

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, 95^e livraison

125^e livraison de la collection entière

La nappe du Niesen et ses abords entre les Ormonts et la Sarine

Avec 28 figures et 2 planches

Par

R. B. McConnell

BERNE

En commission chez Kümmerly & Frey S. A., Editions géographiques, Berne

1951

Imprimé par Stämpfli & Cie

Préface de la Commission Géologique Suisse

Le manuscrit du travail de M. McCONNELL sur «La nappe du Niesen et ses abords entre les Ormonts et la Sarine», accompagné de deux planches et de nombreuses figures dans le texte fut présenté à la Commission Géologique Suisse dans sa séance du 2 décembre 1950, l'auteur ayant demandé qu'il soit inséré dans les «Matériaux pour la Carte Géologique de la Suisse».

Cette thèse est le résultat de recherches effectuées il y a plus de 20 ans. Pour diverses raisons dont on trouvera l'exposé détaillé dans l'«Avant-propos» de l'auteur, le travail n'a pu être mis sous presse avant ce jour. La Commission décida en séance même de le publier et cette décision lui fut d'autant plus aisée à prendre que M. McCONNELL s'était très obligeamment déclaré prêt à couvrir les frais d'impression. La Commission tient à lui en exprimer ses vifs remerciements. Elle sait gré également à M. le professeur MAURICE LUGEON d'avoir pris la peine de revoir le texte de l'auteur ainsi qu'à M. le professeur AUGUSTIN LOMBARD, chargé par la Commission des levers de toute la nappe du Niesen, d'avoir, en 1950, modifié son plan de travail et consacré de nombreuses journées pour compléter la carte de M. McCONNELL dans la région comprise entre la vallée de l'Etivaz et le col des Mosses.

Les fossiles récoltés, les spécimens et les coupes minces se rapportant à ce travail sont déposés au Musée géologique de Lausanne.

La Commission déclare que l'auteur seul est responsable du contenu du texte et des dessins.

Bâle, le 3 décembre 1950.

Pour la Commission Géologique Suisse:

Le président:

A. BUXTORF, prof.

Le secrétaire:

O. P. SCHWARZ

Avant-propos

Les recherches sur le terrain, dont les résultats sont exposés ici, ont commencé en 1926 jusqu'en 1927. Nous avions presque terminé les levers de la carte géologique au 1 : 25 000 lorsque j'ai dû interrompre mon étude. Ce travail avait été entrepris comme suite aux recherches de mon ami Andrau dans la région du Pic Chaussy (79, 82), selon le conseil de notre maître M. MAURICE LUGEON.

Ce mémoire fut presque entièrement rédigé en 1935 avec l'aide précieuse de mon deuxième maître, ELIE GAGNEBIN, mais sa publication demandait encore quelques précisions. Elle fut donc différée. Entre temps j'ai dû partir pour l'Afrique et la guerre étant survenue, ce n'est qu'en 1946 que j'ai pu retourner en Suisse et compléter les recherches.

Mais durant ce temps, pendant mon absence, la connaissance des Alpes suisses a progressé à grands pas. Il faut se rappeler qu'au début de mon travail le Flysch du Niesen était considéré comme éocène dans son entier, sans preuve péremptoire, mais parce qu'il était d'usage de considérer comme tertiaire tous les sédiments alpins possédant le faciès Flysch.

Puis il se fit une série d'autres découvertes apportant des modifications importantes à ce que l'on pensait il y a un quart de siècle en arrière. En conséquence mon texte primitif a dû être profondément transformé, et je livre aujourd'hui les résultats de mes recherches alors même qu'elles ne sont pas entièrement terminées, dans le sentiment que ce que j'apporte ne peut indéfiniment rester dans l'ombre.

