, les nappes moyenne et inférieure y sont très laminées et n'y forment pas les auréoles si nettes étudiées à la base de Sulens.

Toutefois, la nappe moyenne y est représentée spécialement dans la Combe des Forts, et sous des faciès très voisins de ceux de la nappe homologue de Sulens.

La nappe inférieure, écrasée, laminée, n'est nette nulle part, sauf peut-être à l'extrémité E du massif.

IV. — RELATIONS ET ORIGINE DES KLIPPES DES ANNES ET DE SULENS [1].

A) Relations des klippes avec les chaînes subalpines (pl. VI, fig. 1 et 4).

Les deux klippes des Annes et de Sulens, conservées dans deux fonds de synclinaux, correspondent à des zones d'accumulations maxima des sédiments charriés. Elles sont constituées par un *empilement de nappes* qui se rattachent à celles du Chablais.

La base de ces massifs charriés est sensiblement concordante avec les couches du

1. Il sera utile d'avoir sous les yeux les feuilles Annecy et Albertville de la Carte géologique au 1/80.000e, ou ma Carte géologique de Savoie au 1/200.000e [113].

Nummulitique du grand synclinal de Thônes sur lesquelles ils sont posés. C'est là un fait qui a frappé tous mes prédécesseurs.

Remarquons tout d'abord qu'il est exceptionnel d'observer des mylonites au contact des terrains charriés et de l'Autochtone ; ces contacts anormaux importants ne sont en général soulignés que par un simple laminage des terrains au contact ou par la présence de lentilles de terrains variés se relayant sur de grandes distances.

La présence des masses charriées se manifeste surtout *dans l'Autochtone*, soit par des *failles*, généralement obliques et chevauchantes dans le sens de la poussée, soit par des *décollements* entre les terrains de la série autochtone elle-même. Le plus souvent, c'est le Nummulitique qui est décollé, et ce phénomène s'accompagne alors d'un grand développement de brèches de friction. *Les mylonites ne sont donc pas ici entre les nappes et l'Autochtone, mais dans la masse de l'Autochtone lui-même.*

La *limite occidentale* actuelle de nos klippes correspond à peu de choses près à leur extension réelle ; en effet, nous avons pu mettre en évidence des *charnières frontales* dans le Trias et le Lias de la nappe supérieure.

D'autre part, les phénomènes de laminage ainsi que les dislocations dans l'Autochtone ne se montrent pas au delà du versant W du synclinal de Thônes. La répartition de ces *zones disloquées* semble bien prouver que la klippe des Annes n'est pas le prolongement pur et simple de celle de Sulens et que ces deux klippes représentent *deux digitations* d'une même nappe, embouties dans le fond du grand synclinal double et séparées par l'anticlinal de la Clusaz, sensiblement parallèle aux directions axiales des klippes. Ces directions, bien marquées à Sulens et aux Annes, le long des charnières, sont en général *obliques* aux directions subalpines. Cela est surtout net aux Annes où l'axe de la grande charnière de la nappe supérieure est à peu près E-W, tandis que la direction du front de la nappe des Aravis est SW-NE ou même NNE-SSW.

A Sulens, les axes des plis de la nappe inférieure sont également obliques à ceux des Aravis. Il y a donc là deux systèmes de plis qui ne sont pas exactement contemporains.

Il est incontestable, et M. Lugeon l'a démontré pour le Chablais (auquel se rattachent nos klippes), que ces masses exotiques ont été mises en place *avant le plissement définitif de la région*, dès la fin de l'Éocène (puisqu'elles reposent partout sur les grès de Taveyannaz) et pendant l'Oligocène.

C'est la progression de ces nappes sur un substratum encore peu plissé, qui a déterminé tout d'abord la mise en marche de la nappe des Aravis, grâce au décollement qui s'est produit à la base du Lias ou au sommet du Trias. C'est également à ce moment que s'est décollé le Nummulitique du synclinal de Thônes et que l'Autochtone de la région du Charvin s'est débité en petites écailles.

Puis, lorsque la *phase subalpine principale* s'est déclenchée, ces nappes ont gêné la propagation des plis ; elles ont été soulevées, transportées en masse en fronçant les sédiments bordiers qui sont alors devenus les chaînes subalpines. La largeur remarquable du synclinal de Thônes s'explique donc par ce fait que, le front de la nappe des klippes y étant logé, les plis n'ont pu prendre naissance qu'à l'extérieur

de ce front, ou entre ses deux digitations, amorçant ainsi l'anticlinal de la Clusaz[1].

Les dislocations diverses qui accidentent l'Autochtone au droite des klippes (failles obliques de la Tournette, champ de fracture du Chinaillon, etc.) datent également de cette période.

C'est par contre-coup que les chaînes subalpines ont à leur tour provoqué la formation des plis mollassiques et jurassiens.

Nous avons déjà dit que l'allure générale du massif des Bornes et la répartition des altitudes maxima suivant un vecteur de poussée pouvaient être expliquées par la facilité avec laquelle l'ensemble des nappes s'est propagé dans l'ensellement hercynien compris entre le Mont-Blanc et les Aiguilles Rouges et le massif de Belledonne.

La structure de nos klippes indique donc qu'elles sont antérieures au mouvement général qui a plissé les chaînes subalpines. Ces dernières ont été en grande partie façonnées dans notre région par les nappes en progression qui y ont imprimé leur passage. Puis l'ensemble a été repris par la phase terminale, miocène, du plissement alpin et nos nappes n'ont alors joué qu'un rôle passif ; tout au plus leurs charnières ont-elles rejoué.

La grande courbure synclinale d'ensemble du groupe exotique de Sulens qui a déterminé l' « accordance », ou concordance tectonique, des couches charriées avec celles du synclinal de Thônes, date de cette époque.

Remarquons d'autre part que, dans l'ensemble des nappes préalpines, notre pli digité Annes-Sulens correspond à une virgation terminale, sud-orientale du Chablais, limitée d'une part par l'inflexion transversale de Faverges, d'autre part par celle de la vallée de l'Arve, laquelle est une véritable ligne de rebroussement. Ces deux grandes *ondulations synclinales transverses* sont d'importance fondamentale, puisqu'elles ont influé sur l'allure des plissements postérieurs. Elles sont elles-mêmes antérieures au plissement des chaînes subalpines. Aux Annes, les axes sont approximativement E-W et s'incurvent vers la ligne de l'Arve. Au contraire, à Sulens, ils deviennent à peu près N-S vers l'W. Il y a donc là l'indication d'une véritable torsion des axes, qui fait que notre virgation possède une tendance à se diriger vers le S. Et comme le front des plis coïncide à peu près avec les affleurements, on peut penser qu'il n'a jamais dû exister de sédiments préalpins plus à l'W ; l'ensemble des klippes doit donc être rattaché à un *feston* ayant passé par dessus les massifs cristallins et dont il faut maintenant rechercher les racines dans les zones internes de la chaîne alpine.

B) **Origine des klippes des Annes et de Sulens.**

Ces klippes étant des lambeaux de recouvrement appartenant aux grandes nappes du Chablais sont donc liées, quant à leur origine, à celle de ces nappes et toute théorie expliquant ces dernières vaudra pour nos klippes.

Nous avons vu que les nappes des Annes-Sulens sont superposées à la *nappe de*

1. Ce pli n'est donc pas dû à une tectonique ancienne : nous avons vu que le Nummulitique n'y était point transgressif sur l'Urgonien, mais traîné sur ce terrain par suite d'un décollement et après laminage du Gault et du Sénonien.

Morcles-Aravis et nous avons établi que cette dernière venait s'enraciner dans la zone synclinale complexe de Chamonix et, peut-être, sur le versant externe du Mont-Blanc. Or, vers le SW, la zone de Chamonix semble se bifurquer pour donner deux zones synclinales : une branche externe passant par la zone liasique de Beaufort et au Col de la Bâthie-Cevins ; une branche interne, la plus importante, longeant, à l'E le massif de Belledonne N. C'est donc dans ces deux zones que viennent s'enraciner les noyaux liasico-triasiques des boucles crétacées des Aravis. Il en résulte que les nappes de nos klippes doivent s'enraciner au delà de la zone radicale la plus interne de la nappe de Morcles-Aravis, c'est-à-dire à l'E de la bordure orientale de Belledonne.

1° Nappe inférieure ou ultrahelvétique. — Les géologues suisses admettent que leur nappe ultrahelvétique vient s'enraciner dans la zone des écailles cristallines du Val Ferret et du Mont-Chétif, donc dans une zone directement chevauchée par la zone du Flysch. La racine de la nappe inférieure de Sulens doit donc être recherchée dans le prolongement de cette zone au SW, c'est-à-dire dans une zone qui passe à Roche-Parstire, dans le Vallon de Naves et dans la vallée du Col de la Madeleine ainsi que dans la région des injections triasiques du Pays des Arves [**142, 145**].

2° Nappe moyenne ou du Flysch du Niesen. — Nous avons homologué cette nappe moyenne de Sulens et des Annes à celle du Flysch du Niesen, Flysch qui, pour les géologues suisses, forme l'enveloppe tertiaire des plis penniques frontaux. Pour E. Haug [**88**], ce Flysch se prolongerait sur le territoire français par celui de la zone des brèches de Tarentaise et des Aiguilles d'Arves [1]. C'est donc là que nous irons chercher les racines de cette nappe moyenne. Ce rattachement n'est pas purement hypothétique puisque, dans la zone du Flysch comme dans notre nappe moyenne, le Flysch est surtout représenté par des conglomérats polygéniques extrêmement développés. Nous ne voulons pas dire d'ailleurs que ce Flysch de Tarentaise et de Maurienne soit la racine exacte de notre nappe moyenne, mais que celle-ci doit se trouver au voisinage, soit dans une région plus interne, soit même dans une région plus externe, écrasée actuellement (cicatrice) entre l'Autochtone et le Flysch.

3° Discussion. — H. Schoeller a combattu cette assimilation [**130**, p. 27 et suiv.], en se basant sur l'étude des faciès des terrains de la nappe moyenne et sur celle des galets contenus dans les conglomérats du Bouchet. Pour lui, tous les terrains de la nappe moyenne sont originaires d'un géosynclinal situé en avant de la nappe de l'Embrunais, laquelle est de nature essentiellement géanticlinale. C'est pourquoi il préfère rattacher cette nappe moyenne à la nappe inférieure ; cette dernière elle-même serait, quant aux faciès de ses terrains, très voisine de l'Autochtone. La racine de la nappe moyenne serait donc à rechercher non plus dans la zone du Flysch, mais dans une zone beaucoup plus externe.

Toutefois, cet auteur reconnaît que, par certains de ses traits stratigraphiques (grès crétacés, conglomérats du Flysch), la nappe moyenne est « proche de celle de l'Embrunais ».

1. Ses conglomérats rappellent beaucoup ceux des nappes inférieures du Flysch de l'Embrunais et en particulier ceux du lac d'Allos (Lutétien) qui sont issus de la bordure occidentale de la zone du Briançonnais *sensu lato*.

Je ferai tout d'abord remarquer, contrairement à l'opinion de Schoeller, que les faciès des nappes inférieures ne sont pas si voisins que cela de ceux de l'Autochtone de la zone des Aravis.

Voyons tout d'abord la *nappe ultrahelvétique*. Si le Callovo-Oxfordien possède, à peu de choses près, le même faciès dans les deux unités, par contre, le Malm est plus calcaire et plus riche en silex dans la nappe ; il en est de même du Berriasien, parfois si calcaire dans la nappe qu'il peut y être confondu avec le Tithonique.

Le Valanginien et l'Hauterivien sont plus schisteux et plus noirs dans la nappe. L'Urgonien, si développé aux Aravis, où il forme avec l'Hauterivien supérieur une haute falaise, n'est représenté dans la nappe que par de rares et minces dalles de calcaires à Orbitolines, sans Rudistes, noyées dans des schistes noirs.

L'Aptien et l'Albien ne forment qu'un ensemble indiscernable de schistes noirs dans lesquels se voient çà et là quelques passées gréso-glauconieuses d'un vert sombre ; la lumachelle gréso-phosphatée à nombreux fossiles, si caractéristique de l'Autochtone, a donc disparu.

Le Sénonien est plus marneux et plus schistoïde dans la nappe.

Le Flysch y est, dans l'ensemble, schisto-gréseux, mais renferme, au niveau de sa base, des bancs de micro-brèches calcaires à Lithothamnies et Orthophragmines très caractéristiques, inconnues dans l'Autochtone.

Si, maintenant, nous faisons porter nos comparaisons sur les terrains de la *nappe moyenne*, nous trouverons des différences encore plus accusées. Il n'existe rien, ni dans l'Autochtone, ni d'ailleurs dans la nappe inférieure, qui rappelle les couches siliceuses du Jurassico-Crétacé [1] ; le Crétacé supérieur de la nappe moyenne est à l'état de « couches rouges » et il renferme même des bancs gréso-siliceux à spicules de Spongiaires absolument étrangers à l'Autochtone. Enfin, le Flysch est envahi par les fameux conglomérats polygéniques à grandes Nummulites dits du Bouchet, très différents de ceux du Flysch ultrahelvétique de Sulens et de l'Autochtone. Il faut reconnaître que, par ailleurs, ces couches du Bouchet ne ressemblent pas beaucoup aux formations bréchiques typiques du Niesen, caractérisées par des blocs plus anguleux, en majorité penniques (roches vertes, jaspes) réunis par un ciment peu abondant.

Schoeller, qui a étudié minutieusement les galets des conglomérats du Bouchet, y a reconnu des roches mésozoïques variées et surtout des calcaires à Orbitolines ainsi que des granites assez semblables à ceux de Beaufort, toutes roches qui, pour lui, n'existent pas dans les conglomérats du Flysch de Tarentaise. Ceci tendrait donc pour Schoeller à faire rapprocher vers l'extérieur les racines de la nappe moyenne.

