

Beiträge
zur Geologischen Karte der Schweiz

herausgegeben von der

Schweizerischen Geologischen Kommission

(Organ der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft)
subventioniert von der Eidgenossenschaft

Matériaux
pour la Carte Géologique de la Suisse

publiés par la

Commission Géologique Suisse

(Organe de la Société Helvétique des Sciences Naturelles)
subventionnés par la Confédération

Materiali per la Carta Geologica della Svizzera

pubblicati dalla

Commissione Geologica Svizzera

(Organo della Società Elvetica di Scienze Naturali)
sovvenzionati dalla Confederazione

Nouvelle série, 106^e livraison

136^e livraison de la collection entière

L'Ultrahelvétique **entre Derborence et Bex**

(Alpes vaudoises)

Avec 21 figures dans le texte et 3 planches

Par

Jacques H. Gabus

Lausanne

BERNE

En commission chez KÜMMERLY & FREY S. A., Editions géographiques, Berne

1958

Imprimé par Stämpfli & Cie

Préface de la Commission Géologique Suisse

Le 10 août 1955, M. *J.H.Gabus*, Dr ès Sc., a présenté à la Commission Géologique le manuscrit de sa thèse intitulé: «L'Ultraschélvétique entre Derborence et Bex (Alpes vaudoises)», en vue d'une éventuelle publication dans les «Matériaux pour la Carte Géologique de la Suisse».

Lors de sa séance du 9 décembre 1955, la Commission décida d'accepter cette requête, mais en remplaçant la carte au 1 : 10000 accompagnant le texte par des profils en deux couleurs. Une grande partie des planches et des figures demandaient à être redessinées. L'absence de M. *Gabus* et le manque de dessinateur, en retardèrent l'impression jusqu'au mois de juillet 1957.

M. *Gabus* prendra à sa charge une partie des frais d'impression; la Commission Géologique lui en est reconnaissante.

La collection d'échantillons qui accompagne ce travail se trouve au Musée géologique de l'Université de Lausanne; les originaux des cartes sont déposés à la Commission Géologique Suisse.

L'auteur est seul responsable du contenu du texte et des illustrations.

Bâle, novembre 1957.

Pour la Commission Géologique Suisse,

le Président:

L. VONDERSCHMITT

Avant-propos

L'étude de «Ultrahelvétique entre Derborence et Bex» qui constitue le sujet de notre thèse de doctorat, nous a été permise, grâce à l'aimable compréhension de notre directeur M. HÉLI BADOUX, professeur de géologie à l'Université de Lausanne. Il a bien voulu nous conseiller utilement dans nos recherches, tout en nous laissant la plus grande liberté d'opinion. Il a revu avec nous notre texte.

M. LOUIS DÉVERIN, professeur de minéralogie à l'Université de Lausanne, nous a toujours accordé son aide et ses conseils avec générosité.

MM. les professeurs N. OULIANOFF, R. TRÜMPY et M. LORÉTAN, chef de travaux en minéralogie, nous ont aimablement conseillé.

Nos amis M. BURRI, A. ESCHER, J. J. FRÜTIGER, R. HORWITZ, J. P. VERNET et d'autres, nous ont aidé de leur camaraderie.

M^{lle} E. PACHE, secrétaire, MM. DUNANT, MARGOT et ROCHAT, préparateurs au Musée de Géologie et à l'Institut de Géologie, ont toujours répondu aimablement à nos demandes.

Qu'ils en soient tous remerciés.

Lausanne, le 19 juillet 1955.

Table des matières

	Pages
Avant-propos	IV
Liste des figures dans le texte et planches	VI
Bibliographie	VII
<i>Introduction</i>	
1. Situation géographique et géologique	1
2. Aperçu historique	1
Introduction aux chapitres suivants	2

PREMIÈRE PARTIE

Stratigraphie

Chapitre I

Le Flysch parautochtone

1. Situation	3
2. Description générale	3
3. Pétrographie	4
4. Tectonique	6
5. Conclusion	7

Chapitre II

La Nappe de la Plaine Morte

1. Situation	7
2. Description générale	7
3. Pétrographie et description des affleurements	8
4. Tectonique	10
5. Résumé et conclusion	11

Chapitre III

La Nappe de la Tour d'Anzeinde

1. Le Callovo-Oxfordien	11
2. L'Argovien	13
3. Le Malm en paroi	14
4. Le Berriasien et le Valanginien	15
5. L'Hauterivien	22
6. Le Barrémien	23
7. L'Aptien et l'Albien	24
8. Le Crétacé supérieur du Cénomanién au Sénonien	28
9. Comparaison stratigraphique entre la zone de Derborence-Bex et les Préalpes bordières	31

Chapitre IV

Le Flysch de Bovonne

	Pages
1. Description de l'affleurement et pétrographie	32
2. Résumé	32

Chapitre V

Nappes de la zone Bex-Laubhorn

1. Le Trias	33
2. Le Trias et le Lias de Bovonne	33
3. Remarques	35

DEUXIÈME PARTIE

Tectonique

I. Introduction	36
II. Mise en place des nappes	36
III. Description géologique générale	39
1. De Bex-Lavey à Javerne	39
2. De Frenières-Les Plans à Bovonne et Solalex	40
3. Région de Solalex à Anzeinde	40
4. D'Anzeinde à Cheville	41
5. Pas de Cheville à Derborence	43
6. Résumé	43
Notes concernant les coupes géologiques	43

TROISIÈME PARTIE

Quaternaire

I. Glaciation et morphologie	44
II. Phénomènes post-glaciaires et récents	45
1. Erosion	45
2. Eboulements et éboulis	45
3. Ecoulements	45
4. Les sources	46
<i>Résumé général</i>	47

Liste des figures dans le texte et des planches

	Pages
Fig. 1. Carte tectonique de la région occupée par le Flysch parautochtone et autochtone.	5
Fig. 2. Coupe tectonique des écaillés du Flysch parautochtone	6
Fig. 3. Coupe de l'Oxfordien dans les gorges de l'Avançon d'Anzeinde, sous Cergnement	12
Fig. 4. Coupe géologique de la klippe de la Tour de Duin	13
Fig. 5. Coupe du Malm dans les gorges de l'Avançon de Nant en aval des Plans	15
Fig. 6. Coupe du Berriasien sous le Pas de Cheville	16
Fig. 7. Coupe du Berriasien au S des Hauts Crots	17
Fig. 8. Coupe du Berriasien, du Valanginien et de l'Hauterivien à l'arête NW de la Tour d'Anzeinde	18
Fig. 9. Coupe du Berriasien au pied W de la Tour d'Anzeinde, sous la ligne du téléphone	18
Fig. 10. Algues trouvées dans le Berriasien	19
Fig. 11. Coupe du Berriasien et du Valanginien sur le flanc droit de l'anticlinal couché du Scex à l'Aigle	21
Fig. 12. Panorama du gisement et coupe du Barrémien au Cénomaniens sur l'arête N du sommet N de la Tour d'Anzeinde	24
Fig. 13. Coupe de l'Aptien-Albien au N de Les Lués	27
Fig. 14. Coupe du Cénomaniens au Sénonien à l'W du pâturage de Botsard entre 1240 et 1280 m alt.	29
Fig. 15. Coupe du Trias et du Lias de la klippe de Bovonne.	34
Fig. 16. Coupe du Trias et du Lias écaillés dans les gorges de l'Avançon d'Anzeinde en aval des Pars.	34
Fig. 17. Schéma tectonique de «l'Ecaillé du Néocomien à Céphalopodes»	37
Fig. 18. Coupe ENE-WSW à travers la Nappe de la Tour d'Anzeinde	38
Fig. 19. Schéma montrant la cause probable de la poussée perpendiculaire à celle de direction alpine	39
Fig. 20. Vue panoramique sur la Tour d'Anzeinde	41
Fig. 21. Panorama de Cheville	42

Planche I Esquisse tectonique au 1 : 75 000^e.

Planche II Coupes géologiques: Bex-Tour de Duin-Croix de Javerne-Frenières-Bovonne.

Planche III Coupes géologiques: Bovonne-Le Châtelet-La Benjamine-Solalex-Tour d'Anzeinde-Anzeinde-Pas de Cheville.

Bibliographie

- BADOUX, H. (1945): La géologie de la Zone des Cols entre la Sarine et le Hahnenmoos. Mat. Carte Géol. Suisse, nouv. sér., Livr. 84.
- (1946): L'Ultraschweiz au Nord du Rhône valaisan. Mat. Carte Géol. Suisse, nouv. sér., Livr. 85.
- BOLLI, H. (1944): Zur Stratigraphie der Oberen Kreide in den höheren helvetischen Decken. *Eclogae Geol. Helv.*, Vol. 37, p. 217–328.
- BONNARD, E. G. (1924): Notes sur les écaillés du Pas de Cheville. *Bull. Soc. Vaud. Sc. Nat.*, 55, p. 303–305.
- (1926): Monographie géol. du Massif du Haut de Cry. Mat. Carte Géol. Suisse, nouv. sér., Livr. 57, avec carte spéc. N° 112.
- (1945): Sur l'extension de l'Ultraschweiz dans la vallée de la Lizerne (Val.), *Eclogae geol. Helv.*, vol. 38, p. 345–352.
- CAMPBELL, A. S. (1954): «Tintinnina», Extr. Treatise on Invertebrate Paleontology, Part D Protista 3. *Bull. Geol. Soc. Amer.*, p. 166–180.
- CHAMOT, G. (1951): Le lambeau de recouvrement de la Tour de Duin. *Bull. Labor. Géol. Lausanne*, N° 101.
- COLOM, G. (1947): Los microforaminíferos fosiles y su utilidad en geología estratigráfica. *Bol. Inst. Geol. Min. España*, T. LX.
- (1950): Los Tintinnidos fosiles – Infusorios de orden de los Oligotricos. *Estud. geol. Madrid T. VI. 11.* p. 105–172.
- GAGNEBIN, E. (1924): Description géologique des Préalpes bordières entre Montreux et Semsales. *Bull. Labor. Géol. Lausanne*, N° 36.
- (1934): Les Préalpes et les «Klippes». *Guide géol. de la Suisse*, fasc. 2, p. 79–95.
- GANDOLFI, R. (1942): Ricerche micropaleontologiche e stratigrafiche sulla scaglia e sul Flysch cretacici. Thèse, *Rev. Ital. Pal. Milano*, XX.
- DE HALLER, A. (1776): Description courte et abrégée des Salines du Gouvernement d'Aigle. Yverdon.
- HEIM, ARN. (1907): Zur Frage der exotischen Blöcke im Flysch. *Eclogae geol. Helv.*, Vol. IX, p. 413–424.
- HUBER, K. (1933): Geologie der Sattelzone bei Adelboden. *Diss. Mitt. natf. Ges. Bern*.
- LUGEON, M. (1901a): Sur la fréquence dans les Alpes de gorges épigénétiques. *Bull. Labor. Géol. Lausanne*, N° 2.
- (1901b): Les grandes Nappes de recouvrement des Alpes du Chablais et de la Suisse. *Bull. Soc. Géol. Frib.*, série 4, T. 1.
- (1909): Sur les relations tectoniques des préalpes internes avec les Nappes helvétiques de Morcles et des Diablerets. *C. R. Acad. Sc. Paris*, T. 149, p. 321–323.
- (1910): Sur quelques faits nouveaux des Préalpes internes. *Bull. Soc. Vaud. Sc. Nat.*, Vol. 46.
- (1919): Sur la géologie des environs des Plans de Frenières. *Bull. Soc. Vaud. Sc. Nat.*, Vol. 52.
- (1934): Bex–Les Plans–Anzeinde–Gryon, excursion N° 20, dans: *Guide géol. Suisse*, fasc. 6, p. 432–435.
- (1937): Notice explicative pour la feuille 477^{bis}–480 Saxon–Morcles, *Atl. Géol. Suisse*.
- (1940): Notice explicative pour la feuille N° 485 Les Diablerets, *Atl. Géol. Suisse*.
- (1943): Une nouvelle hypothèse tectonique: la diverticulation (Note préliminaire), *Bull. Soc. Vaud. Sc. Nat.*, Vol. 62, N° 260.
- (1950): Cristaux de quartz hyalin de la Croix de Javerne. *Bull. Soc. Vaud. Sc. Nat.*, Vol. 64, N° 276.
- LUGEON, M. et GAGNEBIN, E. (1937): La Géologie des Collines de Chiètres. *Bull. Labor. Géol. Lausanne*, N° 57.
- LUGEON, M. et VUAGNAT, M. (1948): Quelques considérations sur le Flysch du soubassement de la Dent de Morcles. *Bull. Labor. Géol. Lausanne*, N° 90.

- MORNOD, L. (1950): Les Globorotalidés du Crétacé supérieur de Montsalvens (Préalpes Fribourgeoises). *Eclogae geol. Helv.* Vol.42/2, p.573-596.
- REICHEL, M. (1950): Observations sur les *Globotruncana* du gisement de Breggia (Tessin). *Eclogae geol. Helv.* Vol.42/2, p.596-617.
- RENEVIER, E. (1890): Monographie géologique des Hautes Alpes Vaudoises. Mat. Carte Géol. Suisse, Livr.16 avec carte spéc. 7.
- TERCIER, J. (1942): Sur l'âge du Flysch des Préalpes médianes. *Eclogae geol. Helv.*, 35, p.133-138.
- (1945): Problème de l'origine des Préalpes. *Bull. Soc. Frib. Sc. Nat.* Vol.37.
- (1952): Problèmes de sédimentation et de tectonique dans les Préalpes. *Rev. Quest. sc. Louvain*, p.17-44.
- TOLUN, N. (1948): Etude stratigraphique du Cénomanién de la Nappe de Morcles. Thèse N° 1073, Genève.
- TOKAY, M. (1948): Micrographie du Crétacé supérieur de la Nappe de Morcles. Thèse N° 1083, Genève.
- TRÜMPY, R. (1951): Le Lias de la Nappe de Bex (Préalpes internes) dans la Basse Gryonne. *Bull. Labor. Géol. Lausanne*, N° 100.
- VUAGNAT, M. (1952): Pétrographie, répartition et origine des microbrèches du Flysch nordhelvétique. Mat. Carte Géol. Suisse, nouv. sér., Livr.97.
- WILD, F. S. (1788): Essai sur la montagne salifère du Gouvernement d'Aigle situé dans le Canton de Berne. Genève.

Cartes géologiques

- RENEVIER, E. (1890): Carte Géologique de la Partie Sud des Alpes Vaud., Ech. 1 : 50000^e = Carte spéc. N° 7, dans: Mat. Carte Géol. Suisse, Livr.16.
- LUGEON, M. (1937): Atl. Géol. de la Suisse au 1 : 25000^e, feuille 477^{bis}-480 Saxon-Morcles.
- (1940): Atl. Géol. de la Suisse au 1 : 25000^e, feuille 485 Les Diablerets.

Introduction

Situation géographique et géologique

La zone que nous avons étudiée est comprise entre les chaînes du Muveran et des Diablerets. C'est une région relativement déprimée dont le plus haut point n'atteint que 2169 m d'altitude à la Tour d'Anzeinde. (Voir les feuilles 544 et 545 de la Carte Nationale au 1:50 000^e.)

La limite N des terrains étudiés est marquée par le torrent de l'Avançon: d'Anzeinde à Bex. A l'E, le grand éboulement des Diablerets, sur Derborence, borde notre lever, alors qu'au S c'est le pied du massif des Alpes vaudoises, sous les sommets de Tête à Pégnat, Tête à Grosjean, Tête à Bellalué, puis de l'Argentine; de là, nous touchons aux Plans pour remonter sous la Pointe des Savolaires et les Dents de Morcles. Nous descendons sur la plaine avec les gorges du Courset. A l'W, c'est le méridien qui joint Lavey à Bex, dans la Plaine du Rhône, qui arrête notre terrain d'étude.

Géologiquement, la zone étudiée (voir l'esquisse tectonique Pl. I), appartient aux Nappes ultrahelvétiques suivantes:

- | | |
|---|---|
| 1 ^o Nappe de la Plaine Morte, | 3 ^o Ecailles «de Bovonne», |
| 2 ^o Nappe de la Tour d'Anzeinde, | 4 ^o Nappes de Bex-Laubhorn s. l. |

Ces nappes sont pincées entre l'Autochtone et deux nappes principales appartenant à l'Helvétique:

En bas et au SE, Autochtone, Parautochtone, avec écailles du Flysch, puis Nappe de Morcles. Au NW la Nappe des Diablerets-Wildhorn.

Aperçu historique

La vaste région comprise entre: le Lac Léman, le Rhône jusqu'à St-Maurice, les Diablerets en passant par les Alpes vaudoises, le Pillon, les Mosses, les Tours d'Aï et le Col de Chaude sur Villeneuve, formait, sous le régime bernois, le Gouvernement d'Aigle. Cette région a été levée topographiquement et géologiquement, semble-t-il, pour la première fois par ISAAC GAMALIEL DE ROVÉREA, ingénieur aux Mines et Salines de Bex, entre 1724 et 1754, sur sa carte intitulée: «Carte du Gouvernement d'Aigle avec Explications Pétrographiques» qui présente déjà un admirable travail topographique au 1:60 000^e environ. Cet ingénieur distingue: les calcaires, le gypse (important pour les mines), le granite du soubassement de Morcles, les grès du Flysch (Taveyenne), les marbres colorés, les marbres noirs, les pétrifications (fossiles), les gisements de soufre, de marcassite ferrugineuse, de fer, de plomb et enfin de charbon de terre pour reprendre les termes qu'il emploie.

En 1776, DE HALLER publie une «Description courte et abrégée des Salines du Gouvernement d'Aigle». Cet auteur n'a pas hésité à parcourir toute la région jusqu'à Anzeinde et Derborence. Il note une abondance d'observations géologiques intéressantes.

Nous pouvons en dire autant de FR. SAM. WILD, qui en 1788 publie un «Essai sur la montagne salifère du Gouvernement d'Aigle situé dans le canton de Berne». Cet ouvrage republié, à côté d'observations géologiques pertinentes, la carte de I. G. DE ROVÉREA.

En 1890 paraît la monographie sur «La géologie des Hautes-Alpes vaudoises» par E. RENEVIER, monographie accompagnée d'une carte «de la partie Sud des Alpes vaudoises» au 1:50 000^e. Cet auteur débrouille

avec patience la stratigraphie de ce qu'on appellera plus tard les zones helvétiques et ultrahelvétiques. Déjà il relève l'étrangeté du « Néocomien à Céphalopodes » pincé entre deux massifs de calcaires récifaux. Ce Néocomien est la zone de notre lever.

Il faudra attendre 1901*b* pour que M. LUGEON découvre avec bonheur la tectonique de cette région, entre autre, dans son ouvrage capital sur :

« Les grandes Nappes de recouvrement des Alpes du Chablais et de la Suisse. »

En 1909, il démontre l'existence des Préalpes Internes dans la région de Derborence.

En 1910, il précise certaines relations entre les écailles des Internes.

En 1919, une note nous donne un aperçu de la stratigraphie de l'Ecaille du Néocomien à Céphalopodes, où, pour la première fois, est décrit du Jurassique (Malm), dans cette zone.

En 1934, il publie dans le « Guide géologique de la Suisse », une excursion dans les Alpes vaudoises et plus précisément à la Tour d'Anzeinde (p. 434 et suiv.). Il nous donne une première coupe détaillée qui passe par la Croix de Taveyenne, Bovonne, la Tête à Pierre Grept, tandis que se projette au-dessus, celle passant par la Tour d'Anzeinde.

La « Notice Explicative » de la Feuille des Diablerets qui accompagne la carte, paraît en 1940. Cette carte couvre avec celle de Morcles (1937) mon terrain d'étude. Dans ces notices explicatives (1937 et 1940), M. LUGEON reprend de façon succincte la stratigraphie en se basant principalement sur les travaux de E. RENEVIER, et il donne pour la tectonique les noms et les définitions des unités reconnues actuellement.

Introduction aux chapitres suivants

Nous allons étudier en premier lieu la stratigraphie des nappes, que nous ferons suivre des chapitres consacrés à la tectonique, puis au Quaternaire.

La stratigraphie sera exposée par nappe et dans l'ordre suivant :

- 1° Le Flysch parautochtone et sa tectonique.
- 2° La Nappe de la Plaine Morte.
- 3° La Nappe de la Tour d'Anzeinde.
- 4° Le Flysch de Bovonne.
- 5° Nappes de Bex-Laubhorn et zone de Bovonne.

Certaines de nos figures représentant des coupes stratigraphiques, portent en face des couches géologiques, des numéros compris entre 5000 et 5400. Ces numéros se rapportent aux lames minces conservées au Laboratoire de Géologie de l'Université de Lausanne.

P R E M I È R E P A R T I E

Stratigraphie

Chapitre I

Le Flysch parautochtone

1. Situation

Ce Flysch constitue, mises à part les écaillés ultrahelvétiques qui y sont pincées, toute la partie SW de notre terrain (voir pl. I).

Il forme les collines de Chiètres dans leur partie NE sous la Tour de Duin, de là, il atteint la région du Bévieux, se retrouve par places dans les gorges de l'Avançon en amont de l'usine électrique BVB. Ses plus grands affleurements forment la côte escarpée qui domine le petit village du Châtel jusqu'à l'arête descendant de la pointe des Martinets à la Croix de Javerne (voir fig. 1, p. 5).

On le voit dans la haute vallée de Javerne, puis sur son flanc E à Chaux Commun. En klippe, il recouvre encore sur une faible surface le flanc E de l'arête descendant de Gros Châtillons vers le nord (200 m N).

2. Description générale

Ce Flysch parautochtone, comme nous le verrons, a une épaisseur apparente de 2000 m, compte tenu du plongement axial SW-NE compris entre 25 et 30 degrés. Mais ce n'est qu'une apparence.

On constate en effet des répétitions de bancs caractéristiques, et des écaillés soulignées par des lambeaux de Nappes ultrahelvétiques (voir fig. 2, p. 6).

Ce Flysch est constitué par des grès passant, d'une part, à des schistes argileux très finement gréseux et charbonneux et, d'autre part, aux grès conglomératiques à éléments pouvant atteindre 2 cm. Il est parfois schisteux, parfois en bancs, parfois enfin, assez massif.

Reposant transgressivement sur le Crétacé autochtone arrasé en biseau du N au S, il en est séparé par 10 à 15 m de schistes fins noirs (Schistes à globigérines de M. LUGEON).

Une magnifique surface de charriage soulignée par une zone listrique, limonitisée à l'air libre, marque la base des premiers bancs gréseux. Cette surface de charriage est bien visible dans la paroi dominant au N la partie supérieure des Gorges du Courset entre les altitudes de 1000 et 1100 m.

1. Par-dessus viennent les premiers grès assez grossiers très micacés de notre Flysch. Ce sont des bancs d'une épaisseur de quelques décimètres à un mètre qui forment une paroi de 30 m environ. Nous leur donnerons le nom de «grès de Plambuit» par analogie pétrographique avec ceux décrits par M. VUAGNAT (1952).