Je ne pouvais guère, vivant très au loin et sans avoir du temps à ma disposition, sans mes collections et sans pouvoir suivre au jour le jour les progrès qui s'accomplissaient dans la connaissance des Alpes suisses, donner un texte qui aurait été en quelque sorte démodé. C'est alors qu'ELIE GAGNEBIN est venu à mon secours en me proposant de rajeunir, si l'on peut dire, mes observations en établissant un texte révisé conforme aux idées actuelles. Ce travail était très avancé lorsque sa mort, le 16 juillet 1949, a enlevé à la science ce grand géologue. Qu'allait devenir mon œuvre? Mon maître, M. MAURICE LUGEON, s'est alors chargé de la suite avec un libéralisme, devant lequel je m'incline. J'ai pu discuter avec lui des modifications apportées durant un court séjour que je fis en Suisse durant l'hiver 1949-1950. Non seulement il a pu revoir mon texte au point de vue rédactionnel, la langue française n'étant pas la mienne, mais en me laissant interpréter des faits parfois d'une manière différente de la sienne. C'est, il est vrai, ainsi qu'on le verra, une région alpine localement tourmentée où la nature a tendu de nombreux pièges.

L'important, m'a-t-il dit, ce sont vos observations, mais les faire connaître sans chercher à les expliquer serait contraire au progrès scientifique, et il est fort utile pour l'avenir que chacun donne son opinion.

Il est, par conséquent, très doux pour moi de remercier ces deux savants dont la vie avait fait un père et un fils. Toujours ils m'ont encouragé et aidé sans compter leur temps. Bien souvent ils m'ont accompagné sur le terrain, ont supporté avec moi les fatigues du géologue alpin; puis, en laboratoire toujours prêts à me rendre service. Je n'aurais osé me lancer dans ces recherches sans d'une part les conseils constants de M. MAURICE LUGEON et, dans la suite, sans le secours d'ELIE GAGNEBIN.

En plus de mon apprentissage de géologue dans ce laboratoire de l'Université de Lausanne où je fus accueilli alors que je n'avais que dix-sept ans, j'ai été heureux de pouvoir suivre les leçons, pendant un semestre, d'un autre élève de Lausanne, le prof. EMILE ARGAND, à l'Université de Neuchâtel. Je lui dois, à lui aussi, une vive reconnaissance pour la façon brillante dont il discutait mes trouvailles.

Je tiens aussi à remercier MM. les professeurs DÉVERIN et OULIANOFF pour les conseils et l'aide qu'ils ont bien voulu me donner pendant le cours de mon travail.

Mes camarades d'études m'ont toujours encouragé de leur amitié, de leurs conseils et par les débats que nous avons eus, particulièrement mon ami M. DE RAAF, qui depuis 1927 étudiait le Flysch du Niesen à l'E de ma région; nous avons souvent travaillé ensemble, et les faits nouveaux qu'il a découverts ainsi que les interprétations qu'il a proposées ont beaucoup influencé mes recherches. Pendant un séjour que j'ai fait au Canada, nous avons publié en commun une communication préliminaire (86), et de nouveau je dois remercier E. GAGNEBIN pour avoir bien voulu, en se servant de mes ébauches de manuscrits, rédiger ma part de cette note. La monographie de mon ami DE RAAF (100), qui apporte de précieux éclaircissements à l'étude des Préalpes, a paru en 1934.

Je dois une expression d'amitié toute spéciale à mon ami A. BERSIER qui a dessiné une première ébauche du dessin de mes coupes. Plus tard ce travail a été repris entièrement M. LUGEON.

Toujours à cause de ma vie en pays lointains, je n'avais pu parachever les levers du territoire que je m'étais astreint d'étudier, en particulier les deux versants de la vallée de l'Etivaz et la région comprise entre cette vallée et le col des Mosses. Grâce à l'initiative de M. LUGEON, M. le professeur AUGUSTIN LOMBARD, chargé par la Commission géologique d'une étude générale de la nappe du Niesen, a bien voulu, en modifiant son plan de travail, consacrer de nombreuses journées, durant l'année 1950, à combler les vides de ma carte et améliorer certains contours. Je lui suis profondément reconnaissant de son aide.

Je veux enfin exprimer mon souvenir affectueux à la mémoire d'EMILE PETERHANS, à mes anciens camarades ED. MEYER, E. POLDINI, W. CUSTER, A. AUBERT, E. ANDRAU et remercier les préparateurs du Musée de Lausanne, MM. H. LADOR et F. ROCHAT, qui m'ont rendu des services précieux.

Lausanne, février 1950.