Mais, à notre avis, ces arguments négatifs ne signifient en aucune façon que ces roches n'aient pas existé dans la zone du Flysch. Il faudrait alors conclure de l'absence de galets de Sénonien dans le conglomérat du Bouchet que le Crétacé supérieur n'existait pas dans la zone où ils se sont déposés, et pourtant ce terrain est un des plus développés de notre nappe moyenne.

1. Nous connaissons des formations analogues dans les écailles des nappes inférieures du Flysch de l'Embrunais (zone sub-briançonnaise d'Ancelle, du Morgon, etc.) (M. Gignoux et L. Moret, *CR. Ac. Sc.*, t. 195, p. 1202, 1932).

Quant aux calcaires à Orbitolines conservés à l'état de galets dans ces conglomérats, on sait maintenant qu'il en existe dans les formations similaires du Flysch du Niesen, soit en place, soit à l'état de galets et nous avons dit qu'ils étaient un des éléments caractéristiques de la nappe ultrahelvétique savoisienne.

Le Crétacé supérieur est d'ailleurs représenté dans la zone du Flysch des Aiguilles d'Arves : ce sont les « marbres en plaquettes » de la zone du Pas-du-Roc. Cette zone, récemment individualisée par D. Schneegans, a été définitivement rattachée par cet auteur à celle des Aiguilles d'Arves, ainsi que je l'avais admis dans ma Carte géologique de Savoie, et cela, contrairement à l'opinion de H. Schoeller qui, par la suite, la rattacha au Briançonnais *sensu stricto*.

Pour toutes ces raisons, je persiste donc à croire que la nappe moyenne de Sulens et des Annes venait s'enraciner au voisinage ou même dans la zone du Flysch des Aiguilles d'Arves.

4° Nappe supérieure ou des « Préalpes médianes ». — Cette nappe, par ses faciès, s'apparente indubitablement à celle des « Médianes ». Elle subira donc le sort de cette dernière quant à son enracinement. Mais, nous touchons là à un problème très discuté dans lequel les avis sont encore très partagés et même radicalement opposés.

La plupart de nos collègues suisses enracinent ces nappes dans la partie orientale des Alpes, dans la « zone du Canavese », ce qui nécessite un charriage de plus de cent kilomètres.

Les géologues français sont moins audacieux et estiment avec E. Haug [**88**] que le Briançonnais, où se retrouvent tous les faciès connus dans les Préalpes médianes, est la zone où il faut aller les rechercher.

On voit donc que la divergence d'opinion se mesure par presque toute la largeur des Alpes.

Dans une note récente, M. Gignoux et moi-même [**145**] avons, à la suite de E. Haug, cherché à justifier cette hypothèse.

Nous sommes arrivés à la conviction que c'est dans la région bordière la plus occidentale du Briançonnais (zone subbriançonnaise, zone du Galibier), qu'ont dû prendre naissance, par le processus des *festons*, toutes les nappes préalpines.

Cette conviction est avant tout fondée sur l'étude approfondie à laquelle nous nous sommes livrés depuis plusieurs années de toutes ces zones dans les régions de l'Embrunais et de l'Ubaye. En effet, la naissance et l'individualisation de ce que nous avons appelé des festons, peuvent être saisies sur le vif dans ces régions où d'énormes masses de Flysch se montrent en recouvrement sur les zones externes. A la base ou dans la masse de ce Flysch, des écailles de terrains mésozoïques de faciès briançonnais, entraînées au moment de la progression des nappes, forment de véritables cicatrices qui peuvent être suivies jusqu'à leurs racines situées dans les parties les plus externes de la zone briançonnaise.

Ces nappes de l'Embrunais-Ubaye forment donc un puissant feston entre Pelvoux et Mercantour et, pour nous, c'est à ce feston que fait suite, vers le N, le nouveau feston du Chablais et de l'ensemble des Préalpes.

Ce dernier feston s'individualise au Pas-du-Roc et dans le massif des Encombres dont les belles charnières liasico-triasiques frontales sont là, à peine dégagées du

Crétacé et du Flysch de la zone des Aiguilles d'Arves (l'ensemble constituant, je le rappelle, notre zone subbriançonnaise). Mais au delà, la zone du Pas-du-Roc s'étire et se soude intimement à la zone du Flysch en donnant lieu à des cicatrices, de sorte qu'à partir de l'Isère, le régime isoclinal domine et il devient impossible de discerner chaque unité tectonique.

Cette structure est précisément due au fait que nous sommes ici dans une région de racines et de cicatrices dont les plis frontaux ont été expulsés et déversés très loin vers l'extérieur. Le lambeau de Sulens, puis celui des Annes, jalonnent le front, très morcelé par l'érosion, de ce grand feston qui va prendre un développement considérable sur la rive droite de l'Arve, en Chablais.

Sommes-nous en mesure de préciser la situation exacte de notre zone de racines? Répondons franchement : non, et cela pour la raison que l'étude de notre zone subbriançonnaise au N de Moutiers est encore assez mal connue malgré les efforts méritoires des géologues alpins et en particulier de H. Schoeller. Mais nous n'en persistons pas moins à croire que c'est dans cette curieuse zone des « Brèches de Tarentaise », si complexe, et dans la zone de Mésozoïque peu métamorphique de Bourg-Saint-Maurice (zone de Lancebranlette), que réside la clef du problème des racines des Préalpes. Au surplus, cette zone se prolonge en Suisse par une des régions les moins connues et d'ailleurs les moins pratiquées qui soient des Alpes de ce pays : la zone de Sion-Val Ferret qui n'a pas encore livré son secret.

L'intérêt de choisir une telle région pour la racine de l'ensemble des Préalpe serait tout d'abord que les terrains sédimentaires y sont plus variés et moins laminés que ceux de la zone orientale qui a été adoptée jusqu'ici, et que la distance qui mesure les charriages y est plus modeste, donc, *a priori*, plus vraisemblable.

De plus, cette solution aurait l'avantage de satisfaire aux données actuelles de la Géophysique qui nous enseignent que les grandes perturbations sont situées à l'aplomb de la chaîne et que les nappes de charriage ne sont que des phénomènes de déversement tangentiel superficiel [1].

1. Jean Jung. La géologie profonde de la France d'après le nouveau réseau magnétique et les mesure de la pesanteur (*Ann. de l'Institut de Physique du globe de l'Université de Paris*, t. XI, 1933). — *Id.*, La structure profonde du sol de la France d'après les données de la géophysique (*Bull. de l'Ass. des géographes français*, n° 76, février 1934).

BIBLIOGRAPHIE

1. 1774. H. B. de Saussure. Voyages dans les Alpes, in-4°, 3 vol.
2. 1858. G. de Mortillet. Géologie et Minéralogie de la Savoie (*Annales de la Chambre royale d'Agriculture et de Commerce de Chambéry*).
3. 1867. A. Favre. Recherches géologiques dans les parties de la Savoie, du Piémont et de la Suisse voisines du Mont-Blanc, 3 vol. in-8° et Atlas, Paris. Genève.
4. 1869. Lory, Pillet et Vallet. Carte géologique du département de la Savoie, 1/500.000e. Chambéry.
5. 1877. E. Favre. La zone à *Ammonites acanthicus* dans les Alpes de la Suisse et de la Savoie. *Mém. Soc. paléontolog. Suisse*, vol. IV.
6. 1881. D. Hollande. Excursion au Grand-Carre ou Mont-Charvin. *Revue Savoisienne*, p. 31. Annecy.
7. 1884. W. Gershom Collingwood. The limestone Alps of Savoy; a study in physical Geology; with an introduction by John Ruskin, I vol. in-8°, XXIII, 206 p., Orpington, Kent.
8. 1885. J. Em. Fallot. Étude géologique sur les étages moyen et supérieur du terrain crétacé dans le Sud-Est de la France. Thèse, Paris.
9. 1889. D. Hollande. Étude sur les dislocations des montagnes calcaires de la Savoie. 1 br., in-8°, 174, p., 10 pl. Extr. *Bull. Soc. Hist. Nat. de Savoie.*
10. 1889. D. Hollande. Étude stratigraphique des montagnes jurassiques de Sulens et des Almes, situées au milieu des Alpes calcaires de la Haute-Savoie. *Bull. de la Soc. géol. de France*, 3e s., t. XVII, p. 691-718, 28 fig., 2 cartes au 1/80.000e.
11. 1889. G. Maillard. Note sur la Géologie des environs d'Annecy, La Roche, Bonneville et de la région comprise entre le Buet et Sallanches (Haute-Savoie). *Bull. Serv. Carte géol. Fr.*, t. I, n° 6, 64 p., 9 pl.
12. 1890. E. Renevier. Monographie géologique des Hautes-Alpes vaudoises et parties avoisinantes du Valais. *Mat. pour la Carte géol. de la Suisse*, 16e livr., 563 p., 7 pl., 1 carte 1/50.000e.
13. 1891. G. Maillard. Note sur diverses régions de la feuille d'Annecy. Précédée d'une note de M. Michel-Lévy sur les derniers travaux de G. Maillard. *Bull. Serv. Carte géol. Fr.*, t. III, n° 22, 45 p., 1 pl.
14. 1891. P. Termier. Sur l'existence de tufs d'andésite dans le Flysch de la Clusaz (Haute-Savoie). *CR. Ac. Sc. Paris*, 6 avril 1891, t. CXII, p. 747-749.
15. 1893. Marcel Bertrand. Le Môle et les collines du Faucigny (Haute-Savoie). *Bull. Serv. Carte géol. Fr.*, t. IV, n° 32, 49 p., 1 carte.
16. 1893. G. Maillard et Locard. Monographie des Mollusques terrestres et fluviatiles de la Suisse. *Mém. Soc. pal. Suisse*, t. XVII-XIX.
17. 1894. Carte géologique détaillée de la France, au 1/80.000e. Feuille Annecy (1re édit.) et notice explicative (160 *bis*).
18. 1895. E. Haug. Études sur la tectonique des Hautes Chaînes calcaires de Savoie. *Bull. Serv. Carte géol. Fr.*, t. VII, n° 47, 92 p., 13 fig., 6 pl.
19. 1895. E. Haug et M. Lugeon. Communication préliminaire sur le synclinal de Serraval et la montagne de Sulens. *C. R. som. séances Soc. géol. Fr.*, 3e s., t. XXIII, p. xxvi, xxix.
20. 1895. L. Duparc et Et. Ritter. Le grès de Taveyannaz et ses rapports avec les formations du Flysch. *Archiv. Sc. phys. et nat. Genève*, t. XXXIII, 48 p., 5 fig. et *CR. Ac. Sc. Paris*, 8 avril 1895.

20 *bis*. 1895. L. Duparc et Et. Ritter. A propos du grès de Taveyannaz. *C. R. som. Soc. géol. Fr.*, 20 mai.

21. 1896. M. Lugeon. La région de la Brèche du Chablais (Haute-Savoie). *Bull. Serv. Carte géol. Fr.*, t. VII, n° 49, 310 p., 61 fig., 8 pl.
22. 1896. H. Douxami. Études sur les terrains tertiaires du Dauphiné, de la Savoie et de la Suisse occidentale (Thèse Sciences, Lyon), *Annales Univ. Lyon*, 1896, 316 p., 31 fig., VI pl.
23. 1896. Marcel Bertrand et Étienne Ritter. Sur la structure du Mont-Joly (Haute-Savoie). *CR. Ac. Sc. Paris*, 10 février 1896.

23 *bis*. 1897. H. Douxami. Révision des feuilles Chambéry, Nantua, Annecy. *Bull. Serv. Carte géol. Fr.*, C. R. Collab. Campagne 1895, t. VIII, p. 151-153.
24. 1897. Carte géologique détaillée de la France au 1/80.000e. Feuille Albertville (1re édit.) et Notice explicative (169 *bis*).
25. 1897. Étienne Ritter. La bordure sud-ouest du Mont-Blanc, les plis couchés du Mont-Joly et de ses attaches. *Bull. Serv. Carte géol. Fr.*, t. IX, n° 60, 232 p., 38 fig., VI pl.
26. 1897. É. Haug et M. Lugeon. Note préliminaire sur la géologie de la montagne de Sulens et de son soubassement. *Bull. Soc. Hist. nat. Savoie*, Chambéry, 2e sér., t. III, p. 246-258.

26 *bis*. 1897. É. Haug et M. Lugeon. Révision des feuilles Annecy et Albertville. C.R. Coll. Campagne 1896. *Bull. Serv. Carte géol. Fr.*, t. IX, p. 394-400.
27. 1897. H. Douxami. Révision des feuilles Nantua et Annecy. *Bull. Serv. Carte géol. Fr.*, C.R. Collab. Campagne 1896, t. IX, p. 389-393.
28. 1898. E. Ritter. Le Massif du Haut-Giffre. Étude sur le raccord des plis couchés de la vallée de l'Arve avec ceux des Tours-Salières et de la Dent-du-Midi. *Bull. Serv. Carte géol. Fr.*, n° 61, t. X, p. 1-24, 8 fig., III pl.
29. 1898. H. Douxami. Révision des feuilles Nantua et Annecy. *Bull. Serv. Carte géol. Fr.*, C.R. Collab. Campagne 1897, t. X, p. 185-191.
30. 1898. H. Douxami et J. Révil. Note sur les terrains tertiaires du plateau des Déserts, près Chambéry (Savoie). *Bull. Serv. Carte géol. Fr.*, t. X, p. 309-329, 1 fig.
31. 1900. M. Lugeon. Les dislocations des Bauges (Savoie). *Bull. Serv. Carte géol. Fr.*, n° 77, t. XI, 112 p., 35 fig., 6 pl.
32. 1902. H. Douxami. Révision de la feuille d'Annecy; Massif de Platé. *Bull. Serv. Carte géol. Fr.*, C.R. Collab. Campagne 1901, t. XII, p. 489-493.