2. A cette formation basale succède un ensemble épais de 300 à 400 m de grès en petits bancs et plaquettes, de schistes gréseux, de schistes marno-gréseux fins et satinés auxquels succède brusquement la formation :

3. Des grès supérieurs très grossiers, conglomératiques.

4. Signalons enfin que dans la région de la Croix de Javerne-La Tourche, une formation schisteuse épaisse, en général très finement gréseuse, recouvre les grès conglomératiques.

Nous pensons que cette masse est une écaille supérieure du Flysch parautochtone, qui n'a pas de liaison directe et stratigraphique avec les formations précédentes. Elle doit s'enraciner bien en arrière. Cette masse n'existe pas ailleurs; on trouve à sa place des terrains ultrahelvétiques charriés. Le flanc renversé de la Nappe de Morcles vient enfin recouvrir cet ensemble (voir fig. 17, p. 37). Il débute par la zone à mylonites de LUGEON suivie du Tertiaire de la Nappe de Morcles.

3. Pétrographie du Flysch parautochtone

Signalons d'emblée que c'est sur le remarquable travail de MARC VUAGNAT: «Pétrographie, répartition et origine des microbrèches du Flysch nordhelvétique» (1952) que nous nous sommes basés pour cette étude. On voudra bien pour plus de détails consulter cet ouvrage.

L'ensemble du Flysch, que nous présentons dans ce chapitre, appartient au «grès du Val d'Iliez» caractérisé par la présence de constituants détritiques d'origine volcanique.

1. Les grès de base ou de Plambuit.

Ce sont des grès assez grossiers très micacés à patine gris brunâtre. Ils sont gris à la cassure. (Coupes 5304 et 5326 provenant des gorges du Courset: la première à l'E du p. 879, la deuxième au sortir des gorges et au sommet du cône de déjection.) Ils sont constitués par un agrégat de grains à éléments assez anguleux pour les roches silicatées, arrondis pour ceux, fréquents, qui sont carbonatés.

On relève la présence: de quartz, de quartz polycristallin, de plagioclases, de muscovite, de biotite, de chlorite, de feldspath altéré, de débris de roches carbonatées calcaires et dolomitiques. Pas d'organismes.

2. Les grès et schistes moyens.

A la formation que nous venons d'étudier, succède une masse schisteuse, tectoniquement foisonnante, dont on peut difficilement évaluer l'épaisseur. Ce sont des schistes gris-brun, bien lités, assez tendres. Par-dessus vient une formation de grès en petits banes séparés par des délits argilo-charbonneux. Nous les avons relevés au SE du Châtel dans la pente raide au-dessus du Malm.

Pétrographiquement, ils ont la même composition que les précédents, à une exception près pourtant: ils contiennent des débris organiques charbonneux (C. 5300).

Intercalés entre ces grès, des microgrès à ciment argileux très charbonneux forment des délits plus tendres (C. 5301). Les particules cristallines sont trop fines pour être déterminées. Le même faciès se retrouve sous le sentier de Rosseline à Dreusine, dans un grand couloir, à l'altitude de 1400 m environ (C. 5312). On le retrouve encore plus au N à la base des gorges de la Croisette (C. 5305 et 5308).

Par-dessus vient une série où alternent des schistes et des grès en petits lits, grès fins et grès grossiers, gris, à patine brunâtre. Une belle coupe nous en est donnée dans la partie haute des gorges de la Croisette, entre les altitudes de 900 m et 1350 m (C. 5296 à 5298 et 5164 à 5171).

On retrouve en général dans un ciment calcaire peu abondant: quartz, plagioclases, biotite, muscovite, chlorite, spilite albito-chloritique assez rare, diabase albito-chloritique, agrégat à structure felsitique de quartz et feldspaths. Il est probable qu'on se trouve en face de répétitions tectoniques.

L'affleurement le plus au N se trouve dans les gorges de l'Avançon à l'altitude de 660 m, sous le quatrième pont au-dessus de l'usine électrique BVB (C. 5127, 5128, 5354). Dans les gorges du Bey de Sérison, à la hauteur de la route des Monts, on les voit en dessous et au-dessus dans les gorges (C. 5139, 5163, 5295). Présence d'orbitoïdes en débris.

Signalons enfin, comme appartenant probablement aux schistes et grès moyens, une formation assez massive, gréseuse et conglomératique à éléments calcaires atteignant 20 mm de diamètre. On y voit de nombreux débris de bryozoaires, lithothamnies et plaques d'échinodermes. Ciment calcaire enveloppant de fausses oolithes à noyau quartzeux, du quartz en grains arrondis, du quartz fibro-radié, de la chlorite (C. 5200 et 5200^{bis}). Ce grès affleure à 820 m d'altitude dans la forêt à l'E du Châtel. On en retrouve sous un aspect plus gréseux à l'altitude de 1270 m, à l'W de l'arête descendant des Lués vers le Bévieux. Ils

Le ciment est généralement siliceux, plus rarement un peu calcaire (C. 5173, 5214, 5215, 5320, 5322, 5324, 5327, 5328 et 5329).

4. Tectonique du Flysch parautochtone

Il est quasi impossible de se faire une idée de cette tectonique sur le terrain, masquée qu'elle est, par la forêt, par le fort plongement axial des plis, voisin de 30 degrés, par le fait aussi que la coupe de la Vallée du Rhône est très oblique par rapport à la coupe idéale perpendiculaire, elle, à la direction des plis.

Ce n'est que par l'examen de la carte (voir fig. 1) et des coupes (voir fig. 2 et pl. II) que nous arrivons à comprendre le mécanisme de la mise en place des masses du Flysch parautochtone et des écailles ultrahelvétiques sous la masse écrasante de la Nappe de Morcles (voir fig. 17).

La carte et la coupe tectonique simplifiées (voir fig. 1 et 2) nous montrent qu'une première écaille, I, s'est mise en place sur le Flysch autochtone des collines de Chiètres. Nous ne connaissons l'existence de ce plan de chevauchement que par la masse ultrahelvétique de la Tour de Duin.

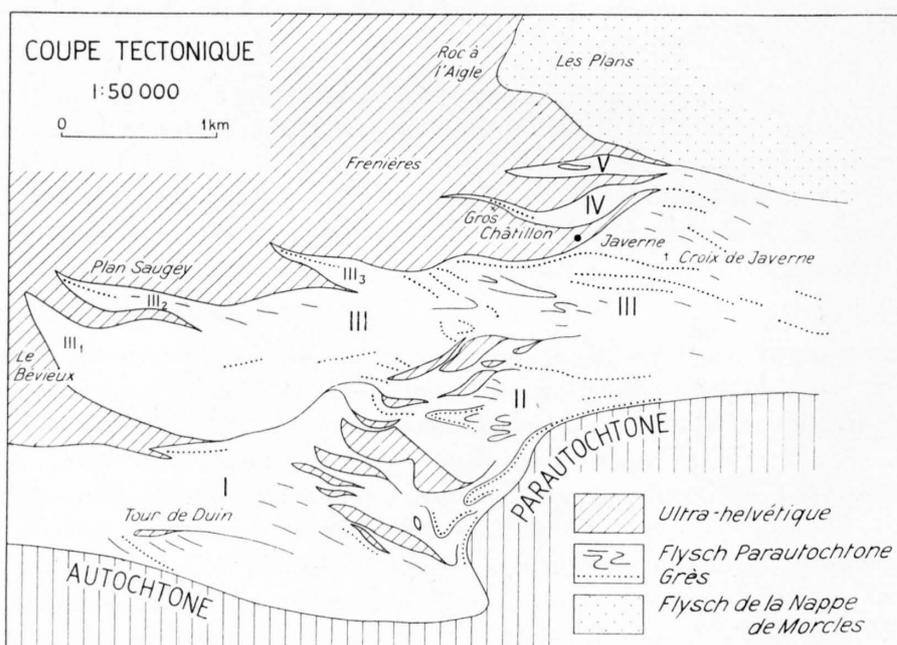


Fig. 2. Coupe tectonique des écailles du Flysch parautochtone

Une série d'écailles complexes marque la cascade faite par le Flysch sur le Parautochtone helvétique. La présence des restes de Nappes ultrahelvétiques à moins de 300 m du Crétacé helvétique montre bien:

- 1° que le Flysch dominant ce flanc de la Vallée du Rhône ne peut être considéré que comme parautochtone;
- 2° qu'il est formé, non pas en vaste synclinal, mais bel et bien en une succession d'écailles dont les plans de chevauchement sont soulignés en de nombreux endroits par des restes ultrahelvétiques, Trias, Jurassique et Crétacé.

A ce paquet d'écailles succède un anticlinal chevauchant II du Flysch, surmonté à son tour d'un deuxième paquet d'écailles ultrahelvétiques. Par-dessus, vient la troisième masse de Flysch plissée qui se digite en trois, à son front NW: III₁, III₂, III₃. A ce Flysch appartiennent deux écailles directement sous la masse du Flysch schisteux supérieur «de Morcles», dont l'appartenance exacte devra faire l'objet d'un autre travail.

Ce sont les écaillés de Gros Châtillon, IV, et la dernière, V, directement sur l'arête séparant le vallon de Javerne de celui d'Euzanne.

D'autres structures tectoniques, soulignées par des lambeaux de grès, donc beaucoup plus difficiles à remarquer, scindent encore les écaillés citées.

5. Conclusion

Le Flysch de la région comprise entre: Lavey, la Croix de Javerne, Euzanne, le Bévieux et la Tour de Duin, est un Flysch parautochtone à structure (tectonique) en écaillés.

Sa composition pétrographique permet de le rattacher au domaine nord-helvétique de M. VUAGNAT.

Nous ne pouvons, malheureusement, nous prononcer sur son âge, les débris organiques trouvés n'étant: ou pas caractéristiques, ou trop mal conservés pour permettre une détermination spécifique. M.VUAGNAT attribue à ce Flysch un âge latorrien.

CHAPITRE II

La Nappe de la Plaine Morte

1. Situation

On consultera l'esquisse tectonique Planche I. Première venue des Nappes ultrahelvétiques, elle forme un cordon de Flysch priabonien, discontinu, entre le domaine helvétique et la Nappe de la Tour d'Anzeinde. Sa répartition va, sur notre terrain, de la région de Derborence à la Tour d'Anzeinde, puis dans les pentes au N de l'Argentine par Solalex, Bovonne au pied du Lion, sur les Plans, pour remonter dans la région de la forêt de Corneilly à l'E de Javerne, où ses derniers affleurements disparaissent. Elle est bientôt remplacée par un cordon formé de terrains du Crétacé supérieur que l'on suit de place en place entre le Flysch parautochtone et la base de la Nappe de la Tour d'Anzeinde, jusqu'au S de la Tour de Duin, entre Bex et Lavey. Nous verrons dans le chapitre consacré à la tectonique que le terme de «nappe» ne convient plus à cette zone crétacée.

2. Description générale

La Nappe de la Plaine Morte est caractérisée:

- 1° par sa situation que nous venons de voir;
- 2° par sa stratigraphie particulière.

Son Flysch possède de place en place de gros galets, parfois des blocs ou de véritables paquets de vaste dimension de terrains d'âge antérieur à sa formation.

Nous y avons rencontré principalement et dans l'ordre de fréquence croissant:

- 1° le Malm;
- 2° des fragments de calcaire, probablement du Crétacé moyen;
- 3° des galets et lentilles du Crétacé supérieur de l'Albien au Maestrichtien. Signalons que beaucoup de ces lentilles ne sont pas liées au Flysch, stratigraphiquement, mais tectoniquement. On y trouve aussi des grès grossiers ou des calcaires zoogènes d'âge priabonien.

Le Flysch lui-même est une roche marneuse ou marno-gréseuse très grossière et mal litée, brune ou noire. Ces marnes sont souvent noduleuses et parfois schisteuses.

3. Pétrographie et description des affleurements

1. De Derborence à Anzeinde

Ce Flysch marno-gréseux brun ou noir peut se voir sur tout le flanc NW de la vallée de Cheville (voir fig. 21). Il contient des bancs de grès de Flysch qui se suivent sous la paroi du Malm, entre les méridiens du sentier du Pas de Cheville et le méridien du p.1828 et 100 m au-delà.

Notons la présence de grès noir verdâtre, aptien probablement, au bord du sentier de Cheville côté E, à 1840 m d'altitude environ. Nous trouvons au-dessous les calcaires en plaquettes du Crétacé supérieur à nombreuses *Globo truncana*. Ce Crétacé forme toute la partie inférieure des affleurements du Flysch au-dessus de l'éboulis. On retrouve la même succession dans le haut du vallon de Cheville, dans l'intervalle séparant la base du Malm des paquets de Crétacé moyen.

Dans la région de «Les Filasses», à l'E du p. 2157,3 entre les deux paquets de Malm, affleure un Flysch fait de schistes bruns, puis noirs assez bien lités où s'intercalent deux bancs de grès grossiers. Pendage E de 50°.

Parmi les éléments détritiques de ce grès à ciment calcitique, on relève des débris de :

Calcaire à *Globo truncana* sp. ind. (Crétacé sup.)

Orbitoïdés

Amphistegina sp. ind.

Spicules d'éponges (C. 5152).

accompagnés de quartz roulé, souvent écrasé, de rares paillettes de muscovite et de débris organiques en voie d'albitisation.

Poursuivons notre chemin vers la cabane Barraud, en suivant la base des paquets de Malm. Au NNW du p. 2157,3, dans le petit col, relevons la présence d'une petite lentille de Turonien. Tous les schistes bruns que l'on voit affleurer au-dessus de l'éboulis et sous les schistes noirs Oxfordiens, font partie du Flysch de la Plaine Morte.

2. D'Anzeinde à Solalex

Passons maintenant au Col de la Poreyrette au S de la Tour d'Anzeinde et descendons vers Solalex. Sur les schistes bruns du Flysch helvétique, nous trouvons des marnes gréseuses plus foncées. C'est le Flysch ultrahelvétique, surmonté d'une paroi calcaire de Crétacé supérieur en petits bancs. Au sommet de ces calcaires, une bande de Flysch noir à galets gréseux (C. 5291) se poursuit, sous le Malm et les paquets de Crétacé, jusqu'à Solalex (voir fig. 20 et pl. III).

Dans les pentes raides qui tombent de la Tour d'Anzeinde sur Solalex, nous avons donc deux bandes de Flysch, l'une mince et continue, dans la partie haute de la paroi, l'autre, épaisse et discontinue dans les pentes et la partie basse dominant Solalex. Notons la présence de bancs de grès intermittents contenant : *Amphistegina* sp., *Anomalina* et *Globo truncana* remaniées (C. 5330) et des lentilles de Malm et de Turonien (voir pl. III).

3. De Solalex aux Plans

Le Flysch de la Nappe de la Plaine Morte disparaît alors sous les éboulis et la moraine jusqu'au N du Sommet Central, p. 2421,7 de l'Argentine, où il reparaît sous une dalle de Malm ultrahelvétique. On peut le toucher à l'altitude de 1600 m au pied d'un couloir tombant du contrefort déterminé par le Malm ultrahelvétique, p. 1929, et au col, entre ce point et l'arête montant vers le Sommet Central. Il a toujours la même composition.

Sur l'arête à l'E du Roc du Châtelet, vers 1990 m d'altitude, nous trouvons une lentille de Turonien et un grès à galets cristallins verts de 2 à 3 cm³. Outre ces éléments dans une pâte très zoogène, nous relevons la présence de:

Lithothamnies
Amphistégines
Globotruncana sp. remaniés
Plaques d'Echinodermes (C. 5286).

Le quartz en grain est disséminé partout, avec, plus rares, l'albite et la muscovite.

On perd alors ce Flysch jusque sur l'arête descendant du Lion vers Bovonne. Plusieurs lentilles dont une de Malm, les autres de Turonien, sont recoupées par l'arête. En descendant sur les Plans, le sentier passe, avant le Cheval Blanc (lacet), sur une paroi de grès grossier d'une épaisseur de 30 m environ. Ce grès contient (C. 5081):

Nummulites cf. *tchihatcheffi* D'ARCH.
Discocyclina sp. ind.

accompagnées de: débris de calcaire du Crétacé supérieur et de fragments roulés de quartz. Nous y voyons aussi des grains de:

quartz polycristallin
plagioclases
plagioclasite
chlorite
biotite
muscovite
diabase à structure étoilée (?)
agrégat à structure felsitique.

La présence certaine de plagioclasite et celle probable de diabase (rare) en ferait encore un reste de grès pyroclastique du type du Flysch nordhelvétique. Son âge: Priabonien si la nummulite est exactement déterminée.

Plus haut, sous l'arête, une lentille de calcaire légèrement spathique contient, dans une pâte marneuse (C. 5116), des articles d'échinodermes, des débris de lithothamnies, de bryozoaires et d'algues siphonnées. On y voit:

Heterostegina helvetica KAUF.
Amphistegina sp. ind.
Asterocyclina sp. ind.

La coupe 5078 qui vient de la même région nous a donné:

Amphistegina (*Hemistegina*) *rotula* KAUF.
Heterostegina sp. ind.
Orbitoïdés: *Asterocyclina* et *Discocyclina*
Pellatispira inflata Umbgrove U.
Operculina
Nonion
Rotalidés.

Cette faune de l'Eocène supérieur demanderait à être dégagée de sa gangue pour être déterminée avec certitude.

Notons à la base de ce Flysch, aux Torneresses, sur les Plans, l'existence d'une grande lentille de Turonien épaisse de 10 à 20 m et longue de 200 m.

Si, enfin, nous prenons le sentier qui, des Plans, va sur Gryon par les Pars, nous entrons dans le cœur tertiaire de l'anticlinal couché du Scex à l'Aigle. Le sentier nous donne une excellente coupe, dès son entrée dans la forêt dominant Frenières. On voit au milieu de schistes grés-marneux, noduleux, ou mal lités: une lentille de Turonien, puis de nombreux paquets de grès à ciment marneux (C. 5355).

4. Des Plans à Javerne

Le Flysch de la Plaine Morte peut se toucher sur le chemin qui, des Torneresses, descend en direction des gorges de l'Avançon. On y voit de petits galets de Turonien.

Traversons l'Avançon. Le Flysch ultrahelvétique se poursuit le long de la base E du Malm, remontant vers Javerne.

Les derniers affleurements se trouvent en face de Javerne sur le Malm. On y remarque, au milieu des habituels schistes noduleux argilo-gréseux, des bancs de grès et des restes de Turonien.

Signalons enfin que le Flysch de la Nappe de la Plaine Morte affleure au bord de la route cantonale de Bévieux à Frenières sur le méridien 570, 100 m avant le tournant de la route bordé par le Malm, et sous le chemin allant à Plan Saugey. Nous voyons, dans le talus, 35 m de schistes noirs, pyriteux, à nodules gréseux; puis des galets de grès à éléments verts, suivis d'un paquet de calcaires turoniens en plaquettes assez laminées, enfin un Flysch à blocs de Turonien arrondis. L'affleurement a 60 m de long. C'est là le point le plus occidental où le Flysch de la Plaine Morte soit visible sur mon terrain.

5. De Javerne à la Tour de Duin

La nappe n'existe plus; mais elle est remplacée par des lentilles de Turonien analogues à celles que l'on trouve à la base de la Nappe de la Plaine Morte.

6. Les blocs de Crétacé supérieur du Flysch

Les lentilles de Cénomaniens et Turonien, dans ou sous la Nappe de la Plaine Morte, contiennent (C. 5077, 5079, 5080, 5094, 5095, 5117, 5290 et 5357):

Globotruncana lapparenti lapparenti BOLLI

Globotruncana lapparenti tricarinata (QUEREAU)

Globotruncana helvetica BOLLI

Globigerina cretacea CUSH.

Gümbelina, prismes d'inocerames et rares spicules d'éponges.

Un affleurement du Flysch de la Plaine Morte, très aberrant par sa situation, est à signaler sur le Malm du Roc à l'Aigle, entre le Malm et le Valanginien. C'est un grès glauconieux à patine rousse, qui se montre, à la cassure, marbré de taches rouges et vertes sur fond gris. Ce grès (C. 5070) est remarquablement fin, bien trié, il possède des éléments quartzeux anguleux. Il est très glauconieux. On y remarque de petits galets de calcaire turonien à *Globotruncana lap. lap.* envahis par la glauconie et des prismes d'inocerames.

A noter enfin que le Flysch de la Plaine Morte contient parfois des cristaux de quartz hyalin fenestré et bipyramidé atteignant jusqu'à 3 cm de long. Ces cristaux sont isolés.

4. Tectonique

L'étude de la mise en place de la nappe se fera au chapitre consacré à la tectonique de l'ensemble du terrain. Mais nous nous devons de signaler que, mis à part les galets et blocs de Crétacé supérieur (Turonien) dans ce Flysch, les lentilles de 10, 20, 100 et 200 m de long n'ont pas glissé dans la mer du Flysch. Elles sont intercalées tectoniquement dans ce Flysch. Remarquons qu'on les trouve le plus souvent à sa base. Nous les considérons comme des copeaux arrachés par friction au terrain sous-jacent lors de l'avancée de la nappe. Nous n'en voulons pour preuve que la présence de lentilles de Turo-

nien au milieu de l'Oxfordien et à sa base, dans la région comprise entre Javerne et la Tour de Duin, où se voit pour la dernière fois ce remarquable phénomène. On ne saurait ici parler de glissement de falaises turoniennes dans la mer de l'Oxfordien!

5. Résumé et conclusion

Le Flysch de la Nappe de la Plaine Morte est un ensemble de roches détritiques d'âge priabonien très probablement. Constitué avant tout d'une masse grés-marneuse mal litée, noduleuse, il contient des bancs de grès assez rares à faune priabonienne. Par endroits de type wildflysch, on y relève la présence de galets de calcaire du Crétacé supérieur et du Malm (rare). Des roches cristallines vertes sont signalées par places. Les grès contiennent par endroits des éléments de roches effusives comparables à celles signalées dans le Flysch nordhelvétique, mais en bien moins grand nombre.

CHAPITRE III

La Nappe de la Tour d'Anzeinde

La Nappe de la Tour d'Anzeinde occupe la majeure partie de la surface de notre lever (voir l'esquisse tectonique, pl. I).

Constituée de Jurassique et de Crétacé, éventuellement de Tertiaire, on y relève la présence certaine des étages suivants:

- 1° Callovo-Oxfordien
- 2° Argovien
- 3° Malm (Séquanien, Kimmeridgien, Portlandien)
- 4° Berriasien
- 5° Valanginien
- 6° Hauterivien
- 7° Barrémien
- 8° Aptien-Albien
- 9° Cénomaniens, Turonien à éventuellement Maestrichtien
- 10° Flysch (douteux: cas de Bovonne).

1. Le Callovo-Oxfordien

Le Callovo-Oxfordien, sous forme de schistes argileux noirs, fins, occupe la base des parois du Malm (Argovien à Tithonique). Il forme des vires raides. On le suit de façon intermittente du vallon de Cheville, sur Derborence, à la Tour de Duin près de Bex.

a) Description des affleurements; pétrographie

Le Callovo-Oxfordien est visible sous le premier affleurement du Malm dans le bas du vallon de Cheville, puis au bord du sentier du Pas de Cheville, en descendant dans le vallon, à droite, sous la paroi de Malm. Ce sont des schistes noirs avec de rares bancs de calcaire fin un peu argileux. Le contact avec la paroi du Malm est de façon générale assez tectonisé.