Table des matières

	Pages		Pages
<i>Préface de la Commission Géologique Suisse</i>	III	§ 5. La base du Seeberghorn et le plateau des Moilles	29
<i>Avant-propos</i>	IV	§ 6. La Combaz d'Ayerne	29
Liste des figures dans le texte et des planches	VIII	§ 7. Conclusions sur le complexe basal	29
Index bibliographique	IX		
Introduction	1		
		Chapitre VI	
Première partie		<i>Le Flysch grés-schisteux</i>	
La nappe du Niesen		§ 1. Généralités	30
Chapitre premier		§ 2. Les grès	31
<i>Aperçu orographique et tectonique</i>		§ 3. Les calcaires	32
§ 1. Orographie	3	§ 4. Les conglomérats	33
§ 2. Tectonique d'ensemble	4	§ 5. Les schistes	33
		§ 6. Variations dans le sens vertical	33
Chapitre II		§ 7. Variations régionales	34
<i>La zone de Murgaz, noyau de la digitation du Chaussy</i>			
§ 1. Généralités	5	Chapitre VII	
§ 2. La route de Gsteig	5	<i>Le Flysch grés-calcaire</i>	
§ 3. Aussere Gründ	7	§ 1. Généralités	34
§ 4. Le Sulzgraben	8	§ 2. Les grès	35
§ 5. Du Sulzgraben au torrent du Plan	14	§ 3. Les calcaires	35
§ 6. Le rocher de Murgaz	16	§ 4. Les brèches	36
		§ 5. Les schistes	37
Chapitre III		§ 6. Variations verticales	37
<i>La zone du Wallegg, noyau de la digitation de la Palette</i>		§ 7. Variations régionales	38
§ 1. Généralités	17		
§ 2. Lentilles du Vorder Wallegg	17	Chapitre VIII	
§ 3. La région du Sulzgraben	19	<i>Le Flysch à gros bancs de conglomérat ou conglomérat</i>	
§ 4. Lentilles du Studelistand	20	<i>intermédiaire</i>	
§ 5. Conclusions sur la stratigraphie des noyaux méso-		§ 1. Généralités	39
zoïques des digitations de la nappe du Niesen	22	§ 2. Les conglomérats	39
Chapitre IV		§ 3. Les grès, les calcaires et les schistes	40
<i>Divisions stratigraphiques du Flysch du Niesen et</i>		§ 4. Variations verticales et régionales	41
<i>définitions lithologiques</i>		§ 5. Fossiles	41
§ 1. Divisions stratigraphiques	23		
§ 2. Définitions lithologiques	25	Chapitre IX	
Chapitre V		<i>Le Flysch à calcaires blancs</i>	
<i>Le complexe basal</i>		§ 1. Généralités	42
§ 1. La route de Gsteig	26	§ 2. Les calcaires blancs	43
§ 2. Coupe de Halten-Vorsass	27	§ 3. Mode d'alternance	43
§ 3. Le Sulzgraben	28	§ 4. Variations verticales et régionales	44
§ 4. Lauenenmatte	28		
		Chapitre X	
		<i>Le conglomérat moyen</i>	
		§ 1. Généralités	45
		§ 2. Le conglomérat	45
		§ 3. Les grès et les calcaires	46
		§ 4. Variations verticales et régionales	46

Chapitre XI	
<i>Le Flysch à Nodosaires</i>	
	Pages
§ 1. Généralités	48
§ 2. Composition lithologique	48
§ 3. Les conglomérats	48
§ 4. La faune	49
§ 5. Variations régionales	49

Chapitre XII	
<i>Le Flysch supérieur</i>	

Chapitre XIII	
<i>Conclusion sur la stratigraphie du Flysch du Niesen</i>	
§ 1. Définition du Flysch	52
§ 2. Caractère du Flysch du Niesen	52
§ 3. Conditions de sédimentation	53
§ 4. L'âge du Flysch du Niesen	54

Chapitre XIV	
<i>Tectonique</i>	
§ 1. Généralités	56
§ 2. La digitation du Chaussy	57
§ 3. La digitation de la Palette	59
§ 4. Conclusions	63

Deuxième partie
Le soubassement de la nappe du Niesen

Chapitre premier	
<i>Les zones d'Oudion et de Brand</i>	
§ 1. Généralités	64
§ 2. Le torrent du Plan	65
§ 3. Le torrent de la Créta	66
§ 4. Les Moilles	67
§ 5. Iserin et Brand	70
§ 6. Du Sulzgraben à Gsteig	71