32 *bis*. 1902. É. Haug. et M. Lugeon. Révision de la feuille d'Annecy; Région des Annes. *Bull. Serv. Carte géol. Fr.*, C.R. Collab. Campagne 1902, t. XIII, p. 646-649.
33. 1903. H. Douxami. Révision des feuilles d'Annecy et de Thonon. *Bull. Serv. Carte géol. Fr.*, C.R. Collab. Campagne 1902, t. XIII, p. 634-641, 3 fig.
34. 1903. V. Paquier. Les Rudistes urgoniens. *Mém. de la Soc. géol. de France*, t. XI, fasc. 1, Mém. n° 29, 4 fig., 6 pl.
35. 1903. Ch. Sarasin. Programme des Excursions de la Soc. Géol. Suisse. *Eclogae geol. helv.*, t. VII. n° 4.
36. 1903. Ch. Sarasin. Quelques observations sur la région des Vergys, des Annes et des Aravis. *Eclogae geol. helv.*, t. VII, n° 4, p. 321-333, 1 fig., 1 pl. de coupes. *Arch. Sc. phys. et nat. Genève*, 4e pér., t. XV, p. 30-48, 1 pl.
37. 1903. M. Lugeon. Détails complémentaires relatifs aux lambeaux de recouvrement des Annes. *Eclogae geol. helv.*, t. VII, n° 34, p. 333-334.
38. 1903. Ch. Sarasin. Compléments sur la tectonique du Massif des Annes (Haute-Savoie). *Archives Sc. phys. et nat. Genève*, 4e pér., t. XVI, déc. 1903, p. 669-701, 1 pl.
39. 1905. Ch. Jacob. Note sur la tectonique du massif crétacé situé au Nord du Giffre (Haute-Savoie). *Bull. Serv. Carte géol. Fr.*, n° 108, t. XVI, p. 1-11, 1 fig., 2 pl.
40. 1905. H. Douxami. Révision des feuilles d'Annecy et de Thonon. *Bull. Serv. Carte géol. Fr.*, C.R. Collab. Campagne 1904, t. XVI, p. 143-146, 1 fig.
41. 1905. H. Douxami et J. Deschamps. La Mollasse de Bonneville et ses fossiles. *Revue Savoisienne*, p. 167-184. 4 fig., Annecy.
42. 1905. H. Douxami et J. Deschamps. Végétaux fossiles de la Mollasse de Bonneville (Haute-Savoie). *Bull. Soc. géol. Fr.*, 18 décembre 1905, 4e s., t. V, p. 776-799, pl. XXVII.

43. 1906. J. Révil et Marc Le Roux. Observations nouvelles sur la Chaîne Semnoz-Nivollet. *Revue Savoisienne*, 3e et 4e trim., Annecy.

44. 1907. H. Douxami. Révision des feuilles de Thonon et Annecy. *Bull. Serv. Carte géol. Fr.*, C.R. Collab. Campagne 1906 ; t. XVII, p. 230-234, 2 fig.

45. 1908. Ch. Jacob. Études paléontologiques et stratigraphiques sur la partie moyenne des terrains crétacés dans les Alpes françaises et les Régions voisines (Thèse, Paris 1908). *Bull. Soc. Statistique Isère*, 4e s., t, X, p. 201-514, 14 fig., 6 pl. hors texte, Grenoble.

46. 1909. H. Douxami. Révision de la feuille d'Annecy. *Bull. Serv. Carte géol. Fr.*, C.R. Collab. Campagne 1908, t. XIX, p. 149-151.

47. 1909. L. W. Collet. Les Hautes-Alpes calcaires entre Arve et Rhône. *Mém. Soc. Phys. et Hist. nat. de Genève*, t. XXXVI, 4, p. 411-486. 33 fig., pl. VIII-XVIII (dont 1 panorama et 1 carte géol.).

48. 1910. L. W. Collet. Sur la présence du Cénomanien fossilifère dans les Alpes calcaires de la Haute-Savoie. *CR. Acad. Sciences*, 24 janvier, Paris.

49. 1911. J. Révil. Géologie des chaînes jurassiennes et subalpines de la Savoie. *Mém. Académie de Savoie*, 5e s., t. I, et extrait : 1 vol. in-8o, 626 p., Chambéry.

49 *bis*. 1911. J. Boussac. Études paléontologiques sur le Nummulitique alpin. *Mém. Serv. carte géol. Fr.*, 438 p., 9 fig. et Atlas de XXII pl.

50. 1912. J. Boussac. Études stratigraphiques sur le Nummulitique alpin. *Mém. Serv. carte géol. Fr.*, 662 p., 181 fig., X pl. héliogravure, 10 pl. hors texte (pl. XI-XX).

51. 1912. Léon Moret. Description géologique de la montagne de Mandalaz et de ses deux prolongements sud et nord. *Revue Savoisienne*, 1er trim., p. 52-76, 9 fig.

52. 1913. J. Révil. Géologie des chaînes jurassiennes et subalpines de la Savoie. *Mém. Académie de Savoie*, 5e s., t. II, et extrait : 1 vol. in-8o, 304 p., VI pl. dans le texte et fig., IV pl. hors texte.

53. 1913. André Chaix. Géologie des Brasses (Haute-Savoie) (Thèse Sciences, Genève). *Eclogae geol. helv.*, t. XII, p. 501-601, 26 fig., 5 pl. (XIV-XVIII).

54. 1913. E. Joukowsky et J. Favre. Monographie géologique et paléontologique du Salève, Haute-Savoie. *Mém. Soc. Phys. et Hist. nat. Genève*, vol. 37, fasc. 4, p. 295-523, 56 fig., 29 pl., 1 carte géol. en couleurs.

54 *bis*. 1914. M. Lugeon. Sur l'ampleur de la Nappe de Morcles. *CR. Ac. Sc.*, 29 juin, Paris.

55. 1915. Ch. Gorceix. Contribution à la géographie physique de la Haute-Savoie. Étude géologique et morphologique des Bassins du Borne et du Nom aux environs de Saint-Jean-de-Sixt. *Revue Savoisienne*, p. 45-52, 3 fig.

56. 1916. H. Douvillé. Le Crétacé et le Tertiaire aux environs de Thônes (Haute-Savoie). *CR. Ac. Sc. Paris*, t. 163, p. 324, 2 octobre.

57. 1918. Charles Gorceix. Sur une anomalie des vallées du Borne et du Nom à Saint-Jean-de-Sixt (Haute-Savoie). Étude géologique et morphologique. *Revue de géographie alpine*, t. VI, fasc. 3, p. 341-369, 7 fig.

58. 1919. L. Moret. Note sur la terminaison septentrionale de la Montagne de Veyrier (Lac d'Annecy). *Revue savoisienne*, fasc. 3 et 4, 18 p., 3 pl.

59. 1919. L. Moret. Sur la découverte au Roc-de-Chère (Lac d'Annecy) des couches lacustres de l'Éocène. *CR. Ac. Sc.*, 1er déc. 1919, Paris, et *Bull. Soc. géol. Fr.*, 4o s., t. XIX, p. 279-285, 2 fig.

60. 1920. Léon W. Collet et Ed. Paréjas. Le Chapeau de sédimentaire des Aiguilles Rouges de Chamonix et le Trias du massif Aiguilles Rouges-Gastern. *C.R. séances Soc. Phys. et Hist. nat. Genève*, vol. 37, no 2, p. 60-62.

61. 1920. L. Moret. Sur la tectonique de la rive orientale du Lac d'Annecy. *CR. Ac. Sc.*, 25 mai, 1 coupe, Paris.

62. 1920. M. Le Roux et L. Moret. La Montagne de Veyrier et l'origine du Lac d'Annecy. *Revue Savoisienne*, p. 59, 1 pl., 1 coupe.

63. 1920. L. Moret. Sur la constitution lithologique du Nummulitique et du Crétacé supérieur du Plateau d'Arâche (Haute-Savoie) *CR. Ac. Sc.*, 13 décembre, Paris.

64. 1920. Y. Dehorne. Les Stromatoporoïdés des terrains secondaires. *Mém. Service Carte géol. France.*

65. 1921. L. Moret. Révision de la feuille Annecy au 1/80.000e. *Bull. Serv. Carte géol. Fr.*, C. R. Collab. Campagne 1920, t. XXV, p. 1-11.

66. 1922. Ed. Paréjas. La structure de l'extrémité SW du Mont-Blanc. *C. R. séances Soc. Phys. et Hist. nat. Genève*, vol. 39, no 1, p. 37.

66 *bis*. 1922. Les régions jurassienne, subalpine et alpine de la Savoie (*Réun. Extr. de la Soc. géol. de France du 14 au 20 septembre 1921*). Au siège de la Société Géologique de France, Paris.

67. 1922. L. Moret. Sur la présence de calcaires à Alvéolines d'âge probablement auversien à la base du Nummulitique du plateau d'Arâche (Massif de Platé, Haute-Savoie). *CR. Ac. Sc.*, 3 janvier, Paris.

68. 1922. L. Moret. Sur les dépôts éocènes de Savoie. *Revue Savoisienne*, p. 14-19, 1 fig.

69. 1922. L. Moret. Sur l'existence de Crétacé supérieur à faciès « Couches rouges » dans l'Autochtone des environs de Thônes (Haute-Savoie). *CR. Ac. Sc.*, 11 décembre, Paris et *Ann. Université Grenoble*, t. I, no 1, 1924.

70. 1922. L. Moret. Observations nouvelles sur la région des Klippes du plateau de Châtillon (Haute-Savoie). *C. R. somm. Soc. géol. Fr.*, 12 juin.

71. 1922. Édouard Paréjas. Géologie de la zone de Chamonix comprise entre le Mont-Blanc et les Aiguilles Rouges. *Mém. de la Soc. Phys. et Hist. nat. Genève*, vol. 39, fasc. 7, p. 373-422, 13 fig., 10 profils géol., 1 carte.

72. 1922. L. Moret. Révision de la feuille d'Annecy au 1/80.000e. *Bull. Serv. Carte géol. Fr.*, C. R. Collab. Campagne 1921, t. XXVI, p. 1-12, 1 fig.

73. 1923. L. Moret. Révision de la feuille d'Annecy au 1/80.000e. *Bull. Serv. Carte géol. Fr.* Campagne 1922, t. XXVII, p. 1-16, 1 fig.

74. 1923. Maurice Lugeon. Sur l'âge du grès de Taveyannaz. *Eclogæ. geol. Helv.*, vol. XVIII, no 2, p. 220.

75. 1923. L. W. Collet. Le Bajocien du Col de Tenneverdze (nappe de Morcles). *C. R. séances Soc. Phys. et Hist. nat. Genève*, vol. 40, no 3, p. 134.

76. 1923. L. W. Collet. L'Argovien des Hautes-Alpes calcaires (nappe de Morcles) entre Rhône et Arve et des Aiguilles Rouges. *C. R. séances Soc. Phys. et Hist. nat. Genève*, vol. 40, no 3, p. 135.

77. 1923. H. Bütler. Le pli-faille des rochers de Leschaux (vallée du Borne, Haute-Savoie). *C. R. séances Soc. Phys. et Hist. nat. Genève*, vol. 40, no 3, p. 137-139.

78. 1923. Ed. Paréjas et H. Lagotala. Relations tectoniques entre le Jura méridional et les plis du Genevois. *C. R. séances Soc. Phys. et Hist. nat. Genève*, vol. 40, no 3, p. 129-132, 1 fig.

79. 1923. L. Moret. La région mollassique et sa bordure nummulitique d'Annecy à Cluses. *Revue Savoisienne*, p. 169-183, 1 pl., Annecy.

80. 1924. Ed. Paréjas et Ad. Jayet. Quelques points de la géologie des environs de Thorens (Haute-Savoie). *C. R. séances Soc. Phys. et Hist. nat. Genève*, vol. 41, no 3, août-décembre, p. 148.

81. 1924. Élie Gagnebin. Description géologique des Préalpes bordières entre Montreux et Semsales. *Mém. de la Soc. Vaudoise des Sc. naturelles*, no 1, vol. 2, 1er février, 70 p., 5 fig., 2 pl.

82. 1924. L. Moret. Révision de la feuille d'Annecy au 1/80.000e. *Bull. Serv. Carte géol. Fr.*, C. R. Collab. Campagne 1923, t. XXVIII, p. 1-7.

83. 1924. L. Moret. Sur la découverte d'Orthophragmines dans les « grès de Taveyannaz » du Massif de Platé (Haute-Savoie) et sur ses conséquences. *CR. Ac. Sc.*, 21 janvier, Paris.

84. 1924. L. Moret. Sur l'existence d'un niveau lacustre à *Limnea longiscata* dans la série nummulitique du massif du Haut-Giffre (Haute-Savoie) et sur sa signification. *CR. Ac. Sc.*, 25 février, Paris.

85. 1924. L. Moret et G. Carrette. Découverte du Lutétien marin au Roc-de-Chère (Lac d'Annecy). *CR. Ac. Sc.*, 25 août, Paris.

86. 1925. H. Schœller. Observation sur la colline du Bouchet (Haute-Savoie). *C. R. somm. Soc. Géol. Fr.*, 21 décembre, p. 230.

87. 1925. P. Fourmarier. Observations préliminaires sur la schistosité dans les Alpes. *Académie roy. de Belgique, Bull. de la Classe des Sc.*, 7 novembre, p. 685-690.

88. 1925. E. Haug. Contribution à une synthèse stratigraphique des Alpes occidentales. *Bull. Soc. Géol. Fr.*, 4e s., t. XXV, n° 3, p. 97-244.