On perd alors l'Oxfordien jusqu'au pied des parois à l'E de la cabane Barraud. On y remarque une augmentation de fréquence des bancs calcaires au fur et à mesure qu'on s'approche de la paroi du Malm.

Sous le sommet de la Tour d'Anzeinde, dans la paroi côté S, nous remarquons une duplication du Malm, avec, au milieu, l'Oxfordien.

Sur le Flysch de la Nappe de la Plaine Morte, au-dessus de la Benjamine, et sous le Malm du p.1929, l'Oxfordien affleure, toujours sous forme de schistes noirs à rares bancs de calcaire.

Nous avons relevé une fort belle coupe en face de Matélon¹⁾ dans les gorges de l'Avançon d'Anzeinde (voir fig. 3).

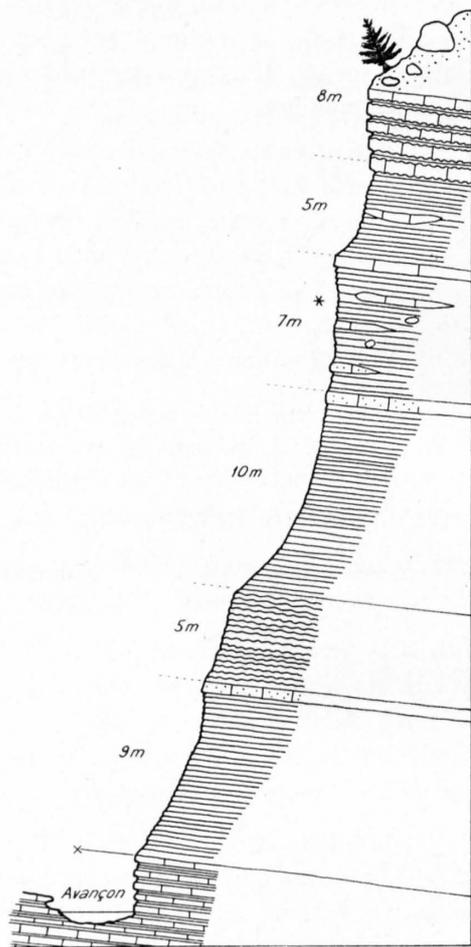


Fig. 3. Coupe de l'Oxfordien dans les gorges de l'Avançon d'Anzeinde, sous Cergnement

Reposant par un contact tectonique sur les alternances de schistes et de marno-calcaires du Barrémien, des schistes d'aspect ardoisier, sont, après une épaisseur de 9 m, coupés d'un banc de calcaire blond de 1 à 2 dm d'épaisseur, surmonté lui-même de schistes noduleux noirs qui passent bientôt à des schistes gris très fins et d'aspect soyeux. Cet ensemble mesure 5 mètres.

Au-dessus: schistes très argileux bientôt tachetés de noir avant d'atteindre une travée siliceuse. Nous avons traversé 10 m de sédiments.

Examinons alors très attentivement les schistes noirs à nodules pyriteux et à longues lentilles siliceuses qui les parsèment. Ils contiennent dans des nodules très durs:

Sowerbyceras protortisulcatum POMP.

Après avoir traversé 7 m de ce complexe, apparaissent les premières lentilles calcaires, suivies, 5 m plus haut, d'une alternance de plus en plus serrée de schistes gris-bleu et de calcaires très fins à patine blanche et cassure gris brunâtre sur 8 m d'épaisseur. Vers le haut, les schistes se font rares.

La roche est alors envahie par des calcaires en bancs noduleux. Nous passons à l'Argovien.

Notons la présence de l'Oxfordien sous le Roc du Châtelet et 300 m à l'E dans un grand couloir dominant le Méruet.

Au S de Bovonne, à partir de l'arête, à l'E de la Tête à Bosset, et en direction des Plans, un très bel affleurement nous a livré en plus de: *Sowerbyceras protortisulcatum* POMP., 2 *Perisphinctes* sp. et 1 *Cardioceras* sp. Notons que ces schistes contiennent de petits fragments de cylindres aplatis, qui sont peut-être des fragments de *Belemnopsis*, mais sans structure interne visible.

Jusqu'au Roc à l'Aigle, quelques coussinets d'Oxfordien étirés séparent le Flysch de la Nappe de la Plaine Morte, du Malm.

Dans la région du Vallon de Javerne, nous trouvons dans la haute vallée, rive gauche, les principaux affleurements d'Oxfordien: schistes noirs, fins, à *Sowerbyceras protortisulcatum* POMP. entremêlés de calcaires en plaquettes et de schistes calcaires du Crétacé supérieur à *Globotruncana*.

L'arête de Gros Châtillon à la Croix de Javerne dans sa partie haute, dès 1900 m d'altitude, est faite presque entièrement d'Oxfordien. Plus haut encore, 50 m au N du p. 2179,7, un affleurement d'Oxfordien probable, s'intercale dans les schistes du Flysch.

¹⁾ Matélon ou Mattélon, les deux orthographes sont courantes.

A l'W de Gros Châtillon, la vire large d'une centaine de mètres, comprise entre les deux parois de Malm, est faite entièrement d'Oxfordien sur près de 2,5 km. On voit s'y intercaler par places le Turonien en position anticlinale.

Au SE du village du Châtel entre les cotes 900-950, nous avons relevé l'existence d'une importante lentille d'Oxfordien (*Sowerbyceras protortisulcatum* POMP.), partiellement pincée dans le Flysch. La klippe de la Tour de Duin, enfin, repose presque entièrement sur l'Oxfordien très laminé vers le N et s'épaississant au Sud. Cet Oxfordien a été pris tour à tour pour du Berriasien et pour du Wildflysch à cause du Turonien en lentilles au SSW de la klippe (CHAMOT 1951). Mais ces schistes noirs nous ont donné deux *Sowerbyceras protortisulcatum* et de petits fragments de *Belemnopsis*.

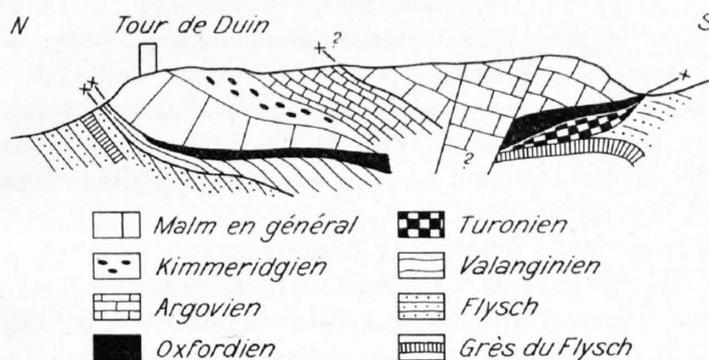


Fig. 4. Coupe géologique de la klippe de la Tour de Duin

b) Résumé

Le Callovo-Oxfordien forme la base des terrains de la Nappe de la Tour d'Anzeinde.

Il est constitué, de bas en haut, par la succession suivante: schistes argileux noirs ou gris, satinés, avec intercalations de rares bancs siliceux. Au-dessus les schistes contiennent des lentilles de marnocalcaires. On y trouve très souvent:

Sowerbyceras protortisulcatum POMP.

Fragments de *Belemnopsis* (?)

Plus rarement: *Perisphinctes* sp. ind.

Cardioceras sp. ind.

Nucula sp. ind.

Nous n'avons pas de fossiles du Callovien dans notre région, et ce n'est que par analogie avec les Préalpes ultrahelvétiques voisines que nous parlons de «Callovo-Oxfordien».

Cet ensemble a 50 m d'épaisseur environ; mais il est souvent très réduit par étirement ou écaillage.

2. L'Argovien

L'Argovien occupe de façon générale (parfois il manque tectoniquement) la base de la paroi du Malm massif. Il est peu épais: 10 à 15 m environ.

Fait d'une alternance de schistes gris, fins, et de calcaires clairs très noduleux en bancs de 1 à 3 dm, l'Argovien se montre assez fossilifère, mais les ammonites qu'on y trouve sont le plus souvent très abîmées. On y relève la présence de:

Perisphinctes sp. ind.

? *Aspidoceras* sp. ind.

Lamellaptychus beyrichi OPP.

L'Argovien est un calcaire très fin à patine gris-blanc à bleuâtre. Il est à la cassure gris rosé très clair.

Signalons comme beaux affleurements le bas du vallon de Cheville, rive gauche, la paroi d'angle du vallon de Conche au S d'Anzeinde, la paroi du Roc à l'Aigle près des Plans entre 1200 et 1300 m d'altitude, l'entrée S des gorges de l'Avançon de Nant, la base des parois de l'arête de Gros Châtillon.

3. Le Malm en paroi ¹⁾

Le Malm forme paroi, il comprend le Séquanien, le Kimmeridgien et le Portlandien. Ce dernier étage est le seul qui soit daté chez nous (Calpionelles).

Comme il est résistant à l'érosion et que son épaisseur est parfois considérable, c'est lui qui constitue l'ossature principale de la Nappe de la Tour d'Anzeinde. Il marque souvent le bord des plateaux, comme dans la région de Cheville; ailleurs il forme les arêtes ou les sommets, par exemple à la Tour d'Anzeinde ou à l'arête de Gros Châtillon sur Javerne.

Chose curieuse, malgré sa dureté, il semble avoir mal supporté les écrasements, et son épaisseur est extraordinairement variable. Les étirements fusiformes sont fréquents.

Il existe peu de bonnes coupes. Signalons celles de la montagne du Cheval Blanc sur les Plans, celle des Gorges de l'Avançon de Nant en aval des Plans, celle de Gros Châtillon côté Plaine du Rhône. Une seule coupe est accessible: c'est la coupe de l'Avançon de Nant que nous allons examiner. Ce torrent a entaillé profondément le Malm entre Frenières et les Plans. Les couches forment en cet endroit deux plis successifs, un synclinal, puis un anticlinal doux.

Le Malm, vu de près, se montre remarquablement bien lité alors que de loin, en paroi, il semble massif, l'Argovien mis à part.

Voici cette coupe (fig. 5): Elle débute par 9 m de calcaires noduleux séparés par de petits délits schisteux, les bancs calcaires qui avaient 2 dm d'épaisseur, n'ont plus dans les quatre derniers mètres que 1 dm. Les délits schisteux disparaissent presque et nous limitons ici notre Argovien (a).

Nous entrons alors dans une série de 6 m de calcaires en bancs de 1,5 puis 3 dm. La cassure nous révèle une pâte sublithographique de couleur gris rosé. Le dernier mètre, plus grossier, contient une rangée de silix (b). On peut admettre que nous avons traversé le Séquanien, après un délit schisteux noir. Puis viennent 10 m de calcaires brunâtres à nombreux lits de silix, considérés comme Kimmeridgien dans les Préalpes bordières (E. GAGNEBIN, 1924). La cassure de cette roche est foncée (c). Trois mètres de calcaires plaquetés à cassure gris-noir en bancs de 2 à 3 cm font un retrait dans la paroi (d). Ils sont surmontés de 5 m de calcaires identiques, mais mieux soudés (e). Six mètres de calcaires en bancs plus massifs, dont 2 m à la base ont une cassure claire qui devient grise dans les derniers 4 m, continuent la paroi, plus haut elle est interrompue par 1 m de schistes marneux noirs et luisants (g).

La paroi reprend alors par 4 m de bancs bien lités de 1 puis 2 dm de puissance; leur cassure est bleue (h).

Cinq mètres de bancs de 1,5, 1 puis 0,5 m extrêmement bien soudés, à cassure presque noire à la base, puis très claire, forment un ensemble massif (i).

Sept mètres de gros bancs bien lités de 5 à 10 dm (j) nous amènent à un ensemble tout à fait massif de 5 m qui termine ici la série du Malm (k).

Ces cinq derniers mètres représentent probablement le Portlandien sous son faciès tithonique, alors que nous laisserons à l'importante série qui précède, en moyenne bien litée, le nom de Kimmeridgien.

Le Tithonique contient vers le haut: *Calpionella alpina* LORENZ. Très souvent il est conglomératique, parfois même veiné de rouge (sidérolitisation), ce qui semble prouver une émergence temporaire. Le Tithonique à calpionelles n'existe pas partout, ce qui confirmerait cette hypothèse.

¹⁾ Nous appelons Malm la paroi bien visible dominant l'Argovien.

Le conglomérat supérieur se voit bien par exemple dans le haut vallon de Cheville, sous le col, au pied de la Tête à Grosjean. Les éléments remaniés ont de 1 à 5 cm de diamètre. Ils sont en général arrondis. Ailleurs ce conglomérat est plus discret, soit que la pâte enrobante ait la même nature que les éléments du conglomérat, soit que celui-ci possède la nature d'un microconglomérat, ce qui se voit en coupe mince.

L'épaisseur maxima du Malm est de 70 m.

4. Le Berriasien et le Valanginien

Nous désignerons sous le terme de Berriasien, dans la région qui nous occupe, des terrains à caractère franchement détritique, bien reconnaissables. Il débute toujours par une épaisseur très variable de schistes marneux de 2 à 32 m d'épaisseur, qui contiennent des débris organiques et parfois des pseudoolithes.

Par-dessus, viennent en alternant: des grès zoogènes à pseudoolithes, des calcaires détritiques pseudoolithiques, des calcaires marneux plus ou moins pyriteux et gréseux, des microbrèches reprenant les roches précédentes et le plus souvent des microbrèches à éléments tithoniques. Les ammonites sont très rares.

Remarquons que ce faciès du Berriasien se retrouve par places en plein Valanginien, si bien qu'on ne peut décider de son âge sur un affleurement isolé à l'aide du simple critère de marno-calcaire détritique zoogène.

Examinons cinq coupes prises dans l'ordre de l'E à l'W.

a) Coupe du torrent de Cheville (Coord. 581,45/126,1)

Cette coupe a été relevée sous le sentier qui descend du Pas de Cheville au Vallon de Cheville, à l'altitude de 1850 m. Voir la figure 6.

1. Le Tithonique se termine par une brèche un peu sidérolithisée contenant en abondance:

Calpionella elliptica CADISCH
Calpionella alpina LORENZ.

2. Un mètre de marnes et grès gris brunâtre à débris organiques: bryozoaires, miliolidés dans des pseudoolithes peu fréquentes.

3. 1,5 m de calcaire marneux et schistes alternant, d'abord gréseux, puis très fins à *Calpionella alpina*. Patine blanche.

4. 1,3 m de schistes gréseux d'un gris brunâtre avec lentilles de calcaire fin. Petits nodules pyriteux. Nous y avons trouvé une petite ammonite pyritisée, déroulée:

Protancyloceras sp. ind. (dimension 10×6 mm).

5. Un banc gréseux de 0,4 m de puissance contenant de nombreux restes d'organismes roulés non identifiables. Patine gris jaunâtre assez claire.

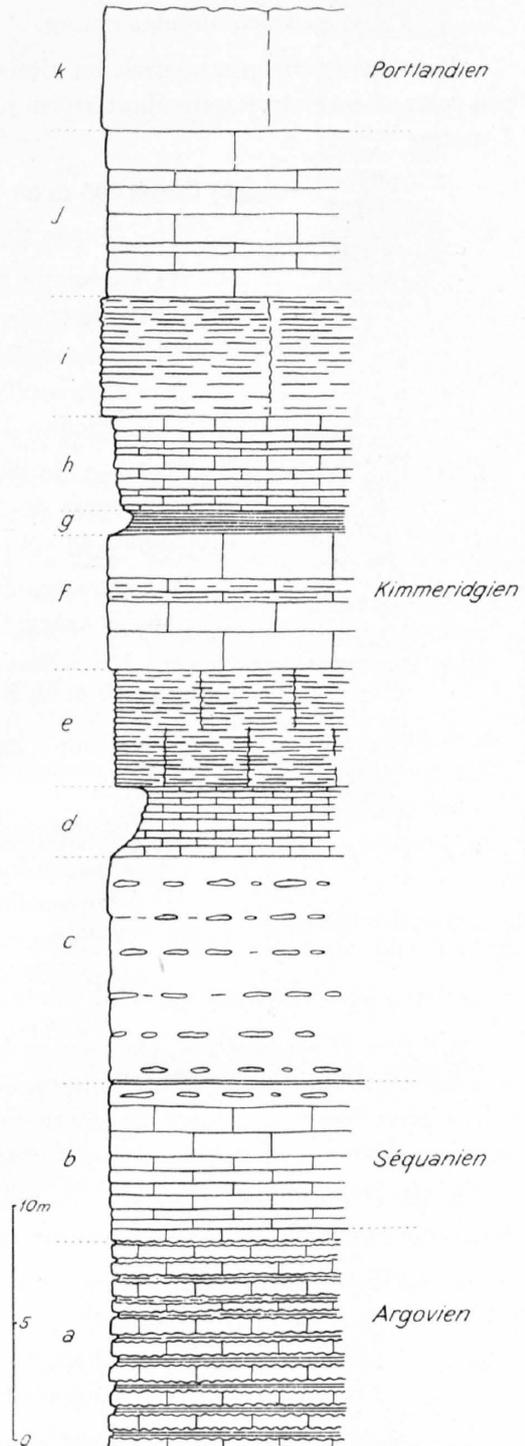


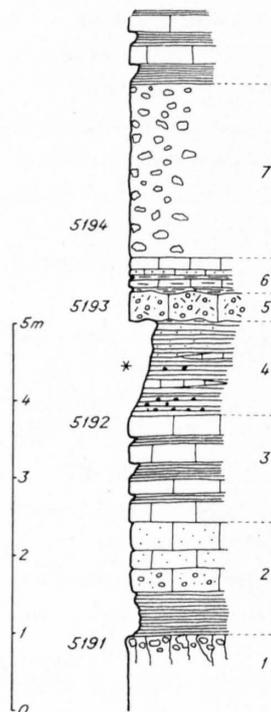
Fig. 5. Coupe du Malm dans les gorges de l'Avançon de Nant en aval des Plans

6. Alternance de bancs et de schistes grés-marneux se terminant par un petit banc calcaire (épaisseur 0,5 m).

7. Banc massif de calcaire bréchiue à éléments roulés d'un diamètre de 1 à 3 cm, dans une pâte calcaire homogène fine.

Calpionella alpina LORENZ
Calpionella elliptica CADISCH
Calpionellopsis simplex COLOM.

Par-dessus, quelques mètres, en alternance régulière de marnes et marno-calcaires du Valanginien, peu épais en cet endroit, puis Hauterivien siliceux roux. L'épaisseur de l'ensemble à faciès berriasien atteint 7 mètres.



b) Coupe 200 m au SW du p. 2157,5 (Tête des Filasses)

Voir la figure 7

1. Tithonique remarquablement bréchiue, un peu sidérolithisé, pâte calcaire fine contenant:

Calpionella alpina LORENZ
Calpionella elliptica CADISCH
 Spicules d'éponges et restes indéterminables silicifiés.

2. 1,2 m de schistes fins gris entremêlés vers le haut de calcaire lenticulaire en bancs épais de 1 dm environ, contenant des radiolaires parfois pyritisés, accompagnés de petits cubes de pyrite.

3. Cet ensemble passe aux calcaires et schistes alternants du Valanginien. Epaisseur du Berriasien: 1,2 m.

c) Coupe 40 m au S du p. 1972,2 (Arête NW de la Tour d'Anzeinde)

Cette coupe comprend: le Berriasien, le Valanginien et l'Hauterivien (voir la fig. 8).

1. Tithonique bréchiue un peu sidérolithisé à pâte fine contenant:

Calpionella alpina LORENZ
Calpionella elliptica CADISCH
Titinnopsella carpathica (MURG. & FILIP.)
 et débris de tests d'ostracodes.

Fig. 6. Coupe du Berriasien sous le Pas de Cheville ¹⁾

2. 1,8 m de schistes gris, marneux et bien lités, contenant des lentilles de calcaire détritique siliceux et pseudoolithique, ceci à 1,5 m de la base. Ces lentilles contiennent un gravillon de Tithonique à *Calpionella alpina* LORENZ, entouré de débris de miliolidés et de bryozoaires. La série se termine par des calcaires marneux en petits bancs contenant: *Calpionella alpina* et *C. elliptica* avec quelques radiolaires.

3. Banc transgressif, recoupant les précédents avec un angle de 3%. C'est un calcaire grossièrement détritique pseudoolithique contenant des radioles d'oursins, des milioles et des débris de lamellibranches.

4. 4,5 m de calcaires marneux un peu gréseux en petits bancs alternant régulièrement avec des schistes. Vers le haut de cet ensemble, une lentille de calcaire détritique contient:

Calpionella alpina et *C. elliptica*
Favelloides sp. ind. 1 exemplaire.

5. 6 m de schistes gris un peu calcaires.

¹⁾ Les numéros en 5154, etc. . . portés sur les figures se rapportent aux lames minces déposées au Laboratoire de Géologie à Lausanne.

6. 3 m de calcaires marneux alternant avec des schistes. Bancs de 0,3, 0,2, puis de 2, puis de 3 dm d'épaisseur.

Calpionella alpina et *C. elliptica*.

7. 5 m de schistes calcaires alternant régulièrement avec des bancs de calcaire marneux de 1 à 2 dm.

Apparition de nodules pyriteux. C'est la zone à ammonites qui contient des fragments de :

Lytoceras strangulatum D'ORB.

Lytoceras sp. ind.

Hoplites sp. ind.

Hymalayites cf. *peroni* ROMAN.

En outre: *Calpionella alpina* LORENZ

Calpionella elliptica CADISCH

Stenosemellopsis hispanica (COLOM).

8. 2 m de schistes gréseux et calcaires marno-gréseux détritiques à débris d'organismes. Présence de: *Calp. alpina*.

Cette série se termine par des schistes gris.

9. Recoupant transgressivement la formation précédente, un banc de grès marno-siliceux à débris d'organismes, tranche les couches inférieures avec un angle de 10%, localement. Présence de *Bigenerina* sp. ind.

10. Dix mètres de schistes et de bancs grés-siliceux roux de l'Hauterivien, commencent par des grès fins à stratification entrecroisée. Nous voyons à la base de la série de nombreuses pistes énigmatiques et des branches de bryozoaires. Par-dessus, la sédimentation a déposé quelques lentilles de calcaire clair, dont une, de 50×10 cm, bourrée de bélemnites. C'est celle signalée par M. LUGEON dans le Guide géologique de la Suisse (p. 434).

Je considère comme Berriasien les douze premiers mètres de la coupe (niveaux 1 à 5). Ce sont ceux formés de marnes, de calcaires gréseux pseudoolithiques et de calcaires siliceux inférieurs, qui sont surmontés de schistes gris assez calcaires.

Les dix mètres suivants, zone à ammonites, forment le Valanginien qui est surmonté, localement, en transgression, de l'Hauterivien siliceux.

d) Coupe du Berriasien sous les parois de la Tour d'Anzeinde

Cette coupe s'observe dès 1620 m d'altitude sous la longue portée de la ligne téléphonique pour Anzeinde.