Chapitre II	
<i>La zone du Flysch d'Iserin</i>	
	Pages
§ 1. Généralités	72
§ 2. L'affleurement d'Iserin	73
§ 3. Suite de la zone d'Iserin vers le SW	74

Chapitre III	
<i>Le complexe du Pillon</i>	
§ 1. Généralités	75
§ 2. Segment de Roseyres	75
§ 3. Segment des Beys	77
§ 4. Segment du Rard	79
§ 5. Segment du Griden	82
§ 6. Conclusions	83

Chapitre IV	
<i>Corrélations</i>	
§ 1. Généralités	85
§ 2. Relations des zones d'Oudion et de Brand	85
§ 3. Les unités du complexe du Pillon	87
§ 4. Conclusions	87

Troisième partie	
Les affleurements singuliers de la vallée de Meielsgrund	
Chapitre I. Introduction	89
Chapitre II. Coupe du torrent de Stalden	91
Chapitre III. Description des terrains	91
Chapitre IV. Description sommaire du groupe de Wildenboden	93
Chapitre V. Description sommaire du groupe d'Unterer Stalden	93

Liste des figures dans le texte et des planches

- Fig. 1. Le noyau cristallin de la nappe du Niesen affleurant au bord de la route cantonale à 1 km au N de Gsteig.
- » 2. Coupe schématique de la zone de Murgaz, au bord de la route cantonale, à 1 km au N de Gsteig.
 - » 3. Coupe de l'éraillure dominant Äussere Gründ près de Gsteig.
 - » 4. Coupe schématique générale du Sulzgraben.
 - » 5. Coupe à la base de la série des schistes brillants dans le Sulzgraben.
 - » 6. Coupe du ravin principal du Sulzgraben.
 - » 7. Coupe montrant le détail du sommet de la série des schistes brillants. Rive droite du Sulzgraben.
 - » 8. Coupe du ravin tributaire du Sulzgraben.
 - » 9. Plan des lentilles de la zone de Wallegg à Vorder Wallegg.
 - » 10. La petite lentille de la zone de Wallegg.
 - » 11. Lentille de la zone de Wallegg à 1660 m d'altitude.
 - » 12. Coupe d'une lentille de la zone de Wallegg dans le ravin de Sulzgraben à 1620 m d'altitude.
 - » 13. Lentille de Studelistand (zone de Wallegg) à 1770 m d'altitude.
 - » 14. Troisième lentille de Studelistand, zone de Wallegg, à 1770 m d'altitude.
 - » 15. Lentille au SW de Studelistand.
 - » 16. La transgression du Flysch sur le Trias. Bord de la route cantonale à 1 km au N de Gsteig.
 - » 17. Conglomérat intermédiaire à gros blocs de grès polygénique. Kleinstand près du Witenberghorn.
 - » 18. Détail de stratification dans le Flysch à calcaire blanc de Meielsgrat.
 - » 19. Conglomérat moyen.
 - » 20. Bloc de calcaire à Aptychus dans le conglomérat moyen. Environs du lac Lioson.
 - » 21. Versant sud-ouest de la Tornette, montrant le chevauchement du pli inférieur de la digitation de la Palette sur la digitation du Chaussy.
 - » 22. Paroi du Tarent, vue du sommet du Taron ou Châtillon.
 - » 23. Paroi nord de la Tornette, vue du point 1872 près Toumalay, montrant la charnière du pli inférieur de la digitation de la Palette.
 - » 24. Le Stef, haute vallée de l'Eau Froide, montrant la charnière frontale du pli inférieure de la Palette.
 - » 25. La Cape au Moine, vue du WSW. Replis du flanc renversé du pli supérieur de la digitation de la Palette.
 - » 26. Paroi de la Cape au Moine-Le Pas. Replis dans le conglomérat moyen du flanc renversé du pli supérieur de la digitation de la Palette.
 - » 27. Coupes à travers de soubassement de la nappe du Niesen.
 - » 28. Affleurements de Meielsgrund.

Planche I: Carte géologique de la nappe du Niesen entre les Ormonts et la chaîne de la Gummfluh. 1:25 000.

Planche II: Coupes géologiques sériees de la nappe du Niesen entre les Ormonts et la Sarine. 1:25 000.