89. 1925. Ed. Paréjas. La tectonique du Mont-Joly (Haute-Savoie). *Eclogae geol. Helv.*, vol. XIX, n° 2, p. 420-503, 11 fig., 1 pl. (carte).

90. 1925. L. Moret. Observations nouvelles sur les massifs exotiques de Sulens et des Annes. *CR. Ac. Sc.*, 17 novembre, Paris, et *Ann. Université Grenoble*, 1925.

91. 1925. L. Moret. Sur la classification du Nummulitique autochtone des chaînes subalpines de Savoie. *C. R. som. Soc. géol. Fr.*, 16 février.

92. 1925. L. Moret. Enquête critique sur les ressources minérales de la Province de Savoie. *Ann. Univ. Grenoble*, t. II, nos 1 et 2; *Bull. Soc. Sc. Dauphiné*, t. 46, p. 7-204, 1 carte, VIII pl., 3 fig., Grenoble, et tirés à part, Dardel, Chambéry.

93. 1925. L. Moret. Révision de la feuille d'Annecy au 1/80.000e. *Bull. Serv. Carte géol. Fr.*, C. R. Collab. Campagne 1924, t. XXIX, p. 64-68.

94. 1925. L. Moret. Une coupe du « bord subalpin » au Nord de Grenoble ; succession des faciès lithologiques. *Congrès A. F. A. S, Grenoble*, C. R. p. 290-292.

95. 1926. Ad. Jayet. Étude stratigraphique de la Perte du Rhône près de Bellegarde (Ain, France). *Eclogae geol. Helv.*, vol. XX, n° 2, p. 159-222, 23 fig., 1 pl.

96. 1926. Ad. Jayet. Sur un gisement albien de la montagne de Veyrier, près d'Annecy (Haute-Savoie, France). *C. R. séances Soc. Phys. et Hist. nat. Genève*, vol. 43, n° 2, p. 59-63, 1 fig.

97. 1926. Ad. Jayet et H. Bütler. Sur la stratigraphie du Crétacé moyen du Genevois (Haute-Savoie). *C. R. séances Soc. Phys. et Hist. nat. Genève*, vol. 43, n° 3, p. 152-155.

98. 1926. Ad. Jayet. Sur les mélanges de faunes de l'Albien du Genevois (Haute-Savoie, France), *C. R. séances Soc. Phys. et Hist. nat. Genève*, vol. 43, n° 3, p. 155-158.

99. 1926. Ad. Jayet. L'Albien du Reposoir (Aravis, Haute-Savoie). *C. R. séances Soc. Phys. et Hist. nat. Genève*, vol. 43, n° 3, p. 170-172.

100. 1926. L. W. Collet et R. Perret. Compléments sur la géologie du Cirque de Sales (Chaîne des Fiz, Haute-Savoie). *C. R. séances Soc. Phys. et Hist. nat. Genève*, vol. 43, n° 3, p. 158-160.

101. 1926. L. W. Collet et R. Perret. Compléments sur la géologie du Col d'Anterne et du Cirque des Fonts (Alpes de Sixt, Haute-Savoie). *C. R. séances Soc. Phys. et Hist. nat. Genève*, vol. 43, n° 3, p. 161-175.

102. 1926. M. Gignoux et L. Moret. Sur l'origine des asphaltes du Jura méridional et sur les migrations descendantes des hydrocarbures. *Ann. Université Grenoble*, t. 3, n° 2, nlle série, 12 p., 1 fig.

103. 1926. L. W. Collet et Ed. Paréjas. Le Nummulitique de Platé et de Sales (chaîne des Fiz, Haute-Savoie). *C. R. séances Soc. Phys. et Hist. nat. Genève*, vol. 43, n° 3, p. 161-163.

104. 1926. L. W. Collet, H. Bütler et Ad. Jayet. Sur la présence du Cénomanien dans les Alpes calcaires du Genevois. *C. R. séances Soc. Phys. et Hist. nat. Genève*, vol. 43, n° 3, p. 163-165.

105. 1926. Ed. Paréjas. Nouvelles observations sur le soubassement du Mont-Joly (Haute-Savoie). *C. R. séances Soc. Phys. et Hist. nat. Genève*, vol. 43, n° 3, p. 179-183.

106. 1926. L. Moret. Monographie géologique du Roc-de-Chère (Lac d'Annecy). *Bull. Serv. Carte géol. Fr.*, n° 159, t. XXIX, 30 p., 5 fig., 3 pl.

107. 1926. L. Moret, Ed. Paréjas et H. Bütler. Nouvelles observations géologiques au Roc-de-Chère (Lac d'Annecy). *C. R. som. Soc. Géol. Fr.*, 3 mai.

108. 1926. L. Moret. Promenades géologiques au Roc-de-Chère. *Revue Savoisienne*, p. 65-78, 6 fig., Annecy.

109. 1926. L. Moret. Présence de l'Albien et du Crétacé supérieur à la Montagne de la Balme, près Annecy. *C. R. som. Soc. géol. Fr.*, 20 décembre.

110. 1926. L. Moret. Révision de la feuille d'Annecy au 1/80.000e. *Bull. Serv. Carte géol. Fr.*, C. R. Collab. Campagne 1925, t. XXX, p. 1-5.

111. 1926. J. Tercier et E. Gagnebin. Compte rendu de l'Excursion de la Société géologique suisse dans les Préalpes fribourgeoises (Berra-Moléson) les 1, 2, 3 septembre 1926. *Eclogae Geol. Helv.*, vol. XX, n° 2, p. 259-274, 2 fig., 1 pl.

112. 1926. E. Peterhans. Étude du Lias et des géanticlinaux de la nappe des « Préalpes médianes » entre la vallée du Rhône et le lac d'Annecy. *Mém. de la Soc. helv. des Sc. naturelles*, vol. LXII, mém. 2, p. I-IX et 191-340, 2 fig., 3 tableaux, 3 pl.

113. 1927. L. Moret. Carte géologique de la Savoie et des région limitrophes, au 1/200.000e, en 13 couleurs, 75 × 100, Dardel, Chambéry, et notice explicative, extr. *Ann. Université Grenoble*, 42 p., 1 fig., 2 pl.

114. 1927. L. Moret. Sur le contact du groupe exotique de Sulens avec le substratum autochtone du synclinal de Serraval. *Ann. Univ. Grenoble*, t. IV, n° 3, p. 351-360, 2 fig., 2 pl.

115. 1927. L. Moret. Révision de la feuille d'Annecy au 1/80.000e. *Bull. Serv. Carte géol. Fr.*, C. R. Collab. Campagne 1926, t. XXXI, p. 1-7.

116. 1927. E. Gagnebin et E. Peterhans. Les analogies des Préalpes romandes avec les nappes de l'Ubaye. *Bull. Laboratoire Géol. et Géogr. phys. Minéralog. et Paléontolog. de l'Univ. de Lausanne.* Bull. n° 41, p. 265-283, 1 fig.

117. 1927. M. Lugeon et A. Andrau. Sur la subdivision du Flysch du Niesen dans la région du Pic Chaussy (Alpes vaudoises). *Bull. de la Soc. vaud. des Sc. naturelles*, vol. 56, n° 219, p. 289-295.

118. 1927. P. Lemoine (Mme). Sur quelques Algues calcaires du Nummulitique de la Haute-Savoie. *Bull. Museum Hist. Nat.*, nov. 1927 (paru en 1928), n° 6, p. 545-552, 6 fig.

119. 1928. Fr. Jenny. Die fauna des Süsswasserkalkes von Diegten (Baselland). *Eclogae geol. Helv.*, vol. 21, n° 2, p. 417, 1 pl.

120. 1928. L. W. Collet et A. Lombard. Sur la présence du plan de chevauchement de la nappe de Morcles dans le Fer-à-Cheval (Alpes de Sixt, Haute-Savoie). *C. R. séances Soc. Phys. et Hist. nat. Genève*, vol. 65, n° 2, p. 117-118.

121. 1928. Ad. Jayet. Sur l'âge de la partie inférieure des calcaires sublithographiques des Alpes calcaires de la Haute-Savoie. *C. R. Séances Soc. Phys. et Hist. nat. Genève*, vol. 45, n° 3, p. 149-151.

122. 1928. L. W. Collet, R. Perret, M. Billings et R. A. Doggett. Sur la présence du Cristallin du Massif des Aiguilles-Rouges dans le Cirque du Fer-à-Cheval (Hautes Alpes calcaires de Sixt, Haute-Savoie). *Eclogae geol. Helv.*, vol. 21, n° 2, p. 349-350.

123. 1928. E. Gagnebin. Les Préalpes internes dans la région de Champéry (Valais). *Eclogae geol. Helv.*, vol. 21, n° 2, p. 351-356, 1 fig.

124. 1928. Quervain (de). Petrographie und Geologie der Taveyannaz gestein. *Schweiz. Miner. u. petr. Mitt.*, vol. VIII, p. 1-86, 14 fig., 2 pl.

125. 1929. R. Perret et L. Moret. Sur les limites du Bathonien dans les Alpes de Sixt (Haute-Savoie). *CR. Ac. Sc.*, t. 188, p. 334, 21 janvier, Paris.

126. 1929. M. Gignoux et L. Moret. Un itinéraire géologique à travers les Alpes françaises, de Grenoble à Voreppe et en Maurienne. *Ann. Univ. Grenoble*, t. VI, n° 2, p. 145-268, 13 fig. et XI pl., et tiré à part, Dardel, Chambéry.

127. 1929. Aug. Tobler. Alveolinen-funde ein Eocän der Nördichen Kalkalpen. *Eclogae geol. Helv.*, vol. XXII, n° 2, p. 175.

128. 1929. Robert Perret. Carte géologique au 20.000e de la vallée de Sales et du Cirque des Fonts (en couleur), et Notice explicative de 33 p. avec 3 pl., Paris, Barrère.

129. 1929. J. Pilloud. Sur la présence du Lias supérieur, du Gault et du Barrémien aux Voirons (Préalpes externes, Haute-Savoie). *C. R. Séances Soc. Phys. et Hist. nat. Genève*, vol. 46, n° 1, p. 64-65.

130. 1929. Henri Schœller. La nappe de l'Embrunais au Nord de l'Isère, avec quelques observations sur les régions voisines : bord externe de la nappe du Briançonnais, zone dauphinoise, lambeaux de recouvrement de Sulens (feuille Bourg-Saint-Maurice au 50.000e). *Bull. Serv. Carte géol. Fr.*, n° 175, t. XXXIII, 422 p., 32 fig., X pl.

131. 1930. L. Moret. Sur la constitution stratigraphique de la nappe inférieure (ultrahelvétique) de Sulens (Haute-Savoie). *C. R. som. Soc. géol. Fr.*, 3 novembre.

132. 1930. Marthe Gerber. Beiträge zur Stratigraphie des Jurakreidegrenze in der Zentralschweiz. *Eclog. geol. Helv.*, vol. 23, n° 2, p. 497-547, 1 fig.

133. 1930. L. Moret. Carte géologique détaillée au 80.000e, feuille d'Annecy (2e édit.), et Notice explicative (160 *bis*).

134. 1930. L. Moret. A propos de la signification stratigraphique des Rosalines. *C. R. som. Soc. géol. Fr.*, 5 mai, p. 91.

134 *bis*. 1931. M. Gignoux, P. Lory, L. Moret. Les excursions en Dauphiné et Savoie du Centenaire de la Société géologique de France. *Trav. Laborat. Géolog. Univ. Grenoble*, t. XV, 3e fasc., p. I-VII.

135. 1931. L. Moret. Découverte du Purbeckien dans la chaîne de Semnoz, près d'Annecy (Haute-Savoie). *CR. Ac. Sc.*, 16 févr., Paris.

135 *bis*. 1931. Robert Perret. L'évolution morphologique du Faucigny (vallées du Giffre et de l'Arve ; vallées du Trient et de la Viège en Bas Valais). Paris, Barrère.

136. 1932. L. Moret. La géologie des environs de Saint-Gervais-les-Bains (Haute-Savoie) et ses relations avec la nature et l'origine des sources thermo-minérales. *Trav. Laborat. Géolog. Univ. Grenoble*, t. XVI, 2e fasc., p. 191-226, 7 fig.

137. 1932. L. Doncieux. L'Oligocène de la vallée du Rhône et de la région des Usses (Haute-Savoie). *C. R. somm. Soc. Géol. Fr.*, 18 janvier, p. 22.

138. 1932. A. Lombard et A. Coaz. La limite entre le Jurassique et le Crétacé du Col de Sageroux (Haute-Savoie). *C. R. séances Soc. Phys. et Hist. nat. Genève*, vol. 49, n° 2, p. 110-114.

139. 1932. Augustin Lombard. Géologie de la région du Fer-à-Cheval (Sixt, Haute-Savoie). *Eclogae geol. Helv.*, vol. 25, n° 2, p. 163-198, 9 fig., 3 pl. (V-VII).

140. 1932. Albert Coaz. Sur le Néocomien de la nappe Morcles-Aravis. *Eclogae geol. Helv.*, vol. 25, n° 2, p. 231-355, 1 fig. et 4 pl. (XI-XIV).

141. 1933. L. Moret. Sur la Géologie de l'extrémité septentrionale du Semnoz près Annecy et sur les limites méridionales des lagunes purbeckiennes. *Revue savoisienne*, 2e trim. 1932, et *Trav. Laborat. Géol. Univ. Grenoble*, t. XVII, fasc. I, p. 76-83, 4 fig.

142. 1933. M. Gignoux et L. Moret. Les unités structurales externes de la chaîne alpine entre le Pelvoux et la Durance. *CR. Ac. Sc.*, t. 196, p. 830, 20 mars, Paris.

143. 1933. M. Gignoux et L. Moret. Les unités structurales internes de la chaîne alpine entre le Pelvoux et la Durance. *CR. Ac. Sc.*, t. 196, p. 1064, 10 avril, Paris.