Ce Berriasien, dont la partie inférieure est dissimulée par les éboulis, a pu être reconstitué, complètement, grâce au fait qu'il forme en cet endroit un synclinal.

Voir la figure 9.

1. Malm bréchique à nodules siliceux contenant: *Calpionella alpina* et des débris organiques silicifiés.

2. Cinq mètres de marnes schisteuses un peu siliceuses.

3. Banc assez massif de 3 m de puissance. Il a une patine gris verdâtre. Très marneux, il est noir mat à la cassure.

4. Dix mètres de marnes dont la base contient des nodules pyriteux qui disparaissent vers le haut, tandis qu'apparaît le calcaire.

5. Deux mètres de marno-calcaire en bancs clairs de 2 dm de puissance, alternant avec des schistes marneux. Cet ensemble est couronné du banc zoogène et bréchique légèrement roux, qui apparaît pour la première fois. Il contient des débris roulés de gastéropodes et de Tithonique à *Calpionella alpina* LORENZ.

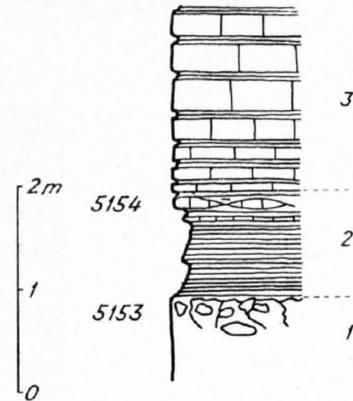


Fig. 7.
Coupe du Berriasien au S des Hauts Crots (200 m SSW du p. 2157,5)

6. Quatre mètres de marno-calcaires en bancs alternant avec des schistes marneux sont couronnés par un banc massif de 1 m d'épaisseur. Ce banc est rosé. Il est zoogène, gréseux, et contient des pseudo-oolithes. On y trouve des débris de lamellibranches et de miliolidés, accompagnés de nodules de pyrite.

7. Deux mètres de schistes marneux et de petits bancs calcaréo-argileux.

8. Banc zoogène massif de 1,5 m de puissance, légèrement rosé.

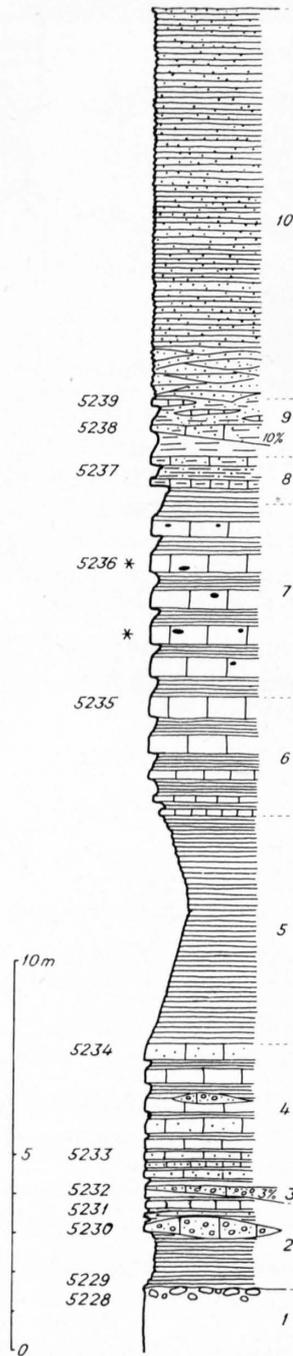


Fig. 8. Coupe du Berriasien (2 à 6), du Valanginien (6 à 9) et de l'Hauterivien (10) à l'arête NW de la Tour d'Anzeinde (40 m au S du p. 1972,2)

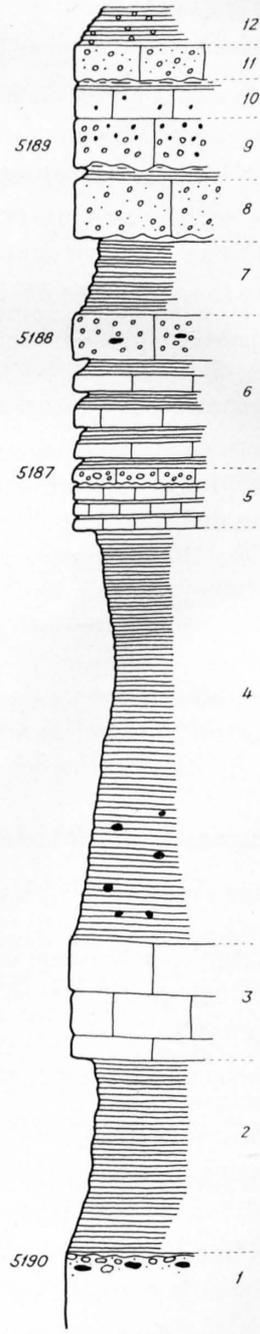


Fig. 9. Coupe du Berriasien au pied W de la Tour d'Anzeinde, sous la ligne du téléphone dès 1620 m d'altitude

9. Trois décimètres de marnes sombres sont surmontés de 1,2 m de calcaire schisto-marneux zoogène dont la surface inférieure est ondulée, ce qui est peut-être un indice de transgression. La pâte à pseudo-oolithe contient :

Coscinoconus alpinus LEUPOLD

et des débris de milioles, gastéropodes, bryozoaires, lamellibranches, échinodermes, tous débris roulés et :

Chara (Algue dodécasyétrique) qui indique une influence saumâtre. Voir la figure 10.

Chara sous le n° 5189 se rapportant à la lame mince.

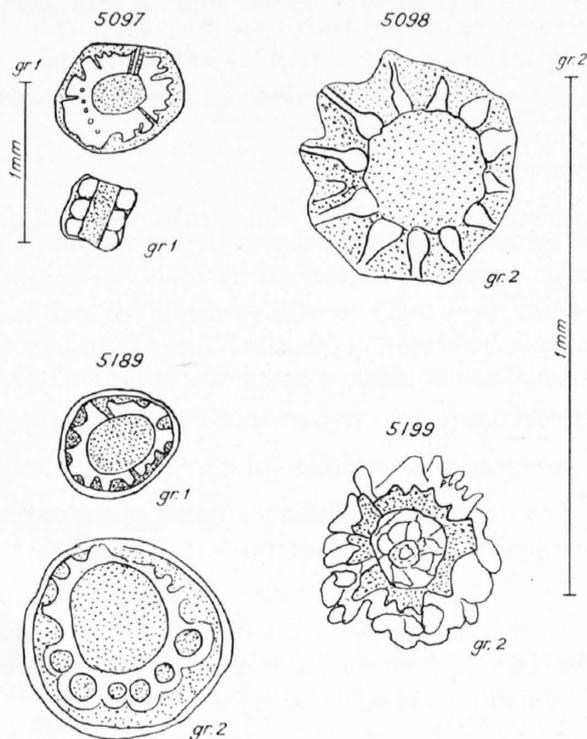


Fig. 10. Algues trouvées dans le Berriasien (*Chara* sous le n° 5189)

10. Un mètre de calcaire à nodules pyriteux de la taille d'un petit pois contenant des débris de bélemnites. La surface supérieure du banc est très irrégulière. Des marnes schisteuses noires terminent cet ensemble.

11. Un banc massif de 1 m environ, très marneux, un peu arénacé, a une patine gris-noir.

12. Ensemble de marnes noires à débris organiques silicifiés, qui font de petites taches brillantes en relief à la surface des bancs.

Le Valanginien purement marno-calcaire en alternance se voit alors, plissé, dans la paroi verticale, à notre gauche en montant.

e) Coupe du Berriasien et du Valanginien sur le flanc droit de l'anticlinal couché du Roc à l'Aigle (sur Frenières)

Voir la coupe fig.11. Cette coupe a été relevée dans le lit du ruisseau temporaire, rive gauche, qui descend de Sereussex sur Frenières.

1. Tithonique.

2. Un mètre et demi de marnes grises schisteuses un peu arénacées.

3. Brèche formant un banc de 1 mètre. Il contient :

- Calpionella alpina* LORENZ
- Calpionella elliptica* CADISCH
- Tintinnopsella carpathica* (MURG. & FILIP.)
- Favelloides balearica* COLOM.

La pâte marno-calcaire contient quelques grains de quartz.

4. Des petits bancs et des schistes marneux alternant sur 1,8 m. Ils sont un peu rubéfiés (*Calp. alpina*).

5. Des marno-calcaires et schistes alternants, un peu siliceux, atteignent 3 m d'épaisseur.

6. Un mètre de schistes gris clair.

7. Un mètre et demi de calcaire massif argileux et un peu siliceux contient :

- Calpionella alpina* LORENZ
- Stenosemellopsis hispanica* (COLOM).

8. Un mètre et demi de schistes clairs gris-brun sont surmontés de 0,3 m de calcaire pseudoolithique un peu gréseux à :

- Valvulinidés
- Bigenerina* sp. ind.

9. Des marnes, puis des schistes marneux, occupent un espace de 1,8 m. Ils passent à :

10. Des marno-calcaires schisteux (0,6 m) recouverts de 2 m de schistes, gris, fins et argileux.

11. Ensemble de marno-calcaires et de schistes qui alternent régulièrement.

12. Un banc de calcaire détritique, pseudoolithique, légèrement gréseux, atteint 0,4 m d'épaisseur. Il contient des milioles, des bryozoaires, des encrines, des lamellibranches et une algue (*Chara*), tous en débris roulés.

13. Cet ensemble comprend : 1 m de schistes assez siliceux, puis 2 m de marnes schisteuses qui deviennent siliceuses vers le haut. La teneur en calcaire augmente, et 3 m de petits bancs sombres, argilo-siliceux, forment une petite paroi. Rares pseudoolithes et tintinnidés.

14. Un mètre de schistes calcaires, zoogènes, très marneux et sombres, passent, vers le haut, à un microgrès à ciment calcaire et marneux, riche en débris de : milioles, échinodermes et fragments de lamellibranches au sein de pseudoolithes.

15.-16. Des bancs marno-calcaires alternent avec des schistes sur 15 m environ. Ils contiennent :

- Tintinnopsella carpathica* (MURG. & FILIP.)
- Calpionella simplex* (COLOM).

Par-dessus vient la paroi gréseuse rousse de l'Hauterivien.

f) Le gisement du Planard

Un autre affleurement remarquable du Berriasien est traversé par le sentier de Bovonne au Méruet, sous la paroi de l'Argentine, au S du Châtelet (p. 1876,2).

Nous voyons là des marnes grises, très riches en organismes visibles à l'œil nu. Signalons des fragments de colonies de bryozoaires, des tiges d'encrines (*Pentracrinus*). Les pseudoolithes, qui, souvent, ont une patine lie de vin, sont visibles à la loupe.

Comme faune remarquable, signalons :

- Coscinoconus alpinus* LEUPOLD en abondance.

En outre on voit au centre des pseudoolithes : *Cristellaria*, *Lagenidae*, bryozoaires, miliolidés (*Quinqueloculina*), radioles d'oursins, *Bigenerina*, et dans la pâte : *Calpionella alpina*, rare. Nous signalons des algues

siphonnées, dont une coupe nous donne une section de sporanges (coupe 5098), et une autre (5097), la section longitudinale (voir fig. 10).

On remarque à proximité du Malm, à l'E du sentier, des bancs de marno-calcaire alternant avec des schistes et recouverts en discordance angulaire par des marnes sombres un peu arénacées. C'est là, semble-t-il, un épisode de la sédimentation agitée du Berriasien-Valanginien.

g) Autres gisements

Le faciès berriasien zoogène se retrouve en plusieurs points, non loin de la surface du Malm dans les Bois du Ban, dans les gorges de l'Ivouette, au-dessus du p. 1228 et sur l'arête à l'W de Javerne. On peut aussi le toucher sous Gros Châtillon sur le sentier des Lués à Dreusine, à l'ENE de la cabane forestière des Paccorets, où il a un faciès de calcaire échinodermique.

Résumé et conclusions

Le Berriasien est constitué par une série extrêmement variable, en nature et en épaisseur, de marnes arénacées, de calcaires pseudoolithiques à débris organiques roulés. Il passe de 7 m de puissance près de Cheville, à 2 m à la Tête des Filasses, puis de 13 m sur la Tour d'Anzeinde, pour atteindre 32 m à l'E de Solalex. Sur l'anticlinal du Roc à l'Aigle, il a 29 m, et ses calcaires et marnes détritiques zoogènes touchent presque la base de la paroi haute-rivienne.

Parmi les organismes caractéristiques, citons principalement :

- Coscinoconus alpinus* LEUPOLD et
- Chara* (algue de faciès saumâtre).

Les discordances angulaires ne sont pas rares dans cette zone. Les récurrences de faciès détritique sont fréquentes. Elles coupent, sous un angle très variable, les marno-calcaires et schistes alternants du faciès valanginien habituel.

Il me paraît logique d'admettre: vu les extrêmes variations d'épaisseur, vu les discordances angulaires, vu les retours de faciès grossiers au milieu des faciès de sédiments tranquilles, l'existence d'une phase de plissements post-jurassiques, phase qui se prolonge par à-coups presque jusqu'à la base de l'Hauterivien.

L'existence d'algues characées démontre que les faciès saumâtres du Purbeckien jurassien ont eu une extension jusque loin vers le SE. D'autre part, la présence locale du conglomérat, légèrement rubéfié, qui couronne le Portlandien (faciès tithonique à calpionelles) démontre déjà une émergence au sommet du Jurassique. Dès lors, les épisodes marins: marno-calcaires fins à calpionelles, vont alterner avec ceux transgressifs ou régressifs, marqués par les calcaires détritiques. Ceux-ci sont marneux et riches en pseudoolithes, souvent colorées lie-de-vin, qui enveloppent des débris zoogènes.

Le Valanginien proprement dit, alternance de calcaires marneux fins et tachetés à Tintinnidés, varie, lui aussi, d'épaisseur de place en place. Il a toujours une patine blanc crème à verdâtre, et les bancs qui le constituent ne dépassent guère 2 à 3 dm d'épaisseur. Sa puissance maxima semble être atteinte au Roc à l'Aigle, avec 15 m, compte tenu des plissements dus à la mise en place de la Nappe de la Tour d'Anzeinde.

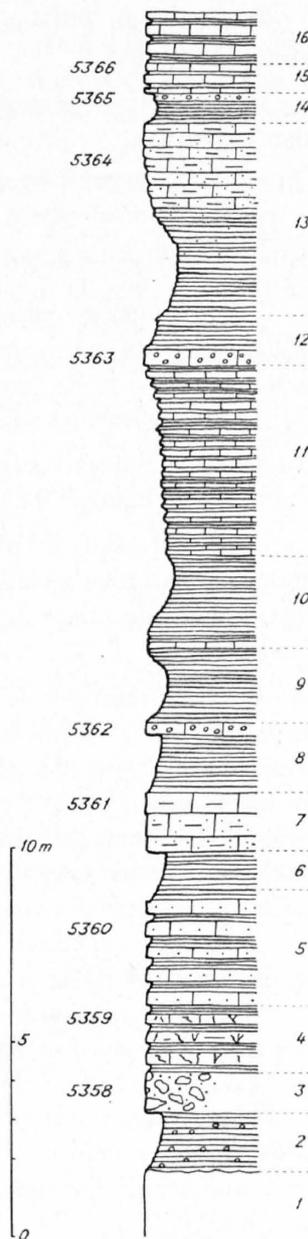


Fig. 11. Coupe du Berriasien et du Valanginien sur le flanc droit de l'anticlinal couché du Scex à l'Aigle (sur Frenières)

5. L'Hauterivien

Très dur, il joue, malgré sa faible épaisseur, un rôle important dans la morphologie de la région. Les affleurements sont extrêmement fréquents, et ils soulignent la tectonique complexe de la nappe par des parois et des surfaces d'un brun-jaune ou d'un rouge rouille, faciles à suivre sur le terrain.

Décrivons quelques coupes typiques :

1^o Coupe du Tithonique à l'Hauterivien, au S du p.1972,2 à la Tour d'Anzeinde. Voir la figure 8, groupe 10, p. 18.

L'Hauterivien se montre à la base stratifié de façon entrecroisée, ce qui témoigne d'une sédimentation agitée. On y trouve encore quelques rares Tintinnidés dont :

Stenosemellopsis hispanica (COLOM)

Tintinnopsella carpathica (MURG. & FILIP.)

en outre: *Bigenerina* sp. ind.

La roche est un calcaire siliceux et gréseux à spicules d'éponges. Signalons que nous avons trouvé à la base de cette paroi, sous un banc, de nombreuses pistes et restes de bryozoaires branchus. Une ammonite :

Neocomites sp. ind.

Au-dessus, l'Hauterivien est formé de schistes gréseux grossiers très bien cimentés qui forment une paroi rousse d'une hauteur de 10 m environ.

2^o Sur Matélon, à l'altitude de 1330 m, dans la forêt, rive droite du torrent issu du pointement de Malm, on peut toucher la base de l'Hauterivien fait de schistes siliceux sombres entrecoupés de deux bancs spathiques clairs. Les schistes sont un peu bitumineux. Le banc massif qui les surmonte a 10 m de puissance.

3^o Dans les gorges de l'Avançon, rive droite, au-dessus de Frenières, on touche facilement la base de la paroi. Nous y voyons les schistes siliceux à profil finement découpé, et nous remarquons que la poussière qui s'y dépose est agglomérée par une légère imprégnation de bitume. L'odeur est fétide sous les coups du marteau. Un premier banc spathique et siliceux de 2 dm recoupe des schistes qui reprennent sur 1 m environ. Ils sont à nouveau coupés par un banc spathique et deviennent de plus en plus siliceux vers le haut pour former une paroi massive qui surplombe l'ensemble schisteux. On peut y voir des délits fins séparant les couches massives, épaisses de 1 à 2 dm.

L'Hauterivien massif est extrêmement dur. Il est recouvert d'une couche d'altération sableuse, tendre, de quelques centimètres. A la cassure, il est presque noir.

Parfois, comme au N du roc du Châtelet, il a un aspect ruiniforme assez semblable à celui de l'Hauterivien de la Nappe des Diablerets. Puissance: 25 m environ.

En coupe mince, l'Hauterivien massif se montre très calcaire. On y voit de nombreux grains de calcaire roulé, accompagnés de grains de quartz, arrondis ou non (dimension moyenne comprise entre 40 et 50 μ), de spicules d'éponges et de radiolaires. Le tout est enveloppé d'un ciment siliceux et argileux qui empêche, par exemple, toute attaque par l'acide chlorhydrique, malgré la haute teneur en calcaire de la roche.

La pyrite n'y est pas rare, et c'est probablement à son oxydation qu'est due la patine de l'Hauterivien siliceux.

Par-dessus vient une zone schisto-marneuse surmontée de bancs marno-calcaires de 2 à 4 dm d'épaisseur alternant avec des schistes marneux plus épais. Cette zone contient une ammonite déroulée :

Crioceras emerici LEV. ¹⁾

des aptychus, dont: *Lamellaptychus angulicostatus* (PET.) var. *symphicostata* (TRAUTH).

¹⁾ Le gisement de cette ammonite se trouve dans les gorges de l'Avançon d'Anzeinde, rive gauche sous Matélon.

Les autres aptychus se rapprochent d'espèces décrites dans le Tithonique, mais ces formes ne sont, à notre connaissance, pas encore étudiées.

Les bancs marno-calcaires finissent par prédominer, et nous passons sans discontinuité au Barrémien.

On ne peut qu'estimer l'épaisseur de l'Hauterivien supérieur calcaire; il semble avoir environ 10 à 15 m de puissance, et nous ne pouvons le discerner du Barrémien quand les fossiles manquent.

Résumé et conclusion

L'Hauterivien ultrahelvétique, d'une épaisseur variable, mais ne dépassant pas 25 à 30 m, est constitué: à la base, et de façon interrompue, par un ensemble schisteux, arénacé et bitumineux à bancs spathiques, d'une zone typique, formée de calcaire grésosiliceux de couleur brun rouille, ou très sombre, dans les endroits humides.

L'Hauterivien se poursuit par 10 à 15 m de calcaires marneux et de schistes alternants, passant de façon continue au Barrémien.

La paroi hauterivienne siliceuse montre, par endroits, une stratification entrecroisée, ce qui témoigne d'une sédimentation régie par des courants marins. Comme le quartz est abondant et roulé, on peut se demander si le dépôt ne s'est pas fait à faible profondeur et à proximité relative des côtes.

Une sédimentation très régulière s'installe alors, comme en témoignent les marno-calcaires et les schistes marneux régulièrement alternés qui succèdent.

6. Le Barrémien

Le Barrémien est entièrement fait d'une alternance de calcaires un peu marneux et de schistes marneux. Il forme des parois, là où l'érosion récente le coupe, ou encore, dans les niches d'arrachement de glissements quaternaires.

On peut le voir: dans la région du Pas de Cheville, dans le haut vallon de Cheville (rive gauche), à la Tour d'Anzeinde, dans les gorges entre Solalex et Anzeinde (partie supérieure), dans les contreforts de l'Argentine, sur le Méruet, sur la Benjamine, dans les gorges sous Matélon, à la niche d'arrachement sur Matélon où nous voyons une magnifique coupe, sur le sentier du Roc à l'Aigle, aux Bois du Ban sur la route de Frenières aux Plans, enfin, sur les Verneys, dans la vaste niche d'arrachement qui domine le pâturage. Au pied E de la Tour de Duin, sous le Malm de la klippe, perce l'affleurement le plus occidental qui nous soit connu. Les fossiles sont rares dans le Barrémien, citons:

- Lamellaptychus angulo-diday* TRAUTH
- Zeilleria* sp. ind.
- Belemnites* sp. ind.
- Desmoceras* cf. *charrieri* (D'ORB., KAR., KIL.)
- Phylloceras serum* OPPEL
- Lytoceras* sp. ind.
- Silesites* cf. *seranonis* (D'ORB.)

et restes d'ammonites indéterminables.

La paroi barrémienne est formée de calcaires très fins, un peu marneux, en bancs de 3 à 4 dm, séparés par des délits schisteux pouvant atteindre 6 dm, mais dépassant rarement 1 à 2 dm. Cette paroi a 40 m de puissance.

En coupe mince, les calcaires un peu marneux et très fins du Barrémien, nous montrent de nombreux radiolaires épigénisés par la calcite, de rares spicules d'éponges, des veinules de pyrite. Celles-ci se voient, macroscopiquement, auréolées d'une tache blanche.

Cet ensemble très plastique est le plus souvent replié sur lui-même, si bien qu'il forme des parois dépassant de beaucoup 40 m. Un examen attentif nous montre les charnières de plis répétés, souvent de faible amplitude.

La sédimentation du Barrémien dut avoir lieu dans un bassin calme, peut-être profond, comme en témoignent l'absence de faciès zoogènes ou grossiers et l'abondance des radiolaires.

La rareté des ammonites jointe à l'abondance relative des *aptychus*, est un autre argument en faveur d'une sédimentation profonde.