Index bibliographique

1. 1809 **L. von Buch**: Reise über die Gebirgszüge der Alpen zwischen Glaris und Chiavenna, im August 1803. *Berliner Magazin für die neuesten Entdeckungen in der gesamten Naturkunde*, 3. Jahrg., p. 102-122. Berlin.
2. 1821 **W. Buckland**: Mémoire sur la structure géognostique des Alpes, etc. *Journal de Physique, de Chimie, d'Histoire naturelle et des Arts*, t. 93. Paris.
3. 1821 **H. Buckland**: Structure of the Alps. *Annals of Philosophy*. June 1821.
4. 1823 **H. Bakwell**: Travels.
5. 1834 **B. Studer**: Geologie der westlichen Schweizer Alpen. Heidelberg et Leipzig 1834.
6. 1848 **R. I. Murchison**: Geological Structure of the Alps. *Quart. Journ. Geol. Soc.*, vol. V, p. 157.
7. 1853 **B. Studer**: Geologie der Schweiz. Vol. II. Berne et Zurich 1851-53.
8. 1858 **D. Favre**: Mémoire sur les terrains liasiques et keupériens de la Savoie. *Mém. Soc. Phys. Genève*, t. XV. Genève 1859.
9. 1867 **E. Renevier**: Ammonite du Flysch d'Aigremont. *Bull. Soc. vaud. Sc. nat.*, t. IX, p. 626.
10. 1872 **B. Studer**: Index der Petrographie und Stratigraphie der Schweiz und ihrer Umgebungen. Bern.
11. 1877/78 **G. Ischer**: Blick in den Bau der westlichen Schweizer Alpen. *Jahrb. S. A. C.*, vol. XIII, p. 472-518.
12. 1878 **G. Ischer**: Über die Geologie der Niesenkette. *Verh. Schweiz. Nat. Ges.*, p. 95-98.
13. 1878 **Ph. de la Harpe**: Note sur les Nummulites des Alpes occidentales. *Actes hélv. de Bex*, p. 62 et 227.
14. 1881 **J. A. Phillips**: On the constitution and history of grits and sandstones. *Quart. Journ. Geol. Soc.*, vol. 37, p. 6-28.
15. 1884 **H. Schardt**: Etudes géologiques sur le Pays-d'Enhaut vaudois. *Bull. Soc. vaud. Sc. nat.*, vol. XX. Lausanne.
16. 1887 **E. Favre et H. Schardt**: Description géologique des Préalpes du canton de Vaud et du Chablais jusqu'à la Dranse et de la chaîne des Dents du Midi. *Mat. Carte géol. Suisse*, livr. XXII. Berne.
17. 1890 **E. Renevier**: Monographie géologique des Hautes Alpes vaudoises et parties avoisinantes du Valais. *Mat. Carte géol. Suisse*, livr. XVI.
18. 1891 **H. Schardt**: Excursion de la Société géologique suisse dans les Préalpes fribourgeoises et vaudoises avec récit de l'excursion. *Ecl. géol. Helv.*, vol. II, p. 528-569. Lausanne 1890-1892.
19. 1891 **Ch. Sarasin**: Die Conglomerate und Breccien des Flysch in der Schweiz. *N. Jahrb. f. Miner.*, Beilageband VIII, p. 180-215. Stuttgart 1893.
20. 1893 **H. Schardt**: Sur l'origine des Alpes du Chablais et de Stockhorn en Savoie et en Suisse. *C. R. Acad. Sc.*, novembre 1893. Paris.
21. 1893 **H. Schardt**: L'origine des Préalpes romandes. *Arch. Genève*, 3^e période, vol. XXX, p. 570-583.
22. 1894 **M. Bertrand**: Structure des Alpes françaises et recurrence de certains faciès sédimentaires. *Cong. géol. int.*, C. R., 3^e partie, VI^e session. Zurich.
23. 1894 **E. Haug**: L'origine des Préalpes romandes et les zones de sédimentation des Alpes de Suisse et de Savoie. *Arch. Genève*, 3^e période, vol. XXXII, p. 154-173.
24. 1894 **Ch. Sarasin**: De l'origine des roches exotiques du Flysch. *Arch. Genève*, 3^e période, vol. XXXI, p. 254 à 256.
25. 1895 **M. Lugeon**: Sur l'origine des Préalpes et réplique de H. Schardt. *Bull. Soc. vaud. Sc. nat.*, vol. XXXI. Lausanne.
26. 1895 **P. Termier**: Sur la structure des Grès de Fontainebleau. *Bull. Soc. géol. France*, 3^e série, vol. 23, p. 344-348.
27. 1896 **M. Lugeon**: La région de la Brèche du Chablais. *Bull. Serv. carte géol. France*, t. VII, n^o 46, p. 337 à 646. Paris 1896.
28. 1896 **E. Haug**: Contribution à l'étude des lignes directrices de la chaîne des Alpes. *Ann. de géogr.*, vol. V. Paris.