144. 1933. M. Gignoux et L. Moret. Sur le prolongement en Haute-Savoie et en Suisse des unités structurales des Alpes dauphinoises. *CR. Ac. Sc.*, t. 196, p. 1153, Paris.

145. 1933. M. Gignoux et L. Moret. La zone du Briançonnais et les racines des nappes préalpines savoisiennes. *CR. Ac. Sc.*, t. 196, p. 1189, Paris.

146. 1933. L. Moret. Observations à propos de la nappe inférieure (ultrahelvétique) de Sulens (Haute-Savoie). *C. R. som. Soc. Géol. Fr.*, 6 novembre.

147 1933. Jules Blache. Études morphologiques en Savoie. *Revue de géographie alpine*, vol. XXI, fasc. III, p. 545.

TABLE DES MATIÈRES

Pages.

Introduction et division du sujet 5

PREMIÈRE PARTIE

STRATIGRAPHIE

CHAPITRE I

Série autochtone 8

I. SYSTÈME JURASSIQUE 8
- 1° **Jurassique moyen (Dogger)** 8
- 2° **Callovo-Oxfordien** 9
- 3° **Argovien** 9
- 4° **Jurassique supérieur (Malm)** 10
- 5° **Le problème des couches de passage du Jurassique supérieur au Crétacé** 12
- 6° **Comparaisons avec les régions voisines** 13

II. SYSTÈME CRÉTACÉ 15

I. Crétacé inférieur.

- 1° **Valanginien** 15
- 2° **Hauterivien** 16
  - *a*) Plis externes du massif des Bornes 16
  - *b*) Synclinal de Thônes et Aravis 17
  - *c*) Comparaisons avec les régions voisines 18
  - *d*) Résumé et conclusions 19
- 3° **Urgonien (Barrémien-Aptien)** 20
  - *a*) Description 20
  - *b*) Comparaisons avec les régions voisines, âge et variations de faciès de l'Urgonien. 22

II. Crétacé moyen.

- 1° **Albien (Gault)** 24
  - *a*) Généralités 24
  - *b*) Description des coupes 25
  - *c*) Comparaisons avec les régions voisines 28
  - *d*) Résumé et conclusions 29

Pages.
2° **Cénomanien** 29
a) Descriptions 29
b) Résumé et conclusions 31

III. Crétacé supérieur.

1° Faciès 32
a) *Calcaires blancs sublithographiques* 32
b) *Calcaires rouges* 32
c) *Calcaires et schistes noirs à Jéréminelles* 32
2° Faune 33
3° Quelques coupes de Crétacé supérieur du Massif des Bornes 34
4° Comparaisons avec les régions voisines 35
5° Résumé et conclusions 38

III. LE NUMMULITIQUE 38
A) **Historique et classification proposée** 39
B) **Répartition** 40
1° Nummulitique de la zone externe oligocène 42
a) *Coupe des Barattes (Montagne de Veyrier)* 42
b) *Vallée du Fier au N de la Montagne de Veyrier* 44
c) *Thorens* 45
d) *Vallée du Borne et environs de Bonneville* 46
e) *Comparaisons avec les régions voisines et conclusions* 47
2° Nummulitique du faisceau des plis externes du Massif des Bornes 49
α) *Synclinal du Roc-de-Chère, Pré Vernet* 49
a) *Coupe du Roc-de-Chère* 49
b) *Coupe de Veyrier* 50
c) *Coupe du Pré Vernet* 50
β) *Synclinal du château de Menthon, Col des Contrebandiers, Pont Saint-Clair* 51
γ) *Synclinal du Col du Perthuis, Champlaitier* 52
δ) *Synclinal des Dents de Lanfon, Ablon, Glière* 52
ε) *Synclinal de la Roche Murraz, Cruet, Lindion, Dran, Cenyse* 53
ζ) *Synclinal d'Arclosan-Tournette* 54
η) *Résumé et conclusions* 54
3° Nummulitique du synclinal de Thônes et de la chaîne des Aravis 54
α) *Synclinal de Thônes* 55
β) *Chaîne des Aravis et Mont-Charvin* 57
4° Comparaisons avec les régions voisines 59
a) *Chaînes jurassiennes* 59
b) *Bauges* 59
c) *Platé* 60
d) *Massif du Haut-Giffre* 63
5° Le problème des Grès de Taveyannaz 65
C) **Résumé et conclusions générales** 66

CHAPITRE II

Série charriée 68

I. LE TRIAS 70
a) Description 70
b) Comparaisons 71

Pages.
II. LE LIAS 72
1° **Rhétien** 73
2° **Lias** 74

III. LE JURASSIQUE 76
1° **Dogger** 76
2° **Callovo-Oxfordien** 76
3° **Malm** 77
A) Nappe moyenne 77
B) Nappe inférieure 79

IV. LE CRÉTACÉ 80
1° **Berriasien** 80
2° **Valanginien-Hauterivien** 80
3° **Urgonien-Barrémien** 81
4° **Aptien-Albien** 82
5° **Crétacé supérieur** 82

V. LE FLYSCH NUMMULITIQUE 83
a) **Nappe moyenne** 83
b) **Nappe inférieure** 86

DEUXIÈME PARTIE

TECTONIQUE

CHAPITRE I

La région autochtone 89

I. LE FAISCEAU DES PLIS EXTERNES DES BORNES 89
A) **Énumération des plis** 89
B) **La bordure externe du massif des Bornes** 90
a) Plis de la zone mollassique 90
b) Le Roc-de-Chère et la Montagne de Veyrier 91
c) Les écailles de Thorens 95
d) Réapparition des plis externes dans la vallée du Borne 95
C) **Les plis plus internes** 96
a) Montagnes au S du Fier 96
b) Montagnes entre Fier et Borne 97
c) Montagnes entre Borne et Arve 98

II. LE SYNCLINAL DE THÔNES 99
a) Entre le Col de Tamié et le Fier 100
b) Entre le Fier et le Borne 101
c) Entre le Borne et l'Arve 102

III. LA NAPPE DE MORCLES-ARAVIS 102
a) Du Col de Tamié à la vallée de Faverges 102
b) De la vallée de Faverges au Col des Aravis 103
c) Du Col des Aravis à la vallée de l'Arve 107

IV. ALLURE TECTONIQUE GÉNÉRALE DU MASSIF DES BORNES ET RELATIONS AVEC LES RÉGIONS VOISINES 110

Pages.
a) Relations du massif des Bornes avec les Bauges..... 111
b) Relations du massif des Bornes avec le massif de Sixt (Haut-Giffre, Platé)..... 111
c) Relations du massif des Bornes avec la région de Saint-Gervais, Mont-Joly.... 113

CHAPITRE II

Les klippes préalpines..... 114

I. HISTORIQUE..... 115

II. LE MASSIF DE SULENS..... 117
1° Description physique..... 117
2° Nappe supérieure (Montagne de Sulens)..... 120
3° Nappe moyenne (auréole interne)..... 122
a) Colline du Bouchet..... 122
b) Roche-Vieille..... 123
4° Nappe inférieure (auréole externe)..... 124
a) Lambeau de Cons..... 124
b) Écailles de Serraval, Saint-Ferréol, Marlens..... 125
α) *Coupe de la vallée de la Chaise*..... 125
β) *Coupe de la route de Nambellet*..... 127
c) Écailles du Haut-Fier..... 130
5° Résumé et conclusions..... 135

III. LE MASSIF DES ANNES..... 135
1° Description physique..... 135
2° Nappe supérieure..... 137
a) Pointe d'Almet-Auferrand..... 137
b) Chaîne de Lachat-Croix de Châtillon..... 139
c) Rapports entre le massif d'Auferrand-Almet et celui de Lachat..... 140
3° Nappe moyenne..... 141
a) Versant N. de la chaîne Auferrand-Almet..... 141
α) *Combe des Forts*..... 141
β) *La Touvière*..... 143
b) Vallon de Maroly..... 144
c) Bordure SE du massif des Annes..... 144
4° Nappe inférieure..... 144
5° Résumé et conclusions..... 145

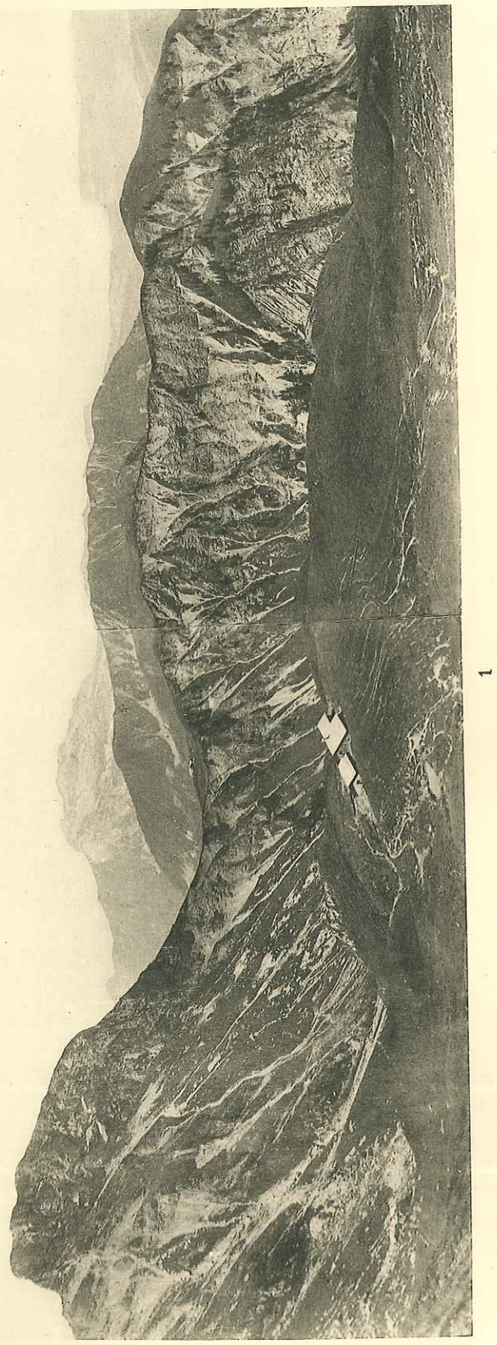
IV. RELATIONS ET ORIGINE DES KLIPPES DES ANNES ET DE SULENS..... 145
A. Relations des klippes avec les Chaînes subalpines..... 145
B. Origine des klippes des Annes et de Sulens..... 147
1° Nappe inférieure ou ultrahelvétique..... 148
2° Nappe moyenne ou du Flysch du Niesen..... 148
3° Discussion..... 148
4° Nappe supérieure ou des Préalpes Médianes..... 150

BIBLIOGRAPHIE..... 152

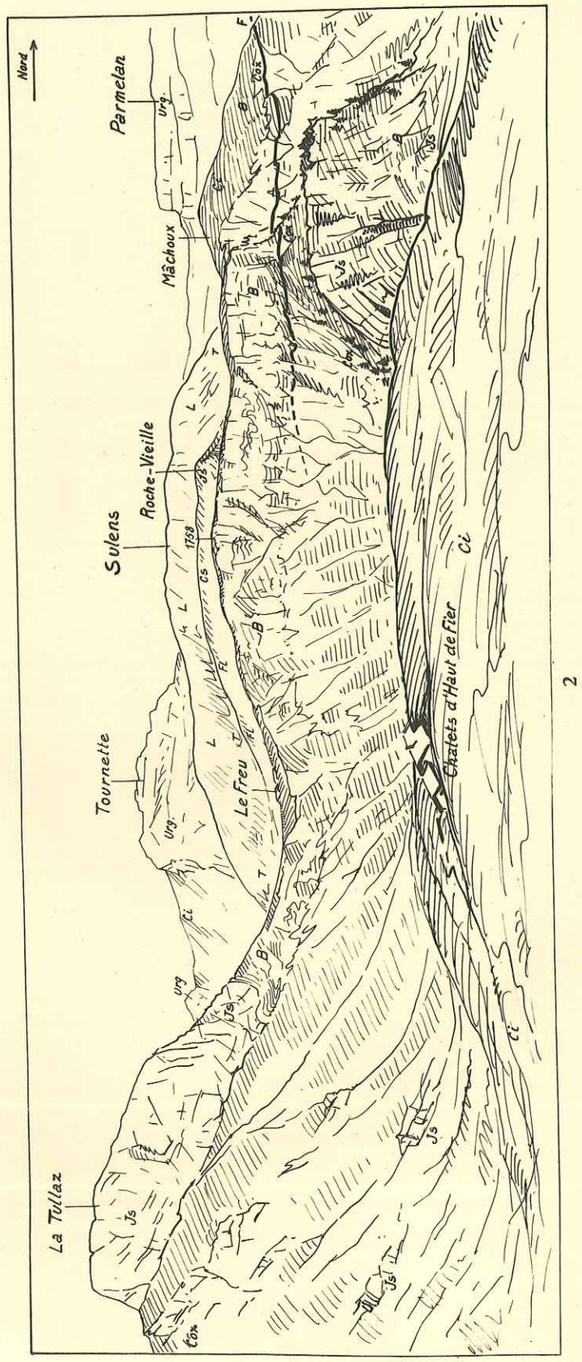
TABLE DES MATIÈRES..... 159

PLANCHES ET EXPLICATIONS.

MACON, PROTAT FRÈRES, IMP. MCMXXXIV. *La gérante de la Soc. géolog.* : Mme L. MÉMIN.



1



2

MÉMOIRE N° 22

PLANCHE I

Les écailles de la base de la klippe de Sulens, dans la région du Haut Fier. On voit apparaître ici, derrière la bordure ultrahelvétique (La Tullaz, Le Freu, Mâchoux), les écailles de la nappe moyenne de Roche-Vieille, et la Montagne de Sulens, lambeau de nappe supérieure qui appartient aux Préalpes Médianes (v. p. 130 et fig. 23).