7. L'Aptien et l'Albien

L'Aptien et l'Albien sont, stratigraphiquement, inséparables dans notre région. Ils forment une série tendre, quoique gréseuse, qui a été fortement écaillée. Elle se présente comme faisant suite de façon continue au Barrémien. Brusquement, on voit les bancs calcaires devenir rares et la série schisteuse prendre le dessus, sous forme de marnes noires un peu arénacées, parfois glauconieuses et alors plus gréseuses. La muscovite y est très largement répandue, les rognons de pyrite aussi. Des retours de faciès plus calcaire ont lieu au milieu de la série.

Nous remarquons un épaissement considérable de l'E où elle a quelque dix mètres, à l'W où elle atteint 150-200 m.

Les fossiles y sont rares, et nous n'y avons trouvé que des restes d'ammonites limonitisées indéterminables. Pourtant E. RENEVIER signale au pâturage de Bovonne :

- Phylloceras picturatus* (D'ORB.)
- Phylloceras guettardi* (D'ORB.)
- Desmoceras inornatus* (D'ORB.).

Examinons maintenant quelques bonnes coupes :

L'arête N de la Tour d'Anzeinde, à l'altitude de 2070 m, présente un petit vallon déterminé par les grès et schistes gréseux de l'Aptien-Albien, reposant sur le Barrémien (voir la fig.12). Cette arête nous donne la succession suivante :

Barrémien formant la croupe à droite en montant : Calcaires clairs et marneux à radiolaires, alternant avec des schistes gris. Les bancs n'atteignent que quelques décimètres de puissance (C. 5336 et 5337).

Par-dessus : le complexe Aptien-Albien, formé ici de 1 m de schistes sableux suivis de deux bancs de calcaire cristallisé et gréseux fin, d'une puissance de 3 dm chacun (5338).

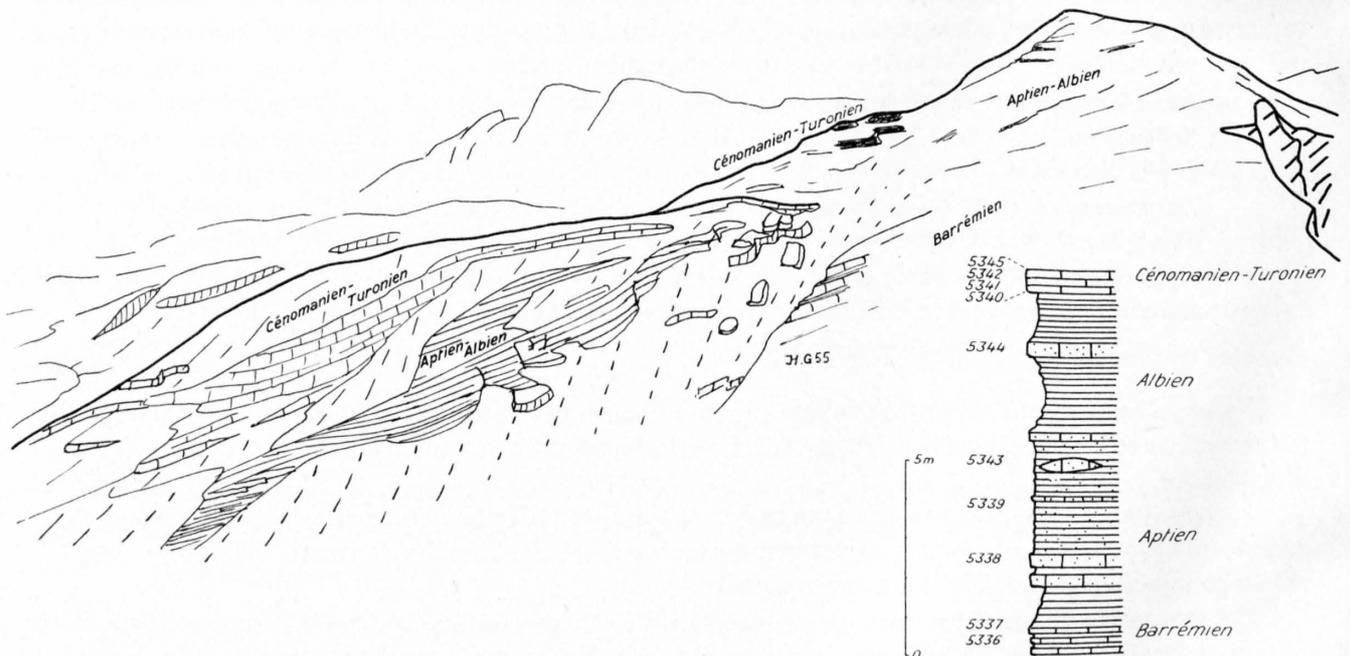


Fig. 12. Panorama du gisement et coupe du Barrémien au Cénomanien sur l'arête N du sommet N de la Tour d'Anzeinde

Il leur succède 3 m de schistes très sombres entrecoupés d'un banc de 1 dm plus clair, formé par un calcaire marno-gréseux pyriteux à radiolaires (5339), puis des lentilles un peu calcaires, très siliceuses et gréseuses à glauconie (5343).

Un banc de calcaire marno-gréseux de 2 dm recouvre ces schistes.

Deux mètres de schistes très grossiers et sableux, devenant plus fins vers le haut, lui succèdent, interrompus par un banc de calcaire sableux vert, qui se montre, en coupe mince, un grès glauconieux à ciment marno-calcaire. Quelques radiolaires y sont disséminés (5344).

A 1,5 m de schistes sombres va succéder un ensemble schisteux calcaire, correspondant au Cénomani-
nien à :

Globotruncana alpina BOLLI

Globotruncana stephani GANDOLFI (C. 5340 et 5341),

puis ces schistes passent à des marno-calcaires très fins en plaquettes à :

Globotruncana lapparenti lapparenti BOLLI

Globigerina cretacea CUSH.

Gümbelina sp. ind.

ce qui indique le Turonien (C. 5342).

Par-dessus, enfin, ces calcaires contiennent :

Globotruncana lapp. lapp. BOLLI

Globotruncana lapparenti tricarinata (QUER.) (C. 5345)

qui permettent de croire que ces calcaires sommitaux appartiennent au Turonien-Campanien.

Les schistes gréseux glauconieux, plus ou moins massifs et très sombres, se retrouvent au N de la Tour d'Anzeinde, sur le plateau marécageux. Il ne faut pas les confondre avec les grès un peu roux de l'Hauterivien qui encadrent le plateau.

Une bande continue, très broyée, comprenant outre l'Aptien-Albien, le Cénomani-
nien et le Turonien, descend tout le long de la paroi, de la Poreyrette jusqu'au-dessus de Solalex (voir fig. 20).

Les coupes 5332, 5333, 5334, prises à 1860 m d'altitude sous le p. 1972,2, nous ont donné dans un calcaire argilo-schisteux finement gréseux et glauconieux :

Globigerina cretacea CUSH.

Anomalina (Ticinella) roberti GANDOLFI

Gümbelina sp. ind.

Tandis que quelques mètres plus haut, dans la paroi verticale, un échantillon (C. 5334) de calcaire clair et fin nous donnait :

Gümbelina sp. ind.

Globotruncana lapp. lapp. BOLLI

indiquant le Turonien.

Sur et sous le Méruet, dans le grand couloir, nous retrouvons ces grès et schistes sombres accompagnés des calcaires clairs du Cénomani-
nien à Campanien.

Sur la Benjamine, 400 m au SSW, entre 1500 et 1580 m d'altitude, l'Aptien-Albien forme une paroi de schistes gris très pyriteux et parfois gréseux.

Enfin, au-dessus de Bovonne, jusqu'à la Motte, l'Aptien-Albien forme une grande partie du pâturage. On voit de place en place, dans des éraillures, des schistes marno-gréseux noirs, entrecoupés de rares bancs de calcaire marneux.

Une bonne coupe nous est donnée au N de la Motte. Le passage du Barrémien au groupe Aptien-Albien se fait là, par envahissement progressif du Barrémien par des schistes noirs à gros nodules pyriteux. Les bancs de calcaire deviennent rares et espacés, puis ils disparaissent complètement. Après une série de schistes marneux, on assiste à un envahissement du faciès par les grains de quartz très fins, tandis que

la glauconie fait son apparition dans des nodules quartziteux. La série atteint ici 80 m d'épaisseur, mais elle n'est pas complète.

Sur près d'un kilomètre en aval des Pars, nous retrouvons l'Aptien-Albien dans les gorges de l'Avançon d'Anzeinde et sur la rive gauche en général. Il repose là, directement, sur la cornieule des Nappes de Bex-Laubhorn. De bas en haut, nous avons: une série schisto-gréseuse noire pailletée de mica, dans la partie moyenne de laquelle les bancs sont épais de 2 à 10 dm. Ils donnent à la paroi un aspect ruiniforme. Enfin, directement sous les Pars, la roche devient massive et le torrent y creuse quelques belles marmites.

J'estime à 40 m la puissance de cette série, qui est bien le sommet de l'Albo-Aptien, comme le prouve, plus bas, sur Frenières, sa prolongation par le Cénomanién et le Turonien. Cette série supérieure nous montre en lame mince une marne sombre silico-gréseuse à spicules d'éponges et rares débris d'échinodermes.

La série de l'Aptien-Albien aurait donc environ 120 m dans la région de Bovonne-les-Pars.

Nous retrouvons ce complexe dans la partie inférieure des gorges de l'Ivouette, en face de Frenières; puis dans le ruisseau, au-dessus du p. 710 de la route du Bévieux à Frenières, où il est écaillé avec intercalations des calcaires en plaquettes du Cénomanién-Campanien.

Nous allons examiner, enfin, les coupes dominant le p. 1134, extrémité de la route forestière de Frenières aux Verneys (voir fig. 13). Deux ruisseaux descendent de Les Lués. Ils se rejoignent et coupent la route au p. 1134. Remontons le cours du ruisseau, dès ce point et jusqu'au confluent. Puis, engageons-nous dans son affluent droit (W) en montant. A la base de la série, le pendage est faible, il augmente et dès l'altitude de 1200 m il est de 40 degrés vers l'E. La coupe (fig. 13) est schématique. Elle donne les épaisseurs vraies des couches. Les altitudes des points d'observation sont figurées à gauche de la colonne stratigraphique. Voici la coupe:

De 1134 à 1150 m d'altitude on voit les marno-calcaires et les schistes marneux alternants du Barrémien.

De 1150 à 1180 m: calcaires gréseux fins à radiolaires et veinules de pyrite (cascade), puis schistes gréseux, enfin, banc de micro-grès à éléments sub-anguleux réguliers (1,3 m). Le ciment est marno-calcaire et pyriteux.

De 1180 à 1200 m: des schistes noirs marneux, fins, à pyrite, sont coupés de bancs calcaires clairs, puis de bancs gréseux sombres à glauconie et pyrite, surmontés, eux-mêmes, de schistes sombres pyriteux et gréseux.

A 1200 m: une lentille de calcaire fin en plaquettes contenant:

Globotruncana helvetica BOLLI

Globotruncana lapparenti lapparenti BOLLI

nous indique la base du Turonien.

De 1200 à 1280 m: des bancs de 2 à 3 dm de calcaire fin un peu marneux contiennent de gros radiolaires et parfois des spicules d'éponges. Ces calcaires alternent avec des schistes marneux en délits noirs, épais de 3 à 5 dm. Vers 1250 m d'altitude, les bancs de calcaire dominant et deviennent un peu gréseux vers le haut. On y trouve: radiolaires, lagénidés et milioles (*Triloculina* ?) (C. 5156).

1280 à 1300 m: Les calcaires clairs se poursuivent, gréseux, puis ils passent à des schistes calco-marneux clairs et à des calcaires en plaquettes, fins, à taches sombres et marneuses: *Globigerina cretacea* et probablement *Globotruncana stuarti* (DE LAPPARENT), ce qui nous donnerait un âge Maestrichtien pour ces derniers mètres.

De 1300 à 1375 m: schistes fins micacés et bien lités, puis schistes gréseux devenant pyriteux et très noirs. Glauconie assez abondante.

Nous arrivons dans des schistes plus consolidés qui forment paroi. C'est un calcaire sombre, marno-gréseux, détritique à rares spiculés d'éponges.

De 1375 à 1395 m d'altitude: le calcaire prédomine et le quartz devient rare. Les bancs sont minces et alternent avec des schistes calcaires légèrement gréseux. Spicules d'éponges et radiolaires.

La question se pose alors de savoir si la série est continue ou si elle est le résultat d'un écaillage, auquel cas, on a peu de chances de retrouver la même succession dans la branche de l'affluent gauche (E).

Nous allons l'examiner (voir fig. 13, colonne de gauche).

De 1225 à 1250 m d'altitude, nous relevons la présence de schistes graveleux, noirs, pyriteux qui forment une saillie. En coupe mince, nous y remarquons: radiolaires, globigérines et très probablement:

Anomalina (Ticinella) roberti GANDOLFI.

De 1250 à 1350 m: les schistes sont moins cimentés ou séparés par des délits plus tendres, ceci jusque vers 1300 m d'altitude, où une nouvelle paroi noire est formée de marno-calcaires gréseux, glauconieux, surmontés de schistes arénacés.

A 1350 m d'altitude, un banc de 5 dm composé de calcaires marneux fins à rares grains de quartz, radiolaires et spicules, interrompt la série.

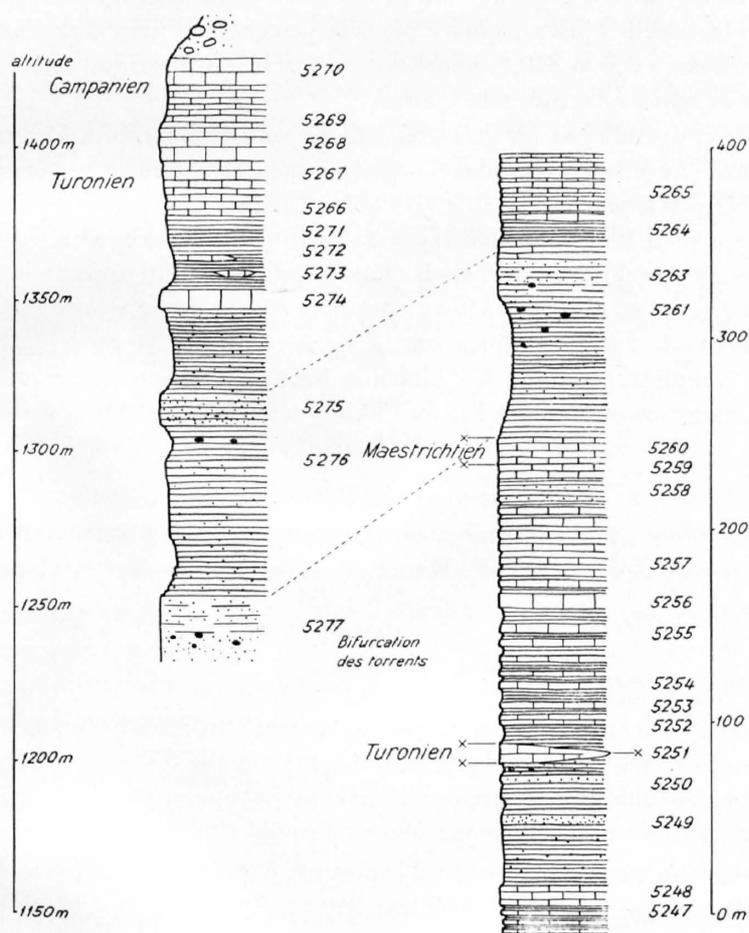


Fig. 13. Coupe de l'Aptien-Albien au N de Les Lués et sur le p.1134 (extrémité de la route forestière de Frenières aux Verneys)

De 1350 à 1380 m: schistes sombres gréseux à lentilles de calcaires siliceux contenant: radiolaires et *Anomalina roberti*. Les schistes contiennent:

Globigerina cretacea CUSH. et
Anomalina (Ticinella) roberti GANDOLFI.

Entre 1380 et 1460 m: apparition de calcaires fins, un peu marneux, en plaquettes et contenant:

Globotruncana lapparenti inflata BOLLI
Globotruncana lapparenti tricarinata (QUER.)

ce qui indique une série du Turonien au Cénomanién. Une zone à bancs séparés par des schistes minces contient des débris de *Globotruncana* indéterminables et de quartz roulé fin. Enfin, le sommet de la série est dominé par 3 m de calcaire clair et sublithographique, plus massif à :

Globotruncana lapparenti lapparenti BOLLI et
Globotruncana lapparenti bulloides? VOGLER.

Ces espèces vivaient du Turonien au Campanien.

A 1460 m d'altitude, la moraine locale recouvre le tout.

Comme on le voit, les deux séries ne se correspondent pas du tout, si ce n'est les deux grandes zones schisto-gréseuses et glauconieuses. Nous sommes en droit d'admettre que les deux intercalations à *Globotruncana* de la coupe de droite (W), marquées comme Turonien et Maestrichtien appartiennent à des écaillés tectoniques. Du reste, la coupe de la niche d'arrachement sur les Verneys le montre bien. Mais que représente la zone de calcaires à gros radiolaires, alternant avec des schistes ? Est-ce une récurrence de faciès calcaire dans l'ensemble Aptien-Albien ? Nous le pensons, vu qu'ayant d'excellentes coupes du Cénomanién au Maestrichtien (voir p. 29), aucune comparaison n'est permise avec ce dernier ensemble essentiellement calcaire et schisto-calcaire très clair.

Les schistes graveleux, pyriteux et les grès glauconieux sont comparables à ceux vus à Bovonne et sous les Pars. La continuité avec le Cénomanién-Turonien existe bien dans le couloir gauche (E), où nous voyons le calcaire envahir peu à peu les schistes vers le haut. Ainsi, l'ensemble Aptien-Albien a certainement ici 200 m d'épaisseur pour les grès et schistes noirs marneux et glauconieux. Le faciès à calcaires en bancs alternant avec des délits schisteux plus épais (zone à radiolaires) lui appartient aussi très probablement ; et comme il mesure 150 m, l'Aptien-Albien aurait ici 350 m de puissance environ.

Quelques affleurements de l'Aptien-Albien sont à signaler sur l'arête au N de Gros Châtillon.

La dernière coupe complète du Malm à l'Albien se trouve, très laminée, sous l'énorme masse de Flysch parautochtone, au-dessus et 800 m à l'E du Châtel, entre 900 et 1000 m d'altitude.

Résumé et conclusion

L'Aptien-Albien, ensemble lithologiquement et stratigraphiquement inséparable, est constitué par une masse de schistes gréseux noirs, pyriteux, de marnes massives gréseuses et glauconieuses à :

? *Anomalina (Ticinella) roberti* GANDOLFI

Gümbelina sp. ind.

Globigerina cretacea CUSH.

Les intercalations de bancs calcaires plus ou moins développés interrompent de façon irrégulière les schistes gréseux. On y voit de très gros radiolaires et quelques spicules d'éponges. Vers le haut, le passage au Cénomanién se fait par envahissement progressif, mais assez rapide, par du calcaire. On touche alors au Cénomanién-Campanien et éventuellement au Maestrichtien.

La série de l'Aptien-Albien varie énormément d'épaisseur. A Anzeinde, elle a 8 m environ ; à Bovonne-les-Pars, elle a 120 m, et sous les Lués, probablement 350 m. Au-dessus du Châtel, elle n'a plus qu'une trentaine de mètres, réduction partiellement tectonique.

3. Le Crétacé supérieur du Cénomanién au Sénonien

Formé par des schistes très calcaires et des calcaires en plaquettes, puis de bancs blonds de plusieurs décimètres, le Crétacé supérieur est très souvent écaillé. Ceci provient de son soubassement marno-gréseux assez plastique. Riche en *Globotruncana* il se reconnaît facilement à la loupe. Examinons quelques coupes :

Cénomanién-Turonien de la Tour d'Anzeinde, arête N. Nous l'avons déjà décrit à la p. 24, fig. 12.

Coupe du Crétacé supérieur de la Tour d'Anzeinde sur la Poreyrette :

Nous voyons dans les pentes dominant le col, côté Solalex, une paroi claire coupée d'une légère vire.

A la base, 10 m de calcaires clairs en petits bancs qui contiennent:

Coupe 5287 *Globigerina cretacea* CUSH.
Gümbelina sp. ind.
Globotruncana helvetica BOLLI
Globotruncana alpina BOLLI,

puis sous la vire:

Coupe 5288 Radiolaires
Gümbelina sp. ind.
Globotruncana alpina (BOLLI)
Globotruncana stephani (GANDOLFI).

C'est le Cénomaniens et la base du Turonien.

Cinq mètres de calcaires plus schistoux forment la vire inclinée, surmontée d'une nouvelle paroi de dix mètres. A sa base, dans une pâte calcaire un peu marneuse et très fine, nous y trouvons: radiolaires et spicules d'éponges, et au sommet des *Globotruncana* sp. Il s'agit probablement du Turonien, qui est ici surmonté d'un Flysch marneux à galets gréseux, qui se poursuit tout le long de la paroi jusque sur Solalex. (voir la fig. 20). Ce Flysch, épais d'une dizaine de mètres, semble reposer en continuité stratigraphique sur ces couches turoniennes. Pas de froissement ou d'écrasement au contact.

Une coupe renversée, complète, du Cénomaniens au Turonien, existe au pied du grand couloir W, tombant du cirque sous le p. 2421,7, près du Méruet entre 1600 et 1620 m d'altitude. Elle nous donne en haut:

C. 5151 *Globotruncana alpina* BOLLI
 C. 5150 *Globotruncana lapparenti coronata* BOLLI, vers le bas.

Une coupe du Cénomaniens au Campanien-Maestrichtien peut se suivre au-dessus de la route du Bévieux à Frenières, dans un ruisseau, 250 m avant de sortir de la forêt. Le ruisseau coupe la route à 725 m d'altitude (C. 5140 à 5145):

Globotruncana alpina BOLLI
Globotruncana lap. lap. BOLLI
Globotruncana lap. tricarinata QUEREAU
Globotruncana lap. coronata BOLLI

et, au sommet, dans des schistes plus sombres:

Globotruncana leupoldi BOLLI
 avec *Globotruncana tricarinata* (QUEREAU).

Mais la meilleure coupe que nous ayons relevée est celle d'une paroi dans la forêt, à l'W du pâturage de Botsard, entre 1240 et 1280 m d'altitude. Nous y voyons la roche de façon continue sur 40 m d'épaisseur (voir fig. 14).

A la base 5 m de calcaire compact, clair, dur, en bancs de 3 dm renferme:

Globotruncana alpina BOLLI
Lenticulina
Globigerina cretacea CUSH.
 Radioles d'oursins et
 Miliolles.

Cette paroi est surmontée de calcaires schisto-marneux, épais de 3 à 4 dm, qui font une vire peu importante. Ils contiennent une brèche de foraminifères mal conservés où nous pouvons voir:

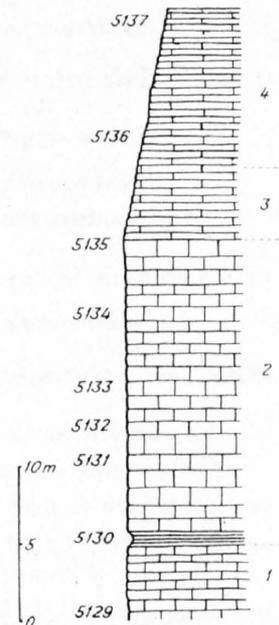


Fig. 14. Coupe du Cénomaniens au Sénonien à l'W du pâturage de Botsard entre 1240 et 1280 m d'altitude.