Autochtone : Ci, Crétacé inférieur; Urg., Urgonien.

Nappes : T, Trias ; L, Lias ; Cox, Callovo-Oxfordien ; Js, Malm ; B, Berrias ; Ci, Crétacé inférieur ; Cs, Crétacé supérieur; Fl, Flysch ; F, ligne de refoulement dans la masse des écailles ultrahelvétiques.

Photo Moret.

MÉMOIRE N° 22

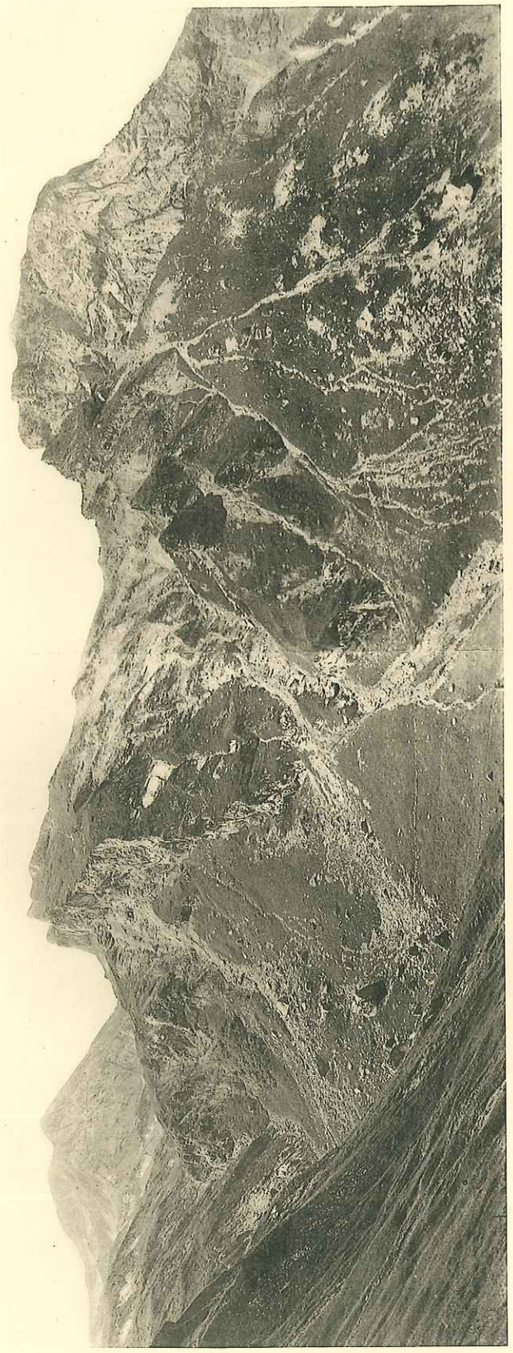
PLANCHE II

Suite, vers le Sud, de la planche précédente. On voit apparaître ici, sous les écailles ultrahelvétiques les plus basses, l'Autochtone (Le Charvin) du bord subalpin (v. p. 130 et fig. 23).

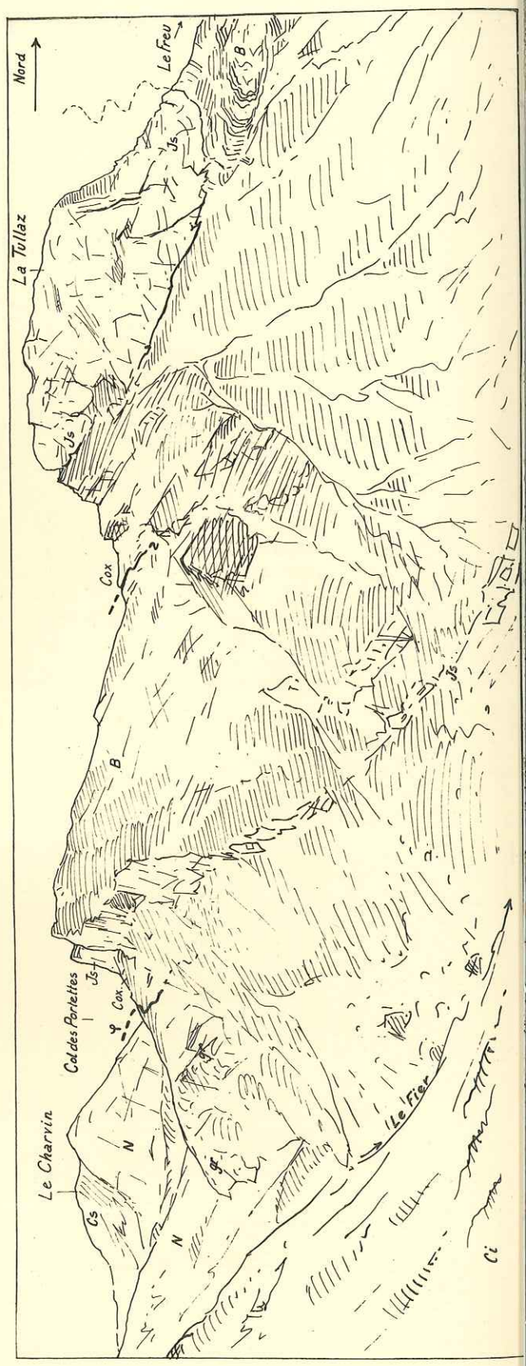
Autochtone : Ci, Hauterivien; Cs, Crétacé supérieur et moyen ; N, Nummulitique.

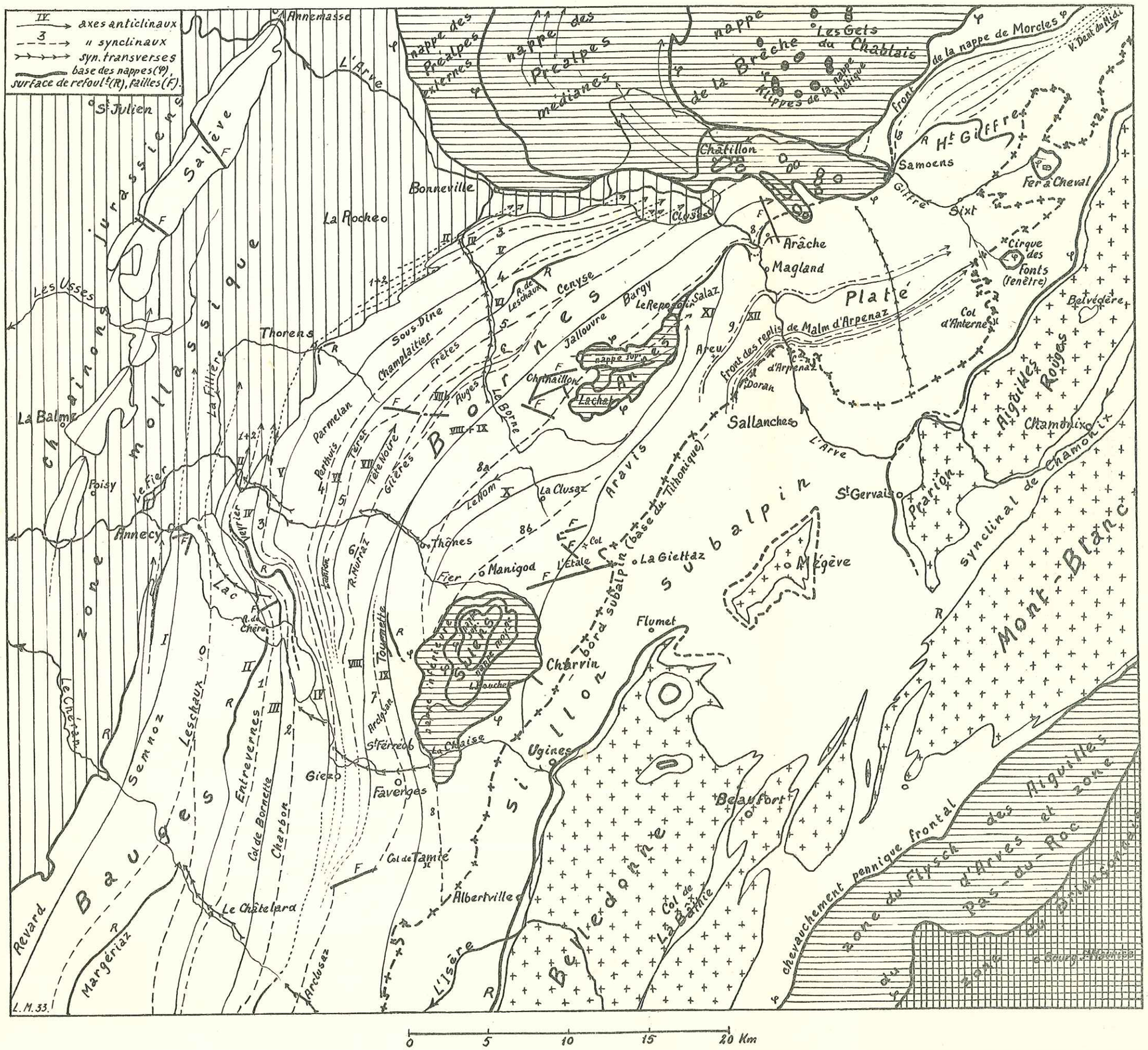
Nappes : Cox, Callovo-Oxfordien ; Js, Malm; B, Berrias et Crétacé inférieur ; ♀, base du complexe des nappes.

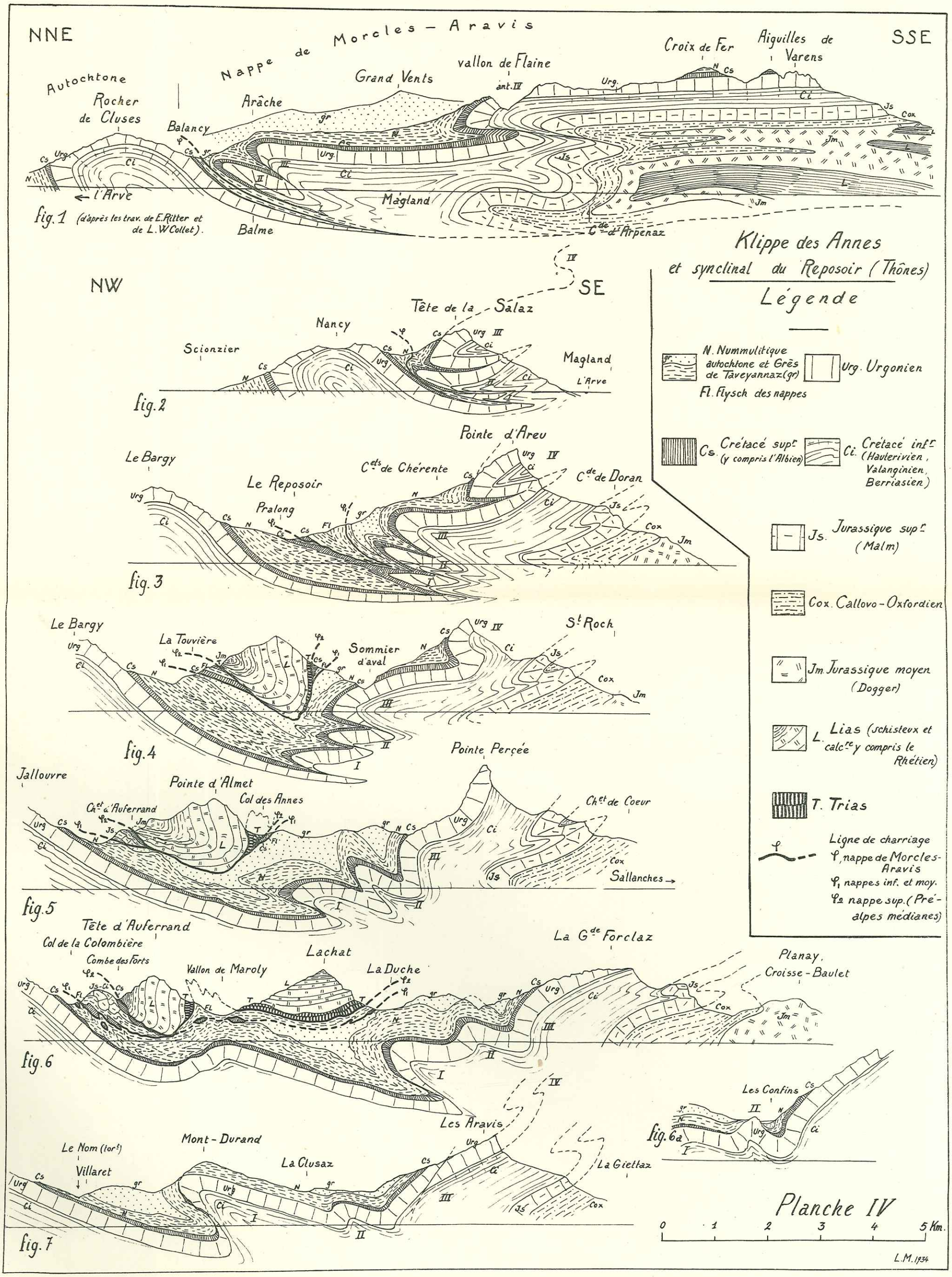
Photo Moret.