1. Cénomaniens,
2. Turonien-Coniacien,
3. Coniacien-Santonien,
4. Campanien-Maestrichtien

Gümbelina sp. ind.
Globigerina cretacea CUSH.
Globotruncana helvetica BOLLI.

C'est le Cénomanién.

Au-dessus, une paroi de 19 m de calcaires en bancs de 3 à 4 dm, compacts, contiennent à la base: de très gros radiolaires et

Globigerina cretacea CUSH.,

puis, plus haut, entre 13 et 15 m à partir de la base:

Globotruncana lap. inflata BOLLI
Globotruncana lap. coronata BOLLI
Globotruncana lap. tricarinata (QUEREAU).

C'est le Turonien-Coniacien.

Entre 20 et 25 m à partir de la base, nous avons en quantité:

Globotruncana lapparenti lapparenti BOLLI.

C'est le Turonien-Coniacien-Santonien.

Une vire de schistes calcaires un peu marneux domine alors la paroi, à 32 m de la base.

Globotruncana lap. bulloides VOGLER
Globotruncana lap. lap. BOLLI,

puis à 40 m de la base:

Globotruncana leupoldi (BOLLI).

C'est le Campanien-Maestrichtien.

La moraine locale recouvre alors l'affleurement.

Cette coupe s'étend, comme le montrent les *Globotruncana*, sur une période qui va du Cénomanién au Campanien et peut-être au Maestrichtien.

Les affleurements de Crétacé supérieur sont très nombreux sur les pâturages des Colatels et dans toute la côte, y compris les gorges de l'Avançon entre Frenières et l'Usine Electrique BVB. Le bord du pâturage, sommet de la niche d'arrachement sur les Verneys, en est entièrement fait.

Signalons enfin les affleurements importants sur Javerne, affleurements liés tectoniquement à la base de la Nappe de la Tour d'Anzeinde. Il en va de même pour ceux qu'on trouve dans la côte, entre la Croix de Javerne et le Châtel.

Conclusion

Le Cénomanién-Turonien-Sénonien (peut-être le Maestrichtien) forme un ensemble calcaire très fin, en bancs bien lités, interrompus par des schistes calcaires non loin de la base et se terminant par des calcaires plus marneux vers le haut. La faune de *Globotruncana* est abondante.

La série stratigraphique du Cénomanién-Sénonien continue l'Aptien-Albien sans interruption de sédimentation.

Le Crétacé supérieur a peut-être été enlevé par la transgression du Flysch dans toute la région de Bovonne où nous voyons ce dernier reposer sur les marnes gréseuses de l'Aptien-Albien, à moins que cette lacune soit le résultat de glissements tectoniques qui auraient enlevé cet étage. Dans ce cas, le Flysch de Bovonne ¹⁾ ferait partie de la klippe de ce nom, et serait un reste ultime de la Nappe du Sex-Mort.

¹⁾ Voir chap. IV, p. 32, Le Flysch de Bovonne.

9. Comparaison stratigraphique entre la zone de Derborence—Bex et les Préalpes bordières

Nous ne reviendrons pas ici sur les conditions générales de sédimentation qui ont présidé à la formation des terrains ultrahelvétiques. Elles ont été exposées par E. GAGNEBIN (1924) dans sa «Description géologique des Préalpes bordières» (p. 36 et suiv.), et nous savons depuis H. SCHARDT (1894), et surtout depuis M. LUGEON (1901), la parenté étroite qui existe entre les Préalpes internes qui nous occupent et les Préalpes bordières. C'est pourquoi une comparaison sédimentologique nous paraît intéressante.

1° Les épaisseurs:

Préalpes bordières		Préalpes internes
30 m	Sénonien	
70 m	Turonien	50 m
	Cénomanién	
30 m	Albien	
40 m	Aptien	150 m (10 à 350 m)
10 m	Urgonien	Néant
70 m	Barrémien	40 m
75 m	Hauterivien	30 m
45 m	Valanginien	15 m
20 m	Berriasien	20 m
10 m	Tithonique	5 m
100 m	Kimmeridgien	40 m
15 m	Séquanien	5 m
40 m	Argovien	15 m
60 m	Oxfordien	50 m
Total 615 m		420 m

Les séries stratigraphiques de la Nappe de la Tour d'Anzeinde sont, entre Derborence et Bex, nettement moins épaisses que dans la zone de Châtel-Saint-Denis.

2° Les faciès.

Les faciès sont souvent identiques, sauf pour l'Urgonien, qui n'existe pas chez nous.

L'Aptien-Albien subit de grandes variations de faciès et d'épaisseur. Il est, par place, au N de Javerne, plus épais qu'à Châtel-Saint-Denis.

Le Cénomanién, le Turonien et le Sénonien sont, chez nous, en continuité stratigraphique avec l'Aptien-Albien, alors qu'à Châtel-Saint-Denis, ces étages sont en paquets isolés, comme ceux que l'on trouve sous le Flysch de la Plaine Morte, en notre zone.

Les fossiles, très nombreux dans la zone bordière, sont très rares dans la zone interne, sauf pour l'Oxfordien.

La pauvreté en faune, jointe à l'amincissement des séries, indique probablement une région encore plus éloignée des côtes que ne l'était l'Ultrahelvétique de Châtel-Saint-Denis.

Les variations de faciès et d'épaisseur constatées dans notre Berriasien indiquent non seulement l'existence d'un soulèvement, mais encore celle d'ondulations du soubassement jurassique, avec émerSIONS répétées, dès le Portlandien et, semble-t-il, presque jusqu'à l'Hauterivien.

Quand au Lias spathique et schisteux de Bovonne, nous avons vu quelle parenté il a avec celui du front des Préalpes médianes. On peut en conclure soit:

- 1° que c'est un paquet de Lias des Médianes resté en arrière sur les Ultrahelvétiques, soit:
- 2° que c'est un Lias ultrahelvétique de la zone radicale qui se trouvait en continuité horizontale de sédimentation avec la zone frontale des Médianes, avant la scission du bassin sédimentaire commun en nappes.

Chapitre IV

Le Flysch de Bovonne

1. Description de l'affleurement et pétrographie

Signalons sur l'alpage de Bovonne, sous la klippe triasico-liasique et sur l'Aptien-Albien, l'existence d'un grès du Flysch très grossier affleurant au-dessus des chalets. Il est constitué par du quartz roulé, de la muscovite en grandes lames, gros cristaux (0,5 cm de diamètre), des grains de calcaire et de calcaire dolomitique de 0,1 à 0,2 cm de diamètre. Le ciment est calcaire, pas de faune.

Cinquante mètres à l'E-SE du p. 1789,2 nous trouvons, dans le flanc N, sous l'arête, des schistes fins, plissotés, très marneux, parfois finement gréseux, qui contrastent fortement avec le Flysch de la Nappe de la Plaine Morte. Vers la base de ce Flysch, nous trouvons, directement au-dessus d'un gros sapin mort, 100 m à l'E du p. 1789,2, un banc calcaire de 1 m d'épaisseur, qui se perd sous les éboulis. L'échantillon prélevé se montre très sombre à la cassure et un peu spathique.

La coupe mince 5088 nous donne, dans une pâte calcaire, des débris de lithothamnie, de bryozoaires, puis:

- Amphistegina* sp. ind.
- Hemistegina* cf. *rotula* KAUF.
- Nummulites* sp. ind.
- Baculogypsina* sp. ind.
- Heterostegina helvetica* KAUF.
- Globigerina* sp. ind.
- Discocyclina* sp. ind.

La coupe 5106 nous donne en outre:

- Asterocyclina* sp. ind.
- Dentalina* sp. ind.

Les schistes, au voisinage du banc calcaire, sont tout à fait stériles (C. 5089).

Ce Flysch ne contient pas le moindre caillou de Turonien ou de roche attribuables à la Nappe de la Plaine Morte. Ce n'est pas un Wildflysch.

D'âge Eocène supérieur (Priabonien), ce Flysch est donc bien différent par sa constitution lithologique du Flysch de la Plaine Morte. A quelle nappe appartient-il? Il semble que ce soit à la Nappe du Sex-Mort.

2. Résumé

Le Flysch de Bovonne ne nous est connu que sur une petite tête dominante au NE l'alpage de ce nom. Constitué de schistes marneux ou marneux-siliceux fins et bien lités, il contient pourtant un banc de grès grossier stérile et un banc de calcaire marneux sombre échinodermiques et zoogène à faune de l'Eocène supérieur.

Il est tectoniquement pincé entre les marnes gréseuses de l'Aptien-Albien et la klippe triasico-liasique de Bovonne. Sa position et son âge le font se rattacher à la Nappe du Sex-Mort.

Chapitre V

Nappes de la zone Bex–Laubhorn

1. Le Trias

Les Nappes ultrahelvétiques de la zone Bex–Laubhorn bordent au N notre terrain sur toute son étendue, de Derborence à Bex. Les couches qui recouvrent plus précisément la Nappe de la Tour d'Anzeinde sont constituées, à la limite, entièrement par le Trias: cornieule et gypse.

La cornieule se trouve généralement à la base. Elle est surmontée par le gypse. Cette zone triasique est souvent prise en synclinal dans les replis et écaillés de la Nappe de la Tour d'Anzeinde et du Flysch parautochtone. Les masses de gypse et de cornieule sont très plastiques, si bien qu'on ne peut mesurer leurs épaisseurs. Celle de la cornieule ne peut être qu'estimée à 100, 200 m et plus. Celle du gypse est beaucoup plus importante encore.

Le Trias au contact N de la Nappe de la Tour d'Anzeinde ne comprend pas de calcaire dolomitique en bancs; on le trouve quelques centaines de mètres au-dessus de la zone de friction. Il n'en va pas de même d'une zone triasique accompagnée d'un Lias très curieux, spathique, dont le principal affleurement se situe à Bovonne, les autres, dans les gorges de l'Avançon et sur le Châtel, entre Bex et Lavey.

2. Le Trias et le Lias de Bovonne

Une klippe de Flysch, Trias et Lias, domine l'alpage de Bovonne.

«Le plus singulier et le plus isolé de nos gisements de cornieule est un petit affleurement qui se trouve au-dessus des chalets de Bovonne sous Argentine, à plus de 1700 m d'altitude, entièrement entouré de Néocomien.» (RENEVIER, 1890.)

E. RENEVIER pense à un petit récif dolomitique isolé au milieu de la mer néocomienne, puis recouvert de sédiments, qui aurait été dénudé dans les temps actuels par l'érosion. Quelques lignes plus loin il écrit: on trouve «entre cornieule et Néocomien authentique des grès et schistes analogues à ceux des Vents, de Javerne, ... etc. et qui pourraient bien appartenir au Flysch!»

Cet auteur ne cherche d'ailleurs pas à s'expliquer ce phénomène, il s'en étonne. M. LUGEON néglige cette précieuse observation et ne voit que le Gault s. l.

1. Le Flysch

Déjà décrit au chapitre IV, nous avons vu qu'il est d'âge priabonien. Nous aurons l'occasion d'en parler dans les chapitres consacrés à la tectonique.

2. Le Trias et le Lias (voir la figure 15)

Séparé partiellement du Gault par du Flysch Eocène supérieur, le Trias débute par une épaisseur très variable de cornieule (1). Elle passe sous le p.1789,2 à un banc épais de 2 m de calcaire dolomitique (2). Il est blond très clair et ne réagit pas à l'acide chlorhydrique. En coupe mince, ce calcaire est si fin qu'on n'en voit pas les cristaux. Des restes d'organismes globuleux (Radiolaires?) font de petites taches plus claires dans cette pâte blonde.

Une épaisseur variable de schistes marno-siliceux (3) recouvre cette dolomie. Ces schistes sont recouverts à leur tour de calcaires fétides, spathiques (4), qui peuvent être, comme au N du p.1789,2, en contact tectonique avec la cornieule, schistes et dolomie étant étirés à l'extrême. C'est le Lias.

Passons maintenant à la description détaillée de cet ensemble :

Le Lias débute par 10 à 15 m de schistes marno-gréseux coupés de quelques bancs plus calcaires, mais encore siliceux (3). On trouve, dans cet ensemble, des bélemnites indéterminables. En coupe mince, ces schistes nous montrent, dans une pâte marneuse et siliceuse, des débris arrondis de quartz et de micro-organismes abîmés et non identifiables.

Au-dessus de ces schistes, 3 m de calcaire gris clair massif, spathique et fétide, forment une petite paroi (4). En coupe mince on aperçoit une majorité d'articles d'échinodermes et de très rares débris de brachiopodes, entourés de petits grains de dolomie arrondis, que l'on voit déjà à l'œil nu sous forme de taches jaune brunâtre. Des grains de quartz souvent idiomorphes parsèment la préparation.

Le banc spathique passe à son sommet à une lumachelle de 1 à 2 dm très difficile à voir (5) et dont on ne peut extraire aucun fossile, puis à un calcaire siliceux en lits de quelques décimètres parsemés de silex (6). Ce complexe supérieur et terminal mesure 4 m d'épaisseur. Le contact entre Trias et Lias n'est pas bien visible.

Les autres affleurements de Trias et de Lias du type Bovonne se retrouvent, très laminés, au fond des gorges de l'Avançon d'Anzeinde en aval des Pars, entre 1000 et 1010 m d'altitude (voir fig. 16).

Les coordonnées de cet endroit sont : 572,2/125,1.

En ce point, et sur la rive gauche du torrent, un affleurement des plus intéressants est de temps en temps couvert par des masses morainiques en mouvement. En 1951, j'ai pu relever une partie de cette coupe que j'ai complétée en 1953, après qu'un glissement en eut dégagé.

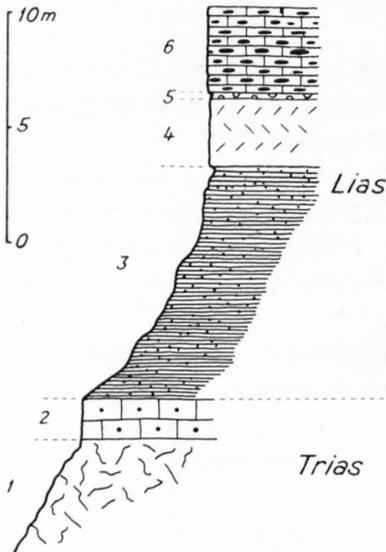


Fig. 15. Coupe du Trias et du Lias de la klippe de Bovonne

Une masse de cornieule broyée (1) borde le torrent. Elle est couverte de schistes siliceux liasiques (2) auxquels succèdent un banc de calcaire dolomitique blond (3), des blocs de calcaire spathique «lotharingiens» enveloppés de schistes liasiques (4). La cornieule (5) recouvre cet ensemble. A son sommet, un banc de 1 m d'épaisseur de marnes argilo-gréseuses, vert et jaune tacheté de brun rougeâtre, sans débris reconnaissables (6), passe à un banc de calcaire dolomitique puissant de 2 m (7).

Nous sommes en présence d'écailles représentant le Trias nos 1, 3, 5, 6, 7 et le Lias 2 et 4.

Les argiles gréseuses (6) existent peut-être aussi à Bovonne, où l'érosion n'a mis à nu que les bancs durs, laissant la terre végétale recouvrir tout ce qui est tendre.

A Plan Saugey, au-dessus et au bord du sentier entrant dans les gorges du Bey de Sérisson, nous pouvons voir le Trias dolomitique d'abord, puis la cornieule. Les affleurements sont mauvais. Mais, au-dessus de la route forestière des Monts aux Ravorens, Trias et Lias se retrouvent, très laminés, ayant même subi un certain dynamométamorphisme. On retrouve là (Coord. 569,61/120,81), dans un châble très difficile d'accès et dominant la paroi de la cascade qui tombe sur la route, à l'altitude de 980 m, un calcaire marmorisé, blanc, à petites taches noires ou brunes.



Fig. 16.

Coupe du Trias et du Lias écaillés dans les gorges de l'Avançon d'Anzeinde en aval des Pars à 1005 m d'altitude. 1. Cornieule, 2. schistes siliceux liasiques, 3. Calcaire dolomitique, 4. Calcaire spathiques lotharingiens en lentilles dans les schistes liasiques, 5. Cornieule, 6. schistes du Trias et 7. Calcaire dolomitique

En coupe mince, on y voit, comme dans le Lias spathique de Bovonne, des phénocristaux de calcite, correspondant aux enérines, accompagnés de quartz idiomorphe, de dolomie et de feldspath en voie de formation. Ce marbre est accompagné d'un massif de cornieule, surmonté lui-même par du Malm dans sa partie N, et par du Flysch dans sa partie S. En suivant cette même route, des Monts aux Ravorens, au deuxième des virages à gauche, après la cascade, en allant vers le S, on voit sur le talus un banc de cornieule reposant sur des schistes marno-calcaires sombres, un peu sableux du Valanginien (calpionelles). Sous la route, à l'altitude de 870-880 m, de même qu'au-dessus, à 920 m, nous pouvons toucher ces mêmes marbres, un peu moins métamorphiques. Le Trias n'est plus représenté, dans cette région, que par de la cornieule à fragments de dolomie. Il est très étiré.

3. Remarques

Le Lias de Bovonne correspond assez bien à celui décrit par H. BADOUX (1945) dans la zone des cols et par K. HUBER (1933). Ils l'attribuent au Lotharingien.

Mais l'isolement absolu de ce faciès du Lias dans la région qui nous occupe nous fait penser à un lambeau des Préalpes médianes, resté bien en arrière, lors de la mise en place de ces nappes, car ces faciès sont très voisins de ceux du Lias frontal des Préalpes médianes.

Le Lias de la zone de Bex, étudié par R. TRÜMPY (1951) est un Lias calco-sableux, très sombre, à ammonites, qui ne peut être comparé à celui de Bovonne.

Le Sinémurien d'Exergillod que nous connaissons est un Lias principalement échinodermique, très massif et coloré en rouge. Il contient de nombreuses gryphées (voir M. LUGEON, 1940, p.17). Il est donc lui aussi bien différent de celui de Bovonne, de plus sa position tectonique est différente. Nous ne pensons pas que l'on puisse les rattacher l'un à l'autre.

D E U X I È M E P A R T I E

Tectonique

I. Introduction

Il n'est pas inutile de donner ici un schéma général des nappes dont nous avons et dont nous allons parler.

Dans le tableau ci-dessous, je donne leur superposition tectonique actuelle sans préjuger de leur ordre d'arrivée. Nous avons de bas en haut (et pour notre région seulement) :

Helvétique	{	10. Nappe du Wildhorn
	{	9. Nappe des Diablerets
	{	8. Nappes de Bex-Laubhorn
	{	7. Ecailles de «Bovonne»
Ultrahelvétique	{	6. Nappe du Sex Mort
	{	5. Nappe de la Tour d'Anzeinde
	{	4. Nappe de la Plaine Morte
	{	3. Nappe de Morcles
Helvétique	{	2. Ecailles du Flysch parautochtone
	{	1. Autochtone et Parautochtone helvétique

En regardant le schéma et l'esquisse tectonique au 1:1000000^e (pl. I et fig. 17), nous nous rendons compte que cette énumération est très schématique et que des lambeaux des nappes 5, 6 et 7 sont pris, par exemple, sous les replis des écailles du Flysch parautochtone 2.

Le groupe des Nappes ultrahelvétiques, nappes 4, 5, 6, 7 et 8, recouvre ordinairement tout le domaine helvétique formé des nappes 3 (de Morcles), 9 (des Diablerets) et 10 (du Wildhorn).

Mais dans notre région, la Nappe de Morcles, partiellement, et la Nappe des Diablerets, complètement, ont recouvert les Nappes ultrahelvétiques qui sont restées pincées dans le «synclinal» entre Morcles et Diablerets-Wildhorn.

Cette zone est souvent nommée dans la littérature «écaille du Néocomien à Céphalopodes». C'est celle que nous avons étudiée.

II. Mise en place des nappes

J'appelle «diverticulations» le mécanisme de mise en place de nappes, tel que l'a décrit M. LUGEON (1943), mais sans préjuger, comme il l'a fait, de l'âge du phénomène.

Nous allons décrire de façon succincte le mécanisme de mise en place des nappes, sans parler de la chronologie, trop mal connue.

1. Mise en place des Nappes ultrahelvétiques sur la zone helvétique, qui comprend du SE au NW: zone Wildhorn, zone Diablerets, zone Morcles, zone Parautochtone et Autochtone. La masse ultrahelvétique comprenait les terrains suivants: un Trias, cornieule, calcaires dolomitiques, marnes gréseuses et gypse; un Lias à faciès profond au NW, néritique au SE; Dogger à *Cancellophycus*; Malm profond (très bien stratifié) et peu épais reposant sur les schistes argileux du Callovo-Oxfordien; Crétacé marno-calcaire

du Valanginien; siliceux de l'Hauterivien inférieur; marno-calcaire du Barrémien; marno-gréseux de l'Ap-tien-Albien; calcaire du Cénomanién-Turonien-Sénonien; un Flysch grossier priabonien, de type Wild-flysch.

Cette masse, pendant qu'elle avance, va se scinder horizontalement à plusieurs niveaux plastiques:

a) Le Wildflysch prendra de la vitesse et dépassera les masses de son soubassement en arrachant des copeaux de Cénomanién-Turonien-Sénonien et même d'Albien. Il s'arrêtera dans le bassin du Flysch helvétique. C'est la Nappe de la Plaine Morte avec, à la base, ses écailles de Crétacé supérieur.

b) L'ensemble du Callovo-Oxfordien au Crétacé supérieur qui suit, recouvre alors le Wildflysch. C'est la Nappe de la Tour d'Anzeinde, entraînant sous son Callovo-Oxfordien du Crétacé supérieur. Ce Crétacé supérieur (Cénomanién-Turonien-Sénonien) est probablement celui qui manque aux écailles de la Nappe de la Tour d'Anzeinde, entre Frenières et la Benjamine. Ces écailles étant tectoniquement supérieures à celles comprises entre Javerne et Bex, nous pouvons en conclure que la diverticulation a peut-être joué au sein même de la nappe.

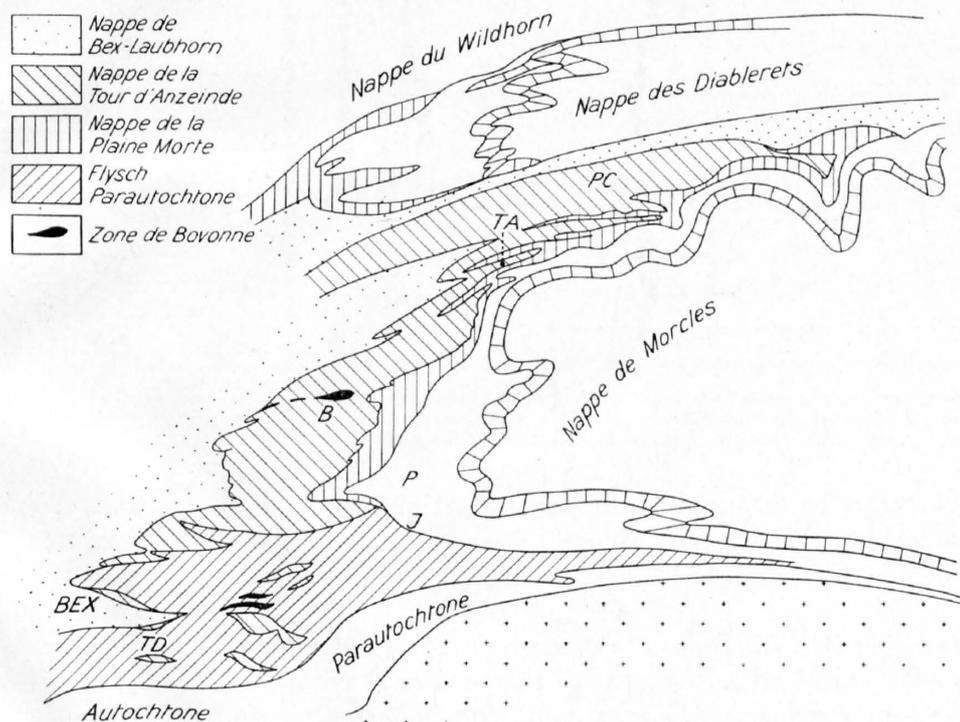


Fig. 17. Schéma tectonique au 1 : 100000^e de «l'Ecaille du Néocomien à Céphalopodes»

B Bovonne	PC Pas de Cheville
J Javerne	TA Tour d'Anzeinde
P Les Plans	TD Tour de Duin

c) Le Trias et le Lias de la zone SE s'avancent rapidement et viennent recouvrir les nappes précédentes, en formant les écailles triasico-liasiques du type «Bovonne».

d) La grande masse du Trias et du Lias profond recouvre les terrains précédents, en se scindant elle-même, verticalement. Cette masse forme les nappes de la zone de Bex-Laubhorn s. l.

e) Les Nappes des Préalpes médianes passent sur les Ultrahelvétiques arrêtées et en poussent devant elles un grand copeau qui formera les Ultrahelvétiques externes de la zone Montreux-Châtel-St-Denis.

f) Le Domaine helvétique se met en mouvement:

premièrement, la Nappe de Morcles, soulevant l'Ultrahelvétique sur son dos, et, deuxièmement, les Nappes des Diablerets et du Wildhorn qui viennent la recouvrir en chevauchant l'«Ecaille du Néocomien à Céphalopodes».

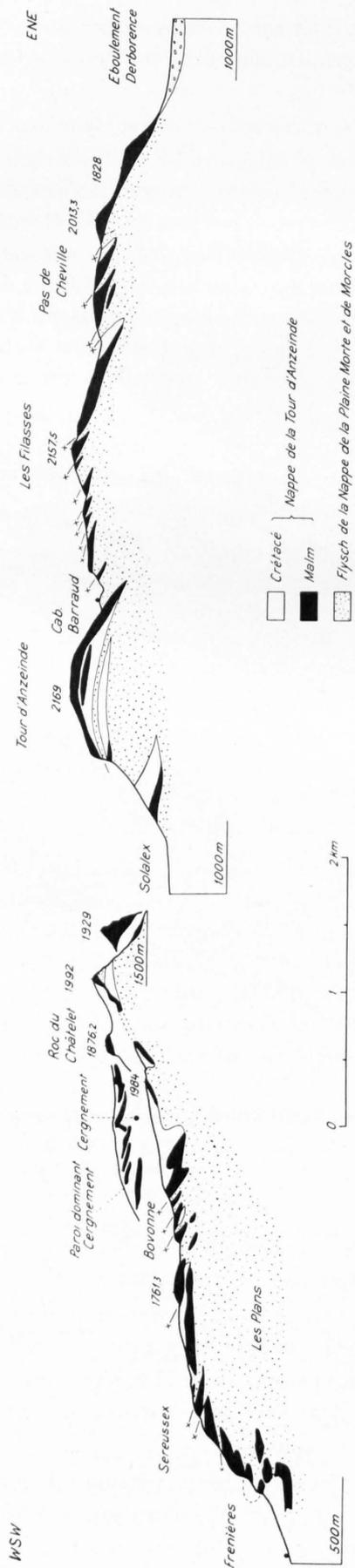


Fig. 18. Coupe ENE-WSW à travers la Nappe de la Tour d'Anzeinde montrant l'écaillage perpendiculaire aux plis de direction alpine

Dans cette phase *f*, des lambeaux des Nappes de la Tour d'Anzeinde et de Bovonne, restés sur le Flysch autochtone et parautochtone, vont être enveloppés sous les masses de ce Flysch, poussé devant la Nappe de Moreles.

g) A ce moment, les nappes ont à peu de chose près la position qu'elles ont actuellement. Alors le socle hercynien des Aiguilles Rouges se soulève en donnant à l'ensemble un plongement axial SW-NE de 30 degrés. Ce mouvement ne va pas sans provoquer des perturbations dans notre zone. Elle doit se réajuster et nous assistons à un écaillage des masses prises entre Moreles et Diablerets. Ce bouleversement qui, de Derborence, se suit jusqu'aux Plans, découpe les structures antérieures en formant des plis et des écailles d'axe perpendiculaire aux précédentes (fig. 18).

Le mécanisme de cet écaillage peut se comprendre en considérant

- 1° que les masses des Nappes des Diablerets et de Moreles sont relativement rigides;
- 2° que les masses ultrahelvétiques sont plastiques, mis à part le Malm et l'Hauterivien, qui vont se casser en se chevauchant, car ils subissent une poussée vers l'W (pour les sédiments supérieurs de la nappe). Voir la figure suivante:

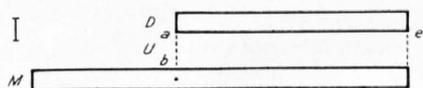
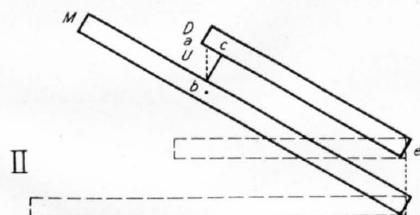


Fig. 19. Schéma montrant la cause probable de la poussée perpendiculaire à celle de direction alpine

Légende: D Nappe des Diablerets, U Nappes ultrahelvétiques, M Nappe de Moreles.
I Position des nappes avant le soulèvement axial, II position des nappes après le soulèvement.



- a*) extrémité NW de la Nappe des Diablerets.
- b*) projection du point *a*) sur la Nappe de Moreles.
- e*) point situé sur l'ensellement des Nappes helvétiques.
- c*) projection de *b*) sur la Nappe des Diablerets après le soulèvement.
- c*)-*a*) mouvement relatif de la Nappe des Diablerets par rapport à celle de Moreles. Ce mouvement explique, avec la diminution probable du volume disponible, l'écaillage des Nappes ultrahelvétiques pincées entre Moreles et Diablerets.

L'écaillage de direction perpendiculaire aux plis alpins est certainement lié à l'existence de la surcharge des Diablerets. Nous savons que la réduction à un schéma tel que nous venons de le présenter (fig. 19), d'un phénomène naturel, ne correspond que partiellement à la réalité. Il permet pourtant une tentative de compréhension.

En effet, dans la région Bex-Frenières, où la surcharge des Diablerets n'existe plus, les écailles transversales disparaissent. La figure 18 nous le montre entre Derborence et les Plans. Nous y voyons une trentaine d'écailles chevauchantes de faible amplitude, dont les plus spectaculaires sont: celles du Vallon de Chevillon (voir fig. 21), celle de la Tête à Bosset, p. 1761,3 sur les Plans et celles du Malm au N de Cergnement.

Une quantité de plis secondaires de direction NNW-SSE s'observe sur le terrain. Ils sont dus à cette dernière poussée d'ajustement.

III. Description géologique générale

Nous allons décrire très sommairement la géologie de notre terrain, en procédant de bas (W) en haut (E): soit de Bex-Lavey à Derborence. On voudra bien consulter la carte et les coupes qui préciseront beaucoup de points.

1. De Bex-Lavey à Javerne (pl. II, coupes 1 à 20)

Les pentes dominées par les sommets de la Croix de Javerne et de Gros Châtillon sont formées par une masse de Flysch parautochtone écaillée, qui a emprisonné sous elle diverses lentilles des Nappes ultrahelvétiques suivantes: Nappe de la Tour d'Anzeinde et écaille de Bovonne.

La lentille la plus inférieure est représentée par la klippe de la Tour de Duin (voir fig. 4, p. 13), masse composée de Malm reposant sur l'Oxfordien écrasé. Ce dernier sépare le Malm sommital du Valanginien qui s'étire, lui, directement sur le Flysch autochtone (probablement). Au S de la klippe, l'Oxfordien chevauche le Flysch par l'intermédiaire d'une lentille de Crétacé supérieur. (Les interprétations de M. LUGON et E. GAGNEBIN 1937, puis de G. CHAMOT 1951, sont assez différentes.)

Le pendage du Flysch est, sous la klippe, de 50 degrés vers le SSE; ce qui indique soit un cisaillement, soit une érosion du Flysch, antérieur à la venue de la Nappe de la Tour d'Anzeinde.

Les autres écailles se trouvent jusque vers 1400 m d'altitude. Des lentilles de la zone triasico-liasique de Bovonne peuvent se voir sur la rive gauche de la Croisette, vers 800 m d'altitude; puis, entre la Croisette et le torrent qui cascade sur la route forestière des Monts, à 980 m d'altitude environ. L'accès de cet affleurement est assez dangereux, mais il vaut la peine d'aller voir le Lias transformé en marbre par dynamométamorphisme.

L'arête au N de Javerne est formée par deux écailles: à la base, une écaille de la Nappe de la Tour d'Anzeinde, ployée en anticlinal étiré, est séparée de l'écaille suivante par du Flysch parautochtone écrasé, visible au N du sommet de Gros Châtillon.

Directement à l'E de Bex, un gigantesque tassement nous cache une partie de la structure interne de la montagne, mais on voit à son bord N sortir les écailles ultrahelvétiques qui forment de leur empilement toutes les pentes dominant l'Avançon. Elles viennent buter contre le Trias des Nappes de Bex-Laubhorn.

Remarquons le rôle important joué par le Crétacé supérieur dans cette région: soit qu'il forme d'importantes masses appartenant à la Nappe de la Tour d'Anzeinde, soit qu'il remplace la Nappe de la Plaine Morte à la base de l'Oxfordien.

Plusieurs écailles supérieures prises dans le Flysch helvétique nous amènent à Frenières-Les-Plans. Nous voyons le Flysch parautochtone se pincer et disparaître entre Javerne et Euzanne, tandis que la Nappe de la Plaine Morte fait son apparition.

2. De Frenières - Les Plans à Bovonne puis à Solalex (pl. II et III, coupes 21 à 32)

La Nappe de la Plaine Morte occupe toute la partie haute des pentes dominant Les Plans. Le Flysch helvétique, encore très épais, en forme la base. La Nappe de la Tour d'Anzeinde descend de Bovonne en cascade d'écailles et de plis. Un anticlinal important: celui du Roc à l'Aigle, domine Frenières. Nous remarquons l'indépendance des plis du Crétacé par rapport à ceux du Malm. Le Crétacé a glissé en formant une quantité d'écailles et de petits plis, alors que le Malm se cassait de façon assez disharmonique.

A Bovonne, relevons le petit affleurement de Flysch de La Plaine Morte, mis à jour par le ruisseau, 150 m à l'E des chalets et qui témoigne, comme bien d'autres affleurements, du dernier chevauchement vers l'WSW. Au NE de Bovonne, une colline domine l'alpage; c'est la klippe triasico-liasique de ce nom, où nous avons trouvé ce Lias spathique, si curieux, qui a permis de définir une nouvelle sous-unité de la zone Bex-Laubhorn. Celle-ci repose sur un ultime lambeau de la Nappe du Sex-Mort.

La planche III, coupe 30, nous montre l'écaille du Châtelet-Cergnement, écaille formée uniquement de Jurassique. Il est probable que le Crétacé, en replis décollés, qui forme le soubassement de cette lame, a glissé vers le NW, avant qu'elle ne vienne le recouvrir.

Le Crétacé supérieur qui disparaît au N de Frenières reparaît alors sous le Méruet.

3. Région de Solalex à Anzeinde (pl. III, coupes 34 et 35). Voir le panorama, fig. 20.

Dominant Solalex à l'E, la Tour d'Anzeinde qui a donné son nom à la nappe, est formée de replis du Flysch de Morcles, pinçant la Nappe de la Plaine Morte. Cette dernière est écaillée. Elle emprisonne un lambeau de Crétacé moyen et supérieur, qui chevauche une première zone de Malm et de Crétacé formant la base des pentes de la Tour.

La bande supérieure de Wildflysch de la Plaine Morte est recouverte par l'écaille principale de la Tour d'Anzeinde, qui forme le sommet et qui plonge vers le nord. Le Crétacé de cette écaille forme une duplication, comme nous le voyons très bien de Solalex.

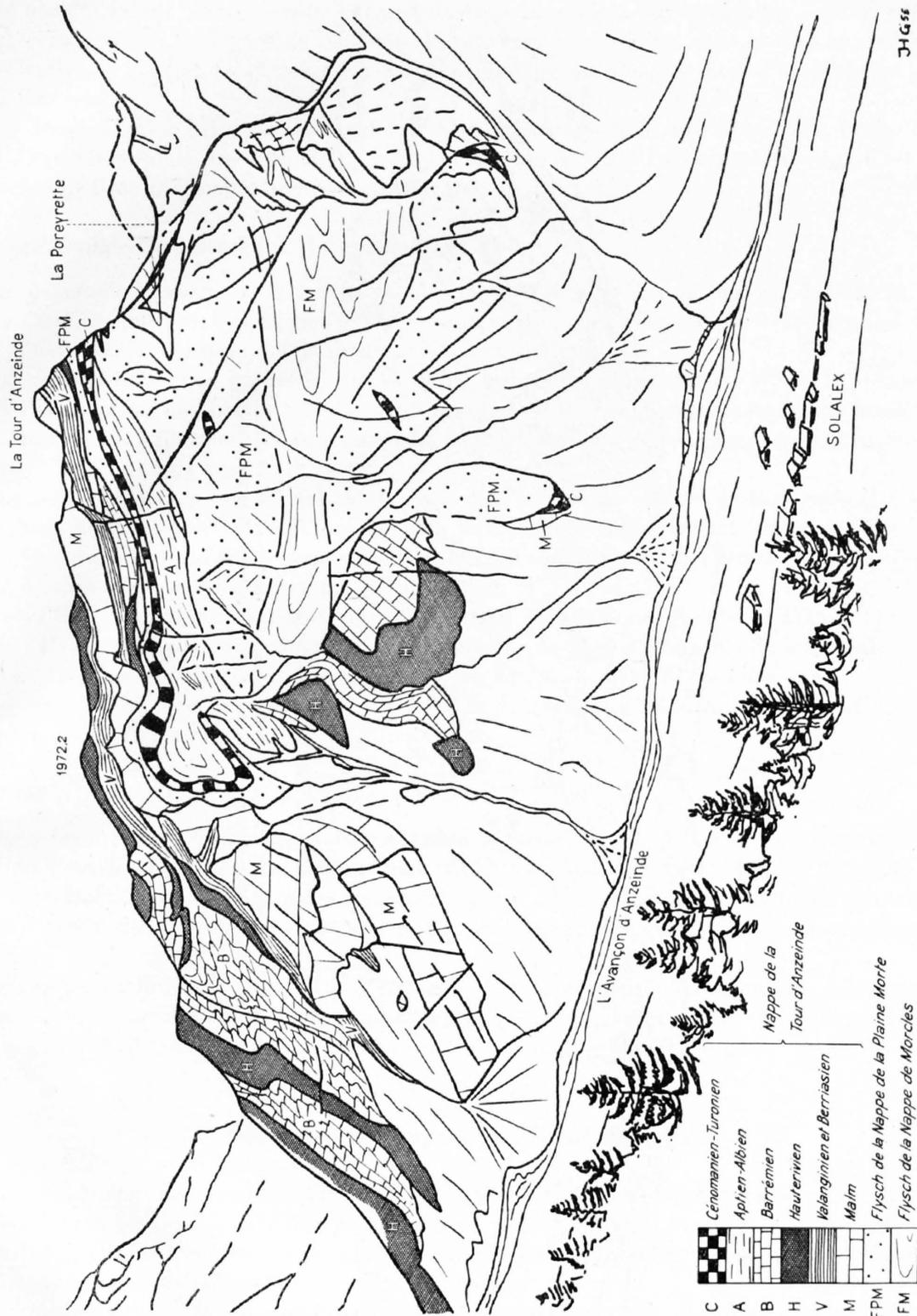


Fig. 20. Vue panoramique sur la Tour d'Anzeinde

4. D'Anzeinde à Cheville (pl. III, coupes 36, 37, 38)

La Nappe de la Tour d'Anzeinde est masquée entre Anzeinde et le Pas de Cheville, par des moraines abandonnées par le glacier descendant des Diablerets. Quelques dalles de Malm et des pointements de



Fig. 21. Panorama de Cheville

Stratigraphie: Ox = Oxfordien, M = Malm, V = Valanginien, H = Hauterivien, B = Barrémien, Ap-Ab = Aptien-Albien, C-T = Cénomannien-Turonien. Flysch de la Nappe de la Plaine Morte: Pointillé gros.

Crétacé nous montrent que cette zone, originellement horizontale, a été écaillée par l'ultime poussée tectonique vers le WSW. Le Flysch de la Plaine Morte souligne ces écailles, dont la tranche est bien visible dans le Vallon de Conche. Le Flysch de la Nappe de Morcles n'a plus que 50 m d'épaisseur au pied de la Tête à Grosjean.

Les Hauts Crots à l'E nous montrent le Crétacé inférieur écaillé, qui recouvre le Malm. Il est lui-même chevauché selon la direction alpine par les écailles de Cheville-Derborence, reprises, il est vrai, par la dernière poussée perpendiculaire aux précédentes.

5. Pas de Cheville—Derborence (pl. III, coupes 39 et 40)

Le panorama annexé, fig. 21, nous montre admirablement la zone qui va des Hauts Crots au Pas de Cheville, puis au Sex Blanc, p.1828. Nous voyons fort bien les plis et les écailles du Malm, dont E. BONNARD (1926) nous a déjà donné une description partielle.

Sur notre dessin, nous voyons les trois écailles de Cheville poussées vers l'WSW, la première qui va du Sex Blanc au Pas de Cheville, chevauchant la deuxième et sa couverture crétacée. La troisième écaille est marquée par la faille chevauchante au milieu de la paroi. Elle a pincé le Berriasien-Valanginien (V) au sommet et le Flysch à la base.

A gauche, la zone de Crétacé des Hauts Crots nous montre ses écailles de Barrémien (B), soulignées par les bandes de l'Hauterivien (H), tandis qu'au fond le Malm ferme le haut Vallon de Cheville.

Le Flysch de la Plaine Morte (gros pointillé), avec son soubassement de Crétacé supérieur (C-T), forme la base de toutes les pentes dominant, au N, le vallon.

Vers l'E, les écailles disparaissent sous l'éboulement des Diablerets (tombé en 1714 et 1749). Le ruisseau de l'éboulement nous permet quand même de voir quelques pointements de Jurassique, dont l'un, à 1800 m d'altitude, pourrait fort bien appartenir au Lias de la zone de Bovonne.

Les derniers affleurements de notre lever, à l'E, sont marqués par des lames de Crétacé supérieur du Flysch de la Plaine Morte.

6. Résumé

Nous voyons que la Nappe de la Tour d'Anzeinde forme, de Bex à Derborence, une cascade de plis et surtout d'écailles, dont certaines sont séparées par le Flysch parautochtone et par le Flysch de la Nappe de la Plaine Morte. Ces écailles sont des amas lenticulaires, discontinus, qui ont été brisés par une poussée, de l'ENE vers l'WSW, perpendiculaire à la poussée de direction alpine. Ces fragments sont souvent chevauchants.

Le Crétacé de la Nappe de la Tour d'Anzeinde marque une grande indépendance de plissement, qui contraste avec la rigidité relative des paquets de Malm. La tectonique de cet ensemble est entièrement passive, le rôle actif étant dévolu aux énormes masses écrasantes des Helvétiques.

Notes concernant les coupes géologiques, Planches II et III

Les coupes sont orientées parallèlement à une direction NE-SE, direction perpendiculaire à l'axe des plis. Ceux-ci plongent axialement de 25° environ vers le NE.

Les coupes sont disposées sur les planches en groupes tels que les verrait un observateur placé à l'infini dans la direction SW, à 30° au-dessus de l'horizon.

Les plis représentés et les masses géologiques qui les forment sont discontinus, si bien que la coupe n'est valable que près du profil topographique qui la soutient.

T R O I S I È M E P A R T I E

Quaternaire

I. Glaciation et morphologie

Comme dans toutes les régions alpines, la morphologie actuelle est celle laissée par les dernières glaciations, l'érosion due au ruissellement n'ayant fait que de petites retouches au modelé glaciaire.

Les deux profondes vallées des Avançon sont creusées: la première, d'Anzeinde à Bex, dans les terrains tendres de la zone Bex-Laubhorn, la seconde, de Nant à Frenières, où le glacier provenant du Mueran et des Dents de Moreles burinait profondément le Flysch des Nappes de Morcles et de la Plaine Morte.

On voit très bien, dans la haute vallée de l'Avançon d'Anzeinde, les traces de deux vallées en auges superposées; la première à 1400 m d'altitude, laisse des banquettes au Fratchy et à la Porreyre, la deuxième abandonne à 1200 et 1280 m d'altitude deux moraines latérales assez continues, alors qu'au fond de la vallée actuelle en U, creusée par la dernière offensive glaciaire post-wurmienne, se trouve une multitude de vallums frontaux successifs. Ceux-ci témoignent d'un retrait glaciaire discontinu, à partir d'un maximum où le front du glacier était entre Bex et le Bévieux.

Les glaciers locaux ont occupé chacune des vallées latérales où les vallums longitudinaux et frontaux sont fréquents.

Le flanc droit de la vallée du Rhône s. str. est presque entièrement fait de matériel rhodanien jusque vers 650 m d'altitude. Au maximum wurmien, le glacier du Rhône a laissé des blocs de cristallin et de poudingue permien jusqu'à 1600 m d'altitude à 1 km au N de l'alpage de Javerne. Chose à signaler, la crête descendant de Gros Châtillon vers le Bévieux ne semble pas avoir été retouchée par le glaciaire local. On y trouve les blocs erratiques rhodaniens en grand nombre. Notons que, contrairement à ce que marquait M. LUGEON sur sa carte (1940), il n'est pas possible de distinguer le glaciaire rhodanien du glaciaire local, puisque ce dernier a souvent repris ou recouvert les matériaux déposés par le premier.