1

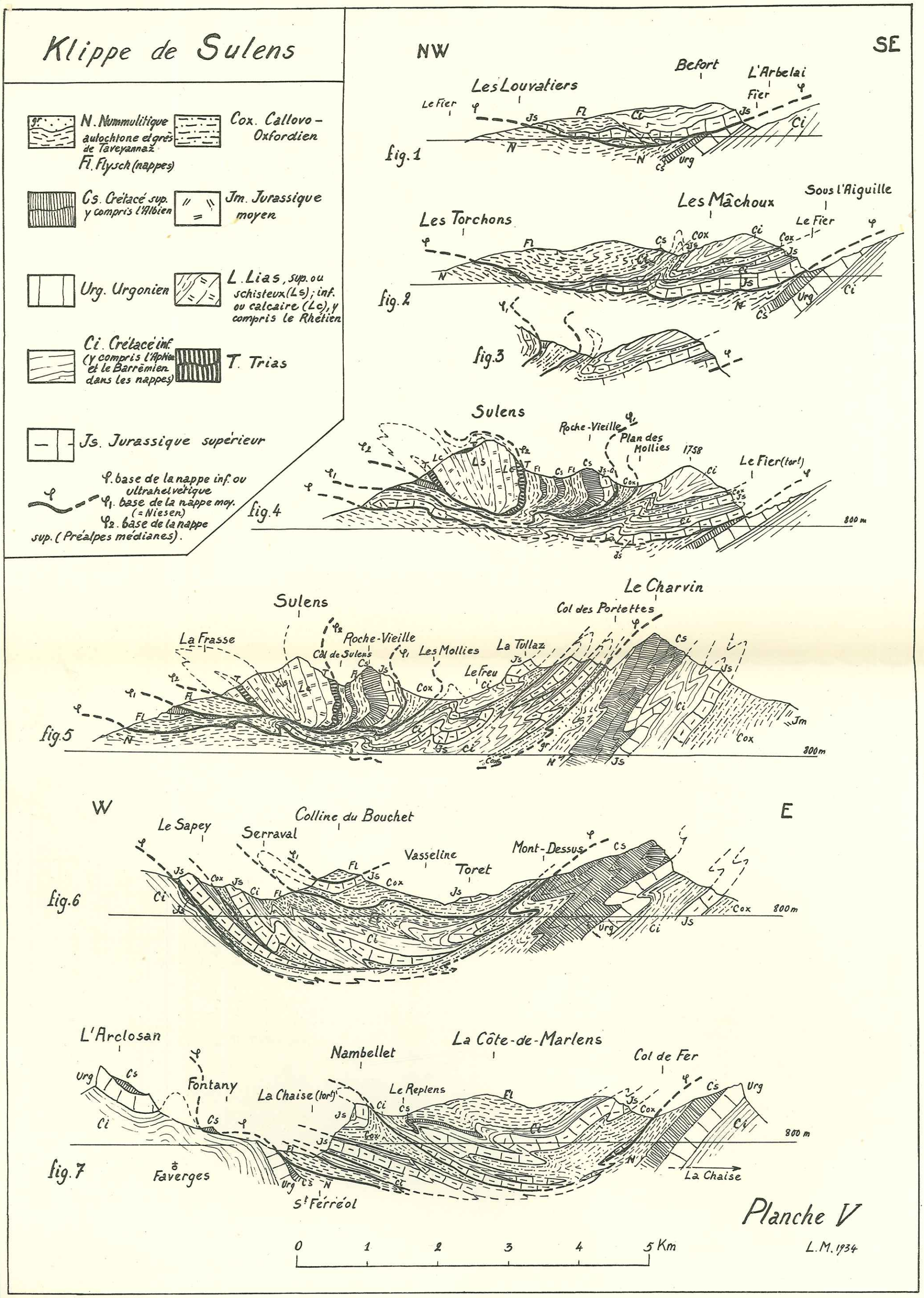



axes anticlinaux
" synclinaux
syn. transverses
base des nappes (φ), surface de refoul^t (R), failles (F).
Annemasse
L'Arve
nappe des Préalpes externes
nappe des Préalpes médianes
nappe de la Brèche
Les Gets du Chablais
Klippes de la nappe rhétique
front de la nappe de Morcles
V. Dent du Midi
St Julien
Salève
Châtillon
Samoens
Ht Giffre
Fer à Cheval
Giffre
Sixt
Bonneville
La Roche
Cluses
Arâche
Magland
Cirque des Fonts (fenêtre)
Platé
Col d'Anterne
Belvédère
Les Usses
Thorens
Sous-Dine
Champlaitier
Frêtes
Cenyse
Bargy
Le Reposoir
Salaz
Jallouvre
Chinaillon
Lachat
Areu
front des replis de Malm d'Arpenaz
Doran
Sallanches
Aiguilles Rouges
Chamonix
La Balme
Poisy
Le Fier
Annecy
Parmelan
Perthuis
Téret
Tête Noire
Glières
Auges
Le Borne
Le Nom
La Clusaz
Aravis
St Gervais
Prarion
Mont-Blanc
Thônes
Manigod
Fier
L'Etale
La Giettaz
Mégève
Flumet
Charvin
Sutens
Ugines
Beaufort
Le Chéran
Semnoz
Leschaux
Entrevernes
Col de Bornette
Charbon
Giez
Faverges
St Férréol
La Chaise
Col de Tamié
Albertville
Le Châtelard
Revard
Margériaz
Arclusaz
L'Isère
Col de La Bâthie
Belledonne
chevauchement pennique frontal
zone du Flysch des Aiguilles d'Arves et zone du Pas-du-Roc
zone du Briançonnais
Bornes
Bauges
Sillon
Bord subalpin (base du Tithonique)
Subalpin
Mont-Blanc
Chainons jurassiens
Chaînons mollassique
L.M.33.
0 5 10 15 20 Km

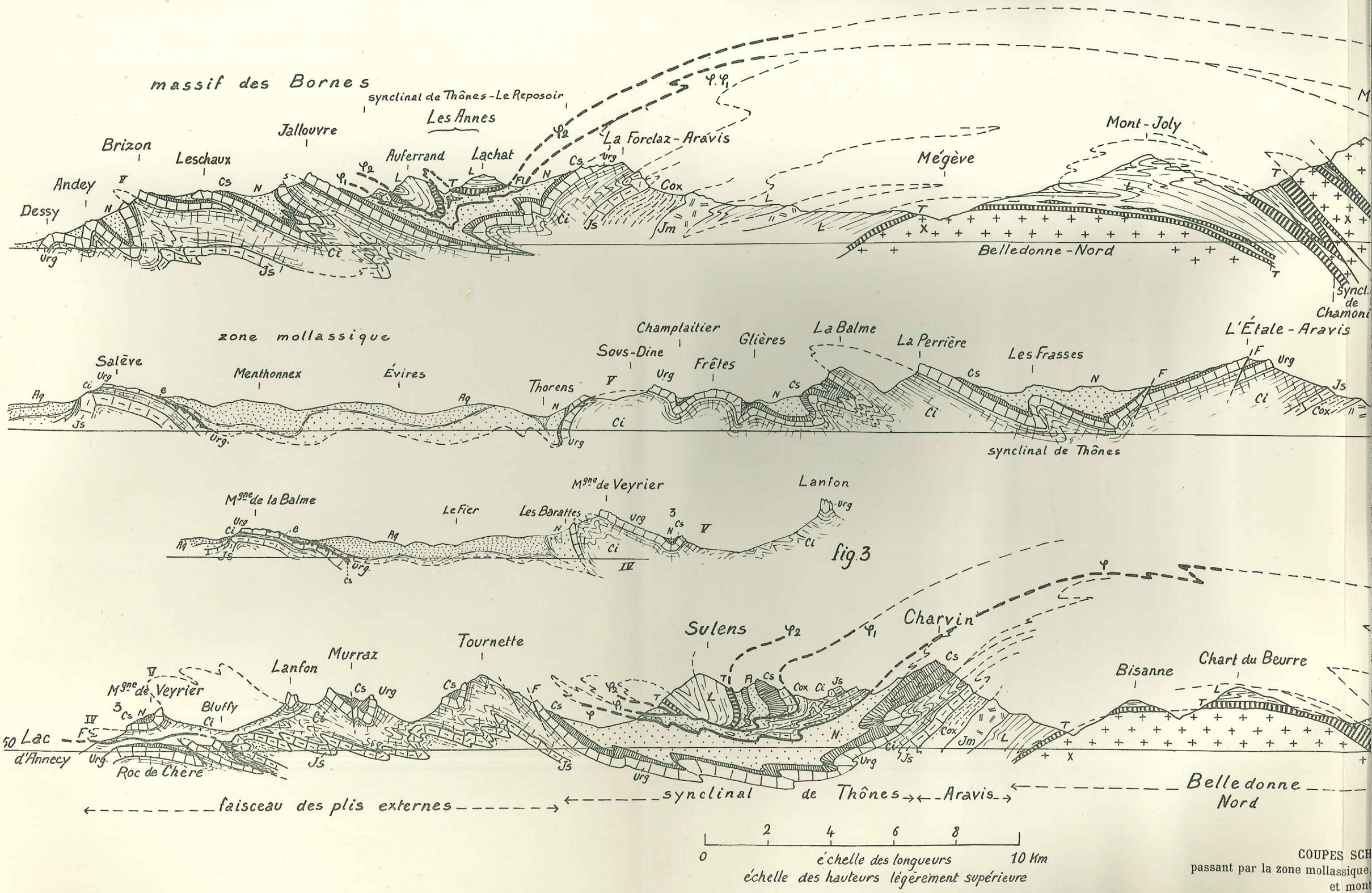


COUPES SUCCESSIVES A TRAVERS LA NAPPE DE MORCLES-ARAVIS, LE SYNCLINAL DE THÔNES (LE REPOSOIR) ET LA KLIPPE PRÉALPINE DES ANNES

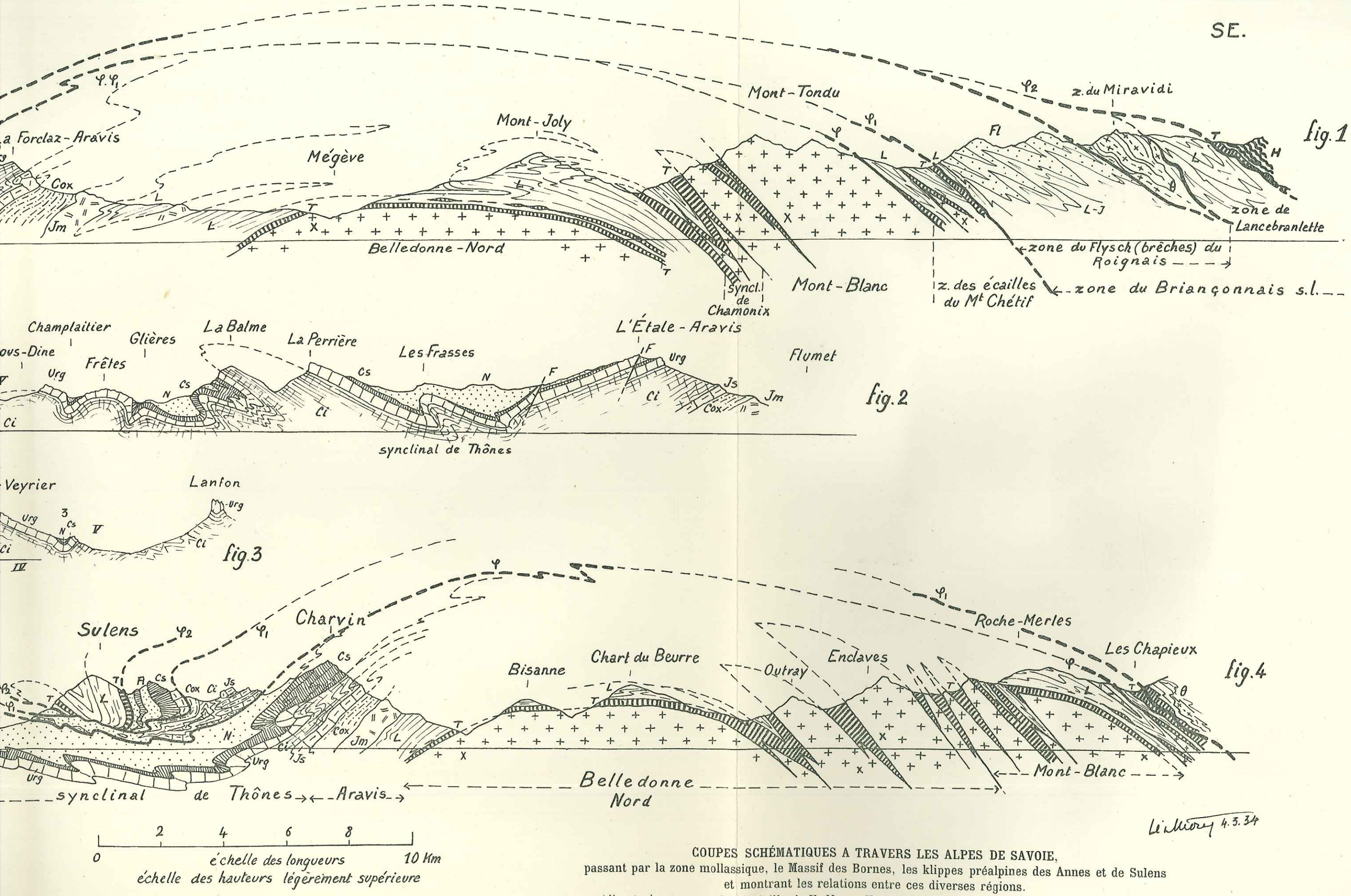
(d'après les travaux de E. Haug, E. Ritter et de l'auteur).



COUPES SUCCESSIVES A TRAVERS LE SYNCLINAL DE THÔNES (SAINT-FERRÉOL) ET LA KLIPPE PRÉALPINE DE SULENS



COUPES SCH
passant par la zone mollassique,
et mont
(d'après les travaux de G. Ma



COUPES SCHÉMATIQUES A TRAVERS LES ALPES DE SAVOIE,
passant par la zone mollassique, le Massif des Bornes, les klippes préalpines des Annes et de Sulens et montrant les relations entre ces diverses régions.
(d'après les travaux de G. Maillard, E. Haug, E. Ritter, Ed. Paréjas, H. Schoeller et de l'auteur).