La partie NE des collines de Chiètres, enfin, montre un glaciaire aberrant qui n'est presque composé que de débris de Flysch. Les cailloux de glaciaire rhodanien (cristallin) y sont très rares. Je n'en ai trouvé que deux, d'un décimètre cube environ, sur les flancs de la klippe de la Tour de Duin.

Quelques phénomènes remarquables

1. Existence de lacs de barrage glaciaires

La moraine est parfois stratifiée avec une grande régularité, comme on le voit sous Plan Pécard, en face de Gryon. Nous y avons fait une coupe qui nous a montré des strates de matériaux très bien triés, comprenant: des argiles sableuses, des sables, des graviers, des argiles et des blocs, tous en bancs horizontaux. Nous voyons là l'indice de l'existence d'un grand lac de barrage glaciaire, seule explication d'un phénomène aussi curieux en un tel endroit. La vallée de l'Avançon d'Anzeinde, partiellement libérée de son glacier, a dû être barrée par celui de la vallée de l'Avançon de Nant. Des blocs, prisonniers des glaces, se détachaient des icebergs fondants, qui flottaient sur ce lac, et formaient sur le fond des lits horizontaux de gros blocs atteignant 1 m³ et plus.

2. Epaisseur de la calotte glaciaire à Anzeinde

Sur le sommet N de la Tour d'Anzeinde, l'épaisse calotte glaciaire qui couvrait la région a laissé un témoin: c'est un bloc de l'Hauterivien helvétique, posé sur le faite de l'arête dominant aujourd'hui le pâturage d'Anzeinde de 250 m.

3. Ancien cône de déjection

Nous pouvons enfin mentionner que sur le glacier qui remplissait la vallée de l'Avançon d'Anzeinde jusqu'à l'altitude de 1200 m sur les Pars, un magnifique cône de déjection torrentiel latéral s'était formé. Ce cône venait buter contre le glacier. Il n'est aujourd'hui plus fonctionnel et une gorge s'est creusée dans son axe. Le torrent qui la traverse (Nant de Bovonne) a construit un nouveau cône dans le fond actuel de la vallée, aux Pars même.

Un phénomène semblable s'est produit sur le flanc de la vallée du glacier de Nant, en face de Frenières, pour le torrent de l'Ivouette.

II. Phénomènes post-glaciaires et récents

1. Erosion

Les torrents ont creusé leur lit dans le matériel morainique abandonné par les glaciers. Ce faisant, ils ont comblé les dépressions de surcreusement derrière les verrous et derrière les moraines frontales. Il se forme ainsi des étendues plates, comme le pâturage de Cergnement, et la plaine des Plans.

Les amas morainiques et lacustres sont aujourd'hui détruits par une intense érosion, en formant les «rouvines»¹⁾, éraillures, burinées par l'eau, sur le flanc des vallées.

Les cônes de déjection torrentiels sont nombreux et importants au Bévieux, et surtout entre le Bévieux et Lavey où ils ont rempli l'ancienne vallée d'un bras du Rhône, creusé au moment où le glacier remplissait encore la cuvette de St-Maurice. Ce n'était pas le cours principal du Rhône; il aurait fallu, en effet, que ce bras ait taillé une gorge de 165 m de profondeur avec une largeur de seulement 250 m. Contrairement à ce que pensait M. LUGÉON (1901), il me semble bien improbable qu'un tel fait ait pu se produire dans des terrains aussi meubles que ceux du Flysch. Cela impliquerait des versants d'une inclinaison de 50 à 60 degrés, pente trop forte pour ces roches relativement tendres.

D'autre part, l'obstruction des gorges par les cônes de la Croisette et du Courset aurait formé un lac à la cote de 560 m environ dans la région amont de St-Maurice. Nous n'en connaissons pas les traces.

2. Eboulements et éboulis

Ces formations sont fréquentes à la base des flancs des vallées.

3. Ecrolements

Les écroulements post-glaciaires sont importants et spectaculaires, tels ceux de Solalex, chute de l'Urgonien selon une strate qui nous a donné le Miroir de l'Argentine. Cet écroulement a barré la base de la vallée en aval de Solalex. Il a déterminé, en amont, par alluvionnement de l'Avançon, la grande plaine du pâturage. Ce phénomène est probablement historique: «Entre le Sex-d'Argentine et la pente des Vans, qui s'abaisse du Diableret septentrional à la plaine, est située une grande contrée mêlée de pâturages à vaches et de bois, qui s'appelle En-Solalex, et dont je ne connais pas le nombre d'ouvriers²⁾, mais elle est de quelque cent. Les chutes de montagne, surtout depuis le Sex-d'Argentine, ont beaucoup endommagé ces bois...³⁾»

¹⁾ Nom régional donné à ces éraillures.

²⁾ Mesure de surface.

³⁾ Travail de HALLER entre 1754 et 1761, publié en 1782, intitulé «Description courte et abrégée des Salines du Gouvernement d'Aigle, au canton de Berne». MDCCLXXXII (p.121/122).

Comme DE HALLER a parcouru ces régions entre 1754 et 1761, il est très probable que l'éroulement a eu lieu quelques années auparavant.

A signaler le tassement du Méruet sur la Benjamine, et, en face de Cergnement, sous les Blettes, un tassement post-glaciaire important qui a recouvert le glaciaire de ses débris et, peut-être, obstrué un bras ancien de l'Avançon. On peut voir les traces de cette petite gorge, le long de la route, sous En Matélon. Ce tassement est encore en mouvement.

Enfin toute la masse de Les Monts—Les Verneys à l'E, entre le Bévieux et le Châtel, s'est tassée en déterminant une gigantesque niche d'arrachement de 2,5 km de long et dont la paroi a 200–250 m de hauteur. Cette masse est fragmentée en plusieurs bandes parallèles à la vallée du Rhône et qui jouent indépendamment les unes des autres. La présence de gypse au mur du tassement en est peut-être la cause. Mais, comme le gypse affleure encore en paroi au pied du versant, il me semble possible que sa présence soit due à une extrusion plastique, sous l'effet de la masse qu'il supporte.

4. Les sources

Les sources très nombreuses sont, pour la plupart, des sources d'éboulis sur glaciaire, ou des sources de moraines. Celles dues à la nappe phréatique sont fréquentes le long des torrents. Enfin, certaines sources, comme celle, importante, du Malm au-dessus d'En-Matélon, sont des résurgences qui suivent les diaclases du calcaire, reposant ici sur les marnes arénacées du Valanginien.

Certaines sources du Flysch obéissent aux mêmes lois. Aucune d'entre elles ne semble posséder une grosse réserve, sauf celles du vallon de Cheville, celle de la Benjamine, celle d'En Matélon, celle des Perrier-Blanc, celle du fond de Javerne et celle, captée, de la Dreusine.

Les sources sulfureuses existent à proximité du Trias, comme dans les gorges de l'Avançon en face d'En Matélon, où le filet d'eau sort du Malm. Celles des gorges au S, sous Fontana-Seula, en amont du pont supérieur, ont un gros débit. Elles jaillissent au niveau du torrent, sur sa rive droite.

Résumé général

La région étudiée dans ce travail est comprise entre Bex et Lavey à l'W et Derborence à l'E. Ces localités se trouvent dans les Alpes vaudoises. «L'Ultrahelvétique entre Derborence et Bex» comprend un système de trois nappes pincées entre les Nappes helvétiques de Morcles et des Diablerets–Wildhorn. Quelques lambeaux d'Ultrahelvétique sont pincés sous le Flysch parautochtone charrié à l'avant de la Nappe de Morcles. Nous décrivons en premier lieu le Flysch parautochtone, Flysch à éléments conglomératiques de roches effusives (porphyrites arborescentes). Ce Flysch a été charrié à l'avant de la Nappe de Morcles, sur le domaine helvétique autochtone, en emprisonnant des lames de Nappes ultrahelvétiques qui s'y étaient avancées.

La Nappe ultrahelvétique la plus basse est celle de la Plaine Morte, constituée uniquement par du Flysch à faune priabonienne. A sa base se trouvent des lentilles tectoniques de Crétacé supérieur, arrachées à la surface de la Nappe de la Tour d'Anzeinde, qui la surmonte aujourd'hui.

La Nappe de la Tour d'Anzeinde comprend une série continue du Callovo-Oxfordien au Crétacé supérieur, avec de courts épisodes d'émersion un peu saumâtre au Berriasien. La zone de Bovonne, qui comprend un Trias et un Lias spathique puis siliceux, recouvre la Nappe précédente de façon très sporadique.

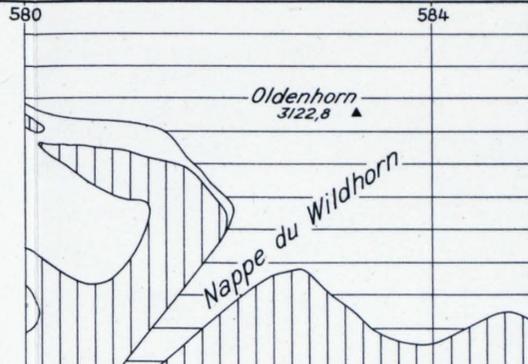
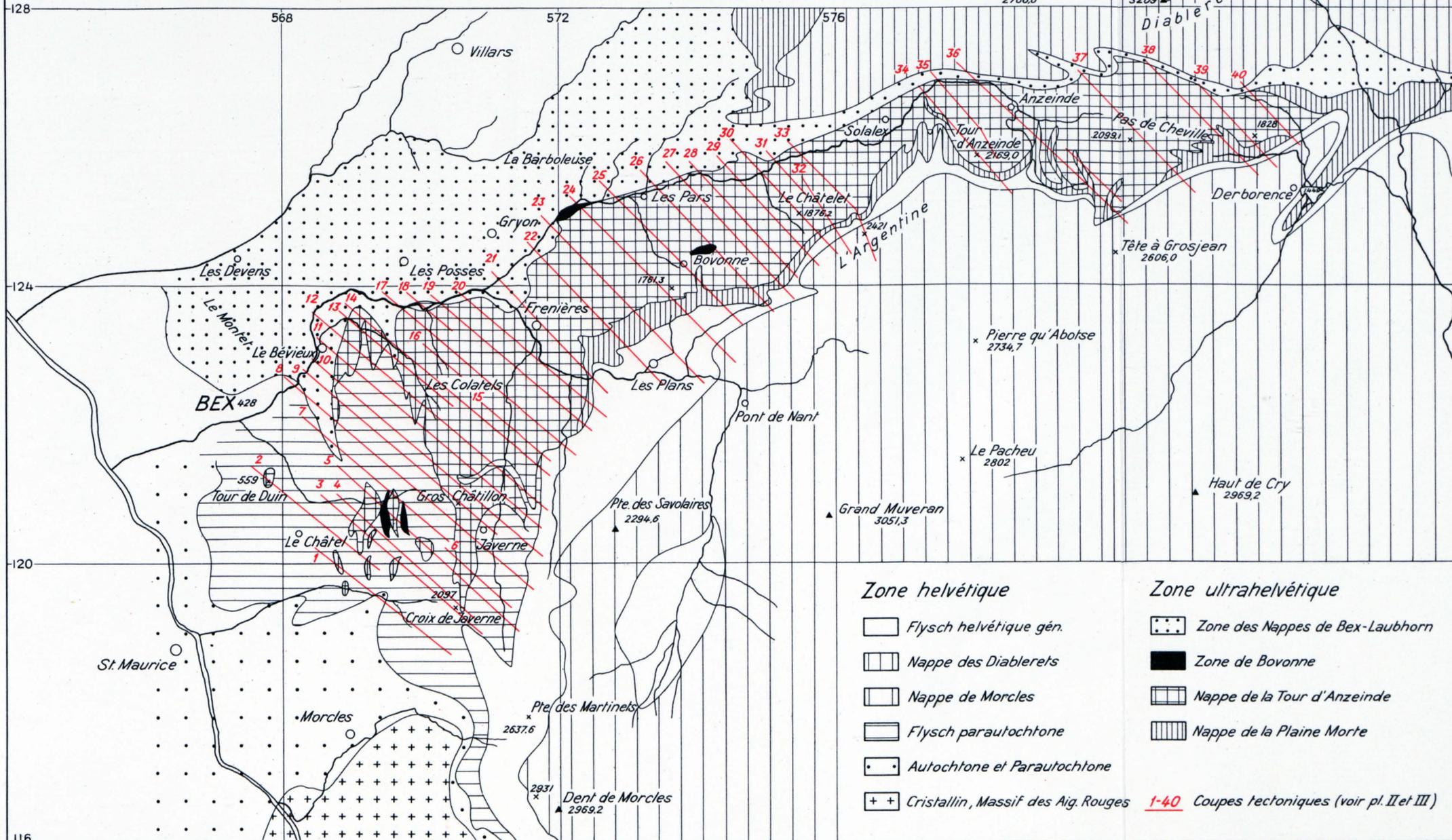
Les Nappes de la zone Bex–Laubhorn, Trias et Lias profond, Dogger profond, recouvrent les précédentes.

L'axe des plis est celui de la direction alpine générale, mais un réajustement dû à la relevée des axes sous l'effet des soulèvements tardifs des massifs hercyniens a provoqué un écaillage dû à une poussée de l'WNW vers l'ESE, qui a rompu les plis précédents en compliquant énormément la tectonique de la région. Celle-ci est déterminée par l'interférence de deux poussées perpendiculaires.

Planche I
ESQUISSE TECTONIQUE

par
J.H.GABUS

1:75 000



- | | |
|------------------------------------|---|
| Zone helvétique | Zone ultrahelvétique |
| Flysch helvétique gén. | Zone des Nappes de Bex-Laubhorn |
| Nappe des Diablerets | Zone de Bovonne |
| Nappe de Morcles | Nappe de la Tour d'Anzeinde |
| Flysch parautochtone | Nappe de la Plaine Morte |
| Autochtone et Parautochtone | |
| Cristallin, Massif des Aig. Rouges | 1-40 Coupes tectoniques (voir pl. II et III) |

Planche II
Coupes géologiques

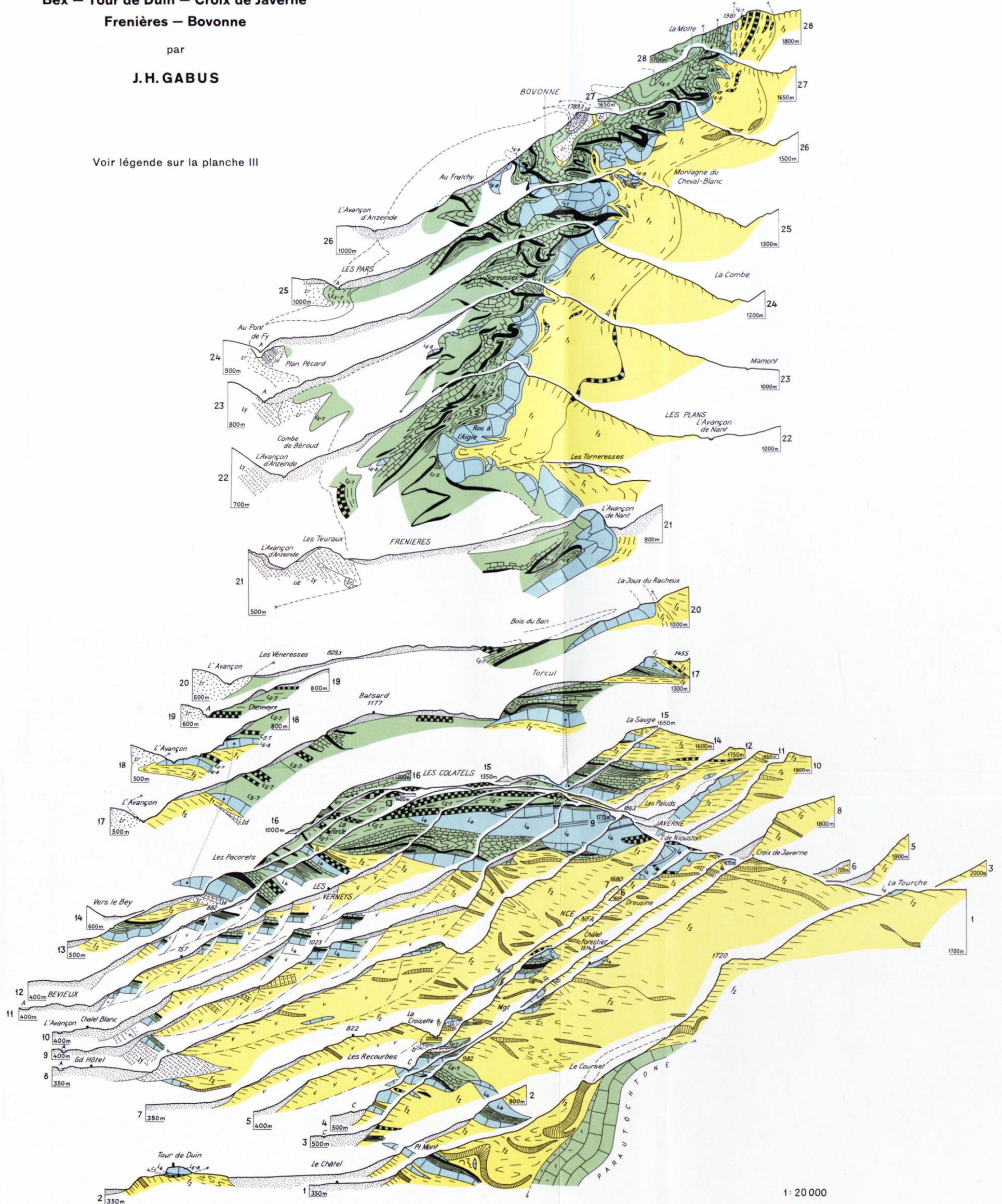
Bex — Tour de Duin — Croix de Javerne
Frenières — Bovonne

par
J.H. GABUS

Voir légende sur la planche III

NW

SE



1: 20 000

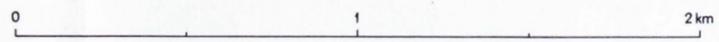


Planche III

Coupes géologiques

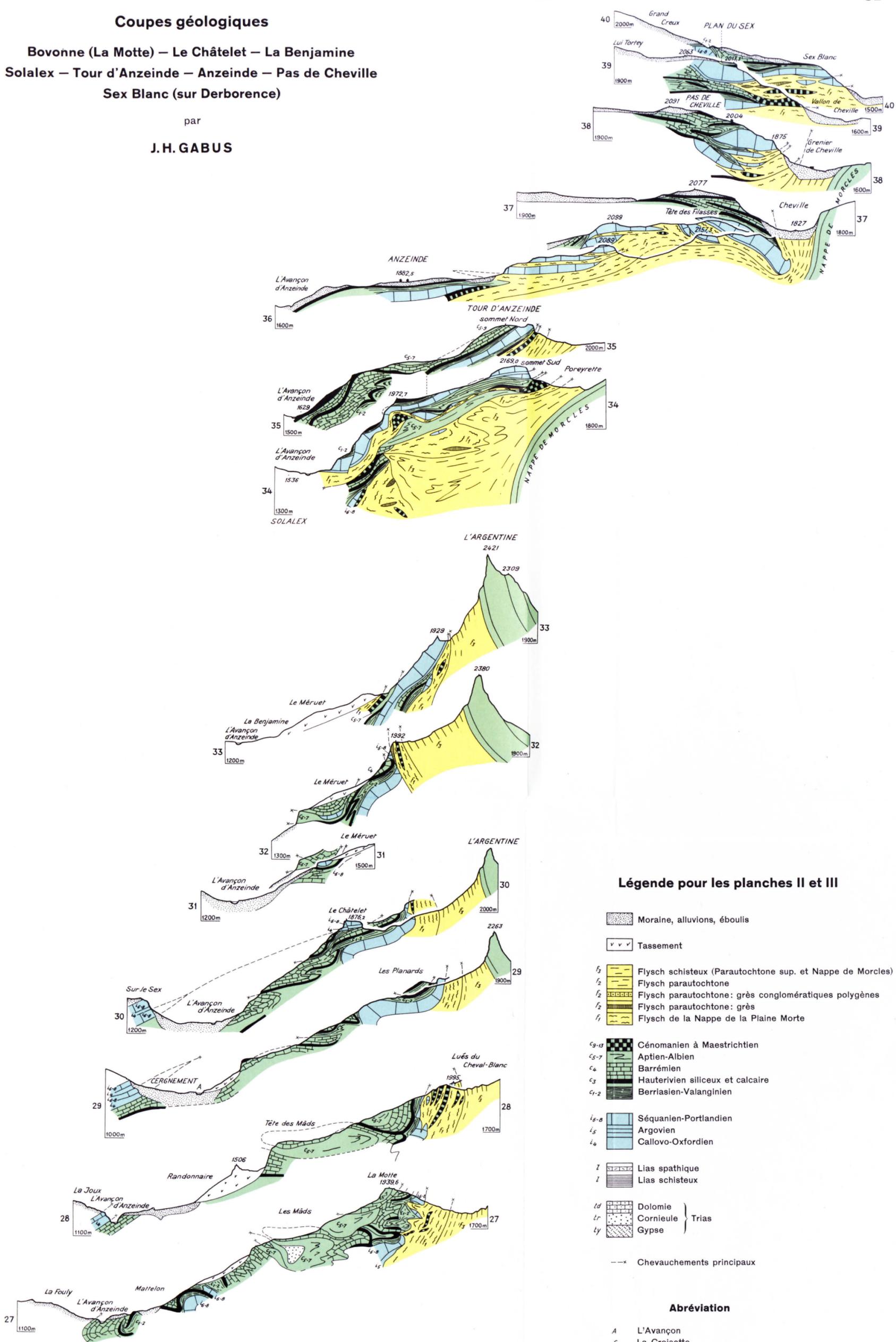
Bovonne (La Motte) – Le Châtelet – La Benjamine
 Solalex – Tour d'Anzeinde – Anzeinde – Pas de Cheville
 Sex Blanc (sur Derborence)

par

J. H. GABUS

NW

SE



Légende pour les planches II et III

- Moraine, alluvions, éboulis
- Tassement
- Flysch schisteux (Parautochtone sup. et Nappe de Morcles)
- Flysch parautochtone
- Flysch parautochtone: grès conglomératiques polygènes
- Flysch parautochtone: grès
- Flysch de la Nappe de la Plaine Morte
- C₉₋₁₃ Cénomanien à Maestrichtien
- C₅₋₇ Aptien-Albien
- C₆ Barrémien
- C₃ Hauterivien siliceux et calcaire
- C₁₋₂ Berriasien-Valanginien
- i₆₋₈ Séquanien-Portlandien
- i₅ Argovien
- i₄ Callovo-Oxfordien
- l Lias spathique
- l' Lias schisteux
- td Dolomie
- tr Corniule
- ty Gypse
- x Chevauchements principaux

Abréviation

- A L'Avançon
- C La Croisette
- GC Gros Châtillon
- Mgt Roc de Margentone
- NCE Nant de Creux d'Enfer
- NFA Nant de la Fontaine aux Agneaux
- UE Usine électrique

1:20000