	Francs
1882. — Terquem. *Les Foraminifères de l'Éocène des environs de Paris*, 104 p., 20 pl.	180 »
1882. — H.-E. Sauvage. *Recherches sur les reptiles trouvés dans le Gault de l'Est du bassin de Paris*, 42 p., 4 pl.	30 »
1883. — Cossmann et J. Lambert. *Etude paléontologique et stratigraphique sur le terrain oligocène marin des environs d'Etampes*, 188 p., 1 tabl., 6 pl.	60 »
1884. — Ph. Thomas. *Recherches stratigraphiques et paléontologiques sur quelques formations d'eau douce de l'Algérie*, 54 p., 1 tabl., 5 pl.	25 »
1885. — Cossmann. *Contribution à l'étude de la faune de l'étage bathonien en France (Gastropodes)*, 374 p., 18 pl.	120 »
1885. — Terquem. *Les Entomostracés Ostracodes du système oolitique de la zone à Am. Parkinsoni de Fontoy (Moselle)*, 46 p., 6 pl.	50 »
1886. — Terquem. *Les Entomostracés Ostracodes du Fullers Earth des environs de Varsovie*, 112 p., 12 pl.	80 »
1887. — C. Grand'Eury. *Formation des couches de houille et du terrain houiller*, 196 p., 10 pl.	50 »
1888. — H. Filhol. *Etudes sur les Vertébrés fossiles d'Issel (Aude)*, 186 p., 21 pl.	80 »
1889. — G. Cotteau. *Echinides éocènes de la province d'Alicante* (2 parties), 107 p., 16 pl.	60 »
1906. — P.-L. Prever. *Aperçu géologique sur la colline de Turin*, 48 p., 7 fig., 1 carte.	40 »
1907. — G. Zeil. *Contribution à l'étude géologique du Haut-Tonkin.* — H. Lantenois. *Note sur la géologie de l'Indo-Chine.* — René de Lamothe. *Note sur la géologie du Cambodge et du Bas-Laos*, 80 p., 1 pl., 3 cartes en couleurs.	60 »
1908. — Général de Lamothe. *Les anciennes lignes de rivage du Sahel d'Alger et d'une partie de la côte algérienne*, 288 p., 3 pl., 1 carte en couleurs.	80 »
1909. — Léon Carez. *Résumé de la Géologie des Pyrénées françaises*, 132 p., 1 pl., 6 cartes en couleurs.	80 »
1910. — Maurice Lugeon. *Etude géologique sur le projet de Barrage du Haut-Rhône français à Génissiat (près de Bellegarde)*, 136 p., 7 pl.	80 »

MÉMOIRES DE PALÉONTOLOGIE (1890-1923)

Mémoires	Francs
N°s 19. — M. Cossmann, *Contribution à la Paléontologie française des terrains jurassiques; Gastropodes: Nérinées*, 13 pl., 180 p.	150 »
20. — V. Popovici-Hatzeg, *Contribution à l'étude de la faune du Crétacé supérieur de Roumanie, Environs de Campulung et de Sinaïa*, 2 pl., 22 p.	30 »
21. — R. Zeiller, *Etudes sur la flore fossile du bassin houiller d'Héraclée (Asie Mineure)*, 6 pl., 91 p.	120 »
22. — P. Pallary, *Sur les Mollusques fossiles terrestres, fluviatiles et saumâtres de l'Algérie*, 4 pl., 218 p.	» 60 »
23. — G. Sayn, *Les Ammonites pyriteuses des marnes valanginiennes du Sud-Est de la France* (en cours), 26 fig., 6 pl., 69 p.	80 »
24. — J. Lambert, *Les Echinides fossiles de la province de Barcelone*, 9 pl., 128 p.	80 »
25. — H.-E. Sauvage, *Recherches sur les Vertébrés du Kimeridgien supérieur de Fumel (Lot-et-Garonne)*, 5 pl., 36 p.	50 »
26. — Ch. Depéret et F. Roman, *Monographie des Pectinidés néogènes de l'Europe et des régions voisines (en cours) (1re partie : genre Pecten)*, 23 pl., 169 p.	400 »
27. — G. Dollfus et Ph. Dautzenberg, *Conchyliologie du Miocène moyen du Bassin de la Loire ; Description des gisements fossilifères ; 1re partie : Pélécypodes*, 51 pl., 500 p.	1200 »
28. — Marcellin Boule, *Le* Pachyæna *de Vaugirard*, 2 pl., 16 p.	35 »
29. — V. Paquier, *Les Rudistes urgoniens*, 13 pl., 102 p.	150 »
30. — Ar. Toucas, *Etudes sur la classification et l'évolution des Hippurites*, 17 pl., 128 p.	250 »
31. — Albert Gaudry, *Fossiles de Patagonie ; Dentition de quelques Mammifères*, 28 p., 42 fig. dans le texte.	35 »
32. — Paul Lemoine et Robert Douvillé, *Sur le genre* Lepidocyclina *Gümbel*, 3 pl., 42 p.	100 »
33. — Ferdinand Canu, *Les Bryozoaires du Patagonien. Echelle des Bryozoaires pour les Terrains tertiaires*, 5 pl., 30 p.	35 »
34. — Charles R. Eastman, *Les types de Poissons fossiles du Monte-Bolca au Muséum d'Histoire naturelle de Paris*, 5 pl., 33 p.	50 »
35. — V. Popovici-Hatzeg, *Les Céphalopodes du Jurassique moyen du Mt Sranga (Roumanie)*, 6 pl., 28 p.	70 »
36. — Ar. Toucas, *Etudes sur la classification et sur l'évolution des Radiolitidés*, 24 pl., 132 p.	225 »
37. — Edm. Pellat et M. Cossmann, *Le Barrémien supérieur à faciès urgonien du Brouzet-lès-Alais (Gard)*, 9 fig. dans le texte; 6 pl., 42 p.	50 »
38. — Charles Jacob, *Etudes sur quelques Ammonites du Crétacé moyen*, 44 fig., 9 pl., 64 p.	100 »
39. — A. Pezant, *Etude iconographique des Pleurotomes fossiles du Bassin de Paris*, 5 pl., 30 p.	30 »
40. — P.-H. Fritel, *Etudes sur les végétaux fossiles de l'étage sparnacien du Bassin de Paris*, 3 pl., 37 p.	30 »
41. — Henri Douvillé, *Etudes sur les Rudistes. Rudistes de Sicile, d'Algérie, d'Egypte, du Liban et de la Perse*, 7 pl., 84 p. (voir Mém. n° 6).	100 »

Mémoires

		Francs
Nos 42.	— L. Pervinquière, *Sur quelques Ammonites du Crétacé algérien*, 7 pl., 86 p.	60 »
43.	— Robert Douvillé, *Céphalopodes argentins*, 3 pl., 21 p.	30 »
44.	— Gustave F. Dollfus, *Les coquilles du Quaternaire marin du Sénégal. Introduction géologique*, par A. Dereims, 4 fig., 4 pl., 72 p.	60 »
45.	— Robert Douvillé, *Etudes sur les Cardiocératidés de Dives, Villers-sur-Mer, et quelques autres gisements*, 84 fig., 5 pl., 77 p.	100 »
46.	— M. Cossmann, *Contribution à la Paléontologie française des terrains jurassiques* (voir Mém. nos 14, 19); *Cerithiacea et Loxonematacea*, 11 pl., 264 p.	150 »
47.	— Lucien Morellet et Jean Morellet, *Les Dasycladacées du Tertiaire parisien*, 24 fig., 3 pl., 43 p.	20 »
48.	— Robert Douvillé, *Etudes sur les Oppeliidées de Dives et Villers-sur-Mer*, 31 fig., 2 pl., 26 p.	50 »
49-50.	— F. Priem, *Sur des Poissons fossiles et, en particulier, des Siluridés du Tertiaire supérieur et des couches récentes d'Afrique (Egypte et région du Tchad); Sur des Poissons fossiles des terrains tertiaires d'eau douce et d'eau saumâtre de France et de Suisse*, 9 pl., 30 p.	45 »
51.	— P. de Brun, C. Chatelet et M. Cossmann, *Le Barrémien supérieur à faciès urgonien de Brouzet-lès-Alais (Gard)* [Partie II (voir Mém. no 37)], 4 fig., 5 pl., 56 p.	50 »
52.	— Henri Douvillé, *Le Barrémien supér. de Brouzet* [Partie III (voir Mém. nos 37 et 51)], 4 pl., 20 p.	50 »
53.	— J. Repelin, *Monographie du genre Lychnus*, 6 pl., 24 p.	30 »
54.	— J. Monestier, *Ammonites rares ou peu connues et Ammonites nouvelles du Toarcien supérieur du Sud-Est de l'Aveyron*, 4 pl., 44 p.	50 »
55.	— Maurice Cossmann, *Synopsis illustré des Mollusques de l'Eocène et de l'Oligocène en Aquitaine*, 15 pl., 220 p.	180 »
56.	— J. Lewinski, *Monographie géologique et paléontologique du Bononien de la Pologne*, 11 pl., 108 p.	100 »
57.	— F. Roman, *Monographie de la faune de Mammifères de Mormoiron (Vaucluse), Ludien supérieur*, 8 pl., 40 p.	60 »
58.	— L. et J. Morellet, *Nouvelle contribution à l'étude des Dasycladacées tertiaires*, 2 pl., 37 p.	20 »
59.	— A. Borissiak, *Sur un nouveau représentant des Rhinocéros gigantesques de l'Oligocène d'Asie : l'Indricotherium asiaticum*, n. g., n. sp., 3 pl., 16 p.	20 »

MÉMOIRES DE LA SOCIÉTÉ GÉOLOGIQUE DE FRANCE

NOUVELLE SÉRIE

		Francs
1.	— L. Moret, *Contribution à l'étude des Spongiaires siliceux du Miocène de l'Algérie*, 4 pl., 32 p.	30 »
2.	— H. Douvillé, *Revision des Lépidocyclines*, 7 pl., 123 p.	175 »
3.	— S. Gillet, *Etude sur les Lamellibranches néocomiens*, 2 pl., 339 p.	140 »
4.	— F. Canu, *Les Bryozoaires cheilostomes des faluns de Touraine et d'Anjou*, 25 pl., 130 p.	125 »
	Les Bryozoaires cyclostomes des faluns de Touraine et d'Anjou, pl. XXVI à XXXV, p. 131 à 178.	50 »
5.	— L. Moret, *Contribution à l'étude des Spongiaires siliceux du Crétacé supérieur français*, 24 pl., 338 p.	140 »
6.	— J. Pfender, *Les Mélobésiées dans les calcaires crétacés de la Basse-Provence*, 10 pl., 32 p.	50 »
7.	— P. Teilhard de Chardin, *Etude géologique sur la région du Dalai-Noor*, 2 pl., 3 cartes, 56 p.	50 »
8.	— E. Roch, *Etude stratigraphique et paléontologique de l'Aptien inférieur de la Bédoule près Cassis (B.-du-Rh.)*, 5 pl., 37 p.	40 »
9.	— C.-P. Nicolesco, *Etude monographique du genre* Parkinsonia, 16 pl., 84 p.	150 »
10.	— Charles Depéret et F. Roman, *Monographie des Pectinidés néogènes de l'Europe et des régions voisines* (Suite du Mém. de Paléont. no 26), pl. XXIV-XXVIII, p. 169-194.	60 »
11.	— René Dehée, *Description de la faune d'Etrœungt* (Faune de passage du Dévonien au Carbonifère), 8 pl., 64 p.	50 »
12.	— L. Barrabé, *Contribution à l'étude stratigraphique et pétrographique de la partie médiane du pays sakalave (Madagascar)*, 10 pl., 1 carte en couleurs, 260 p.	175 »
13.	— M. D. Zalessky, *Etude anatomique sur le stipe du* Protopteris Sewardi *n. sp.*, 6 pl., 30 p.	30 »
14.	— P. Teilhard de Chardin, P. Lamare, A. Lacroix, M. Dreyfuss et E. Basse, *Etudes géologiques en Ethiopie, Somalie et Arabie méridionale*, 5 pl. dont 1 carte en couleurs, 151 p.	125 »
15.	— J. Monestier, *Ammonites rares ou peu connues et Ammonites nouvelles du Toarcien moyen de la région S. E. de l'Aveyron*, 9 pl., 79 p.	60 »
16.	— J. Lambert, *Etude sur les Echinides fossiles du Nord de l'Afrique*, 8 pl., 228 p.	125 »
17.	— C.-P. Nicolesco, *Etude monographique du genre* Bigotites, 8 pl., 52 p.	60 »
18.	— A. Carpentier, *Etude de quelques végétaux jurassiques du Doubs*, 6 pl., 12 p.	25 »
19.	— Yang Kieh, *Contribution à l'étude géologique de la chaîne de la Marche et du plateau d'Aigurande (Nord-Ouest du Massif Central français)*, 14 pl. dont une carte en couleurs, 122 p.	125 »
20.	— D. Le Maitre, *Description des Stromatoporoïdes de l'assise d'Etrœungt*, 7 pl., 32 p.	40 »
21.	— F. Roman et J. Viret, *La Faune de Mammifères du Burdigalien de La Romieu (Gers)*, 12 pl., 167 p.	100 »
22.	— L. Moret, *Géologie du Massif des Bornes et des Klippes préalpines des Annes et de Sulens (Haute-Savoie)*, 6 pl., 162 p.	100 »

MACON, PROTAT FRÈRES, IMPRIMEURS. — MCMXXXIV.

La Gérante de la Société Géologique : Mme L. Mémin.