29. 1896 **M. Lugeon**: La Brèche du Chablais. *Bull. Soc. vaud. Sc. nat.*, vol. XXXII. Lausanne.
30. 1897 **H. Schardt**: Les Préalpes romandes (zone du Stockhorn-Chablais). Un problème de géologie alpine. *Bull. Soc. neuchâteloise Sc. nat.*, vol. XI, p. 5-27. Neuchâtel 1899.
31. 1897 **E. Haug**: Le problème des Préalpes. *Revue générale des Sciences*, t. VIII, p. 699-705. Paris.
32. 1898 **H. Schardt**: Les régions exotiques du versant nord des Alpes suisses. *Bull. Soc. vaud. Sc. nat.*, vol. XXXIV, p. 113-129. Lausanne.
33. 1899 **E. Haug**: Les régions dites du versant nord des Alpes suisses. Réponse au Dr H. Schardt. *Bull. Soc. vaud. Sc. nat.*, vol. XXXV, p. 114-161. Lausanne.
34. 1900 **H. Schardt**: Encore les régions exotiques: Répliques aux attaques de M. Emile Haug. *Bull. Soc. vaud. Sc. nat.*, vol. XXXVI, p. 147-169. Lausanne.
35. 1900 **M. Lugeon**: Sur la découverte d'une racine de la zone des cols (Préalpes suisses). *B. S. G. Fr.*, 3^e série, vol. XXVIII.
36. 1901 **M. Lugeon**: Sur la découverte d'une racine des Préalpes suisses. *C. R. Acad. Sciences*, janvier 1901. Paris.
37. 1901 **M. Lugeon et G. Roessinger**: Sur la géologie de la haute vallée de Lauenen (Préalpes et Hautes Alpes bernoises). *Arch. des Sc. phys. et nat. Genève*, 4^e période, vol. XI.
38. 1902 **M. Lugeon**: Les grandes nappes de recouvrement des Alpes du Chablais et de la Suisse. *B. S. G. Fr.*, 4^e série, vol. I, p. 723-825.
39. 1904 **Fr. Jaccard**: La région de la Brèche de la Hornfluh (Préalpes bernoises). *Bull. lab. géol. Univ. Lausanne*, n^o 4.
40. 1904 **G. Roessinger**: La zone des cols dans la vallée de Lauenen (Alpes bernoises). *Bull. Soc. vaud. Sc. nat.*, vol. XL.
41. 1906 **Ch. Sarasin et L. Collet**: La zone des cols dans la région de la Lenk et Adelboden. *Arch. des Sc. phys. et nat. Genève*, 4^e période, vol. XXI.
42. 1906 **R. Renevier**: Sur la brèche cristalline des Ormonts. *Eclog. geol. Helv.*, t. 9, p. 120-121.
43. 1906 **M. Lugeon**: A propos de la note de MM. Sarasin et Collet sur «la zone des cols dans la région de la Lenk et d'Adelboden». *B. S. G. Fr.*, 4^e série, vol. VI, p. 191.
44. 1906 **F. Jaccard**: Bélemnite dans le Flysch de la Tornettaz. *C. R. Soc. vaud. Sc. nat.*, 17 octobre.
45. 1907 **Ch. Sarasin et L. Collet**: La zone des cols et la géologie du Chamossaire. *Arch. des Sc. phys. et nat. Genève*, vol. XXIV, p. 586.
46. 1907 **Fr. Jaccard**: La région Rubli-Gummfluh (Préalpes médianes). *Bull. lab. géol. Univ. Lausanne*, n^o 11.
47. 1908 **M. Lugeon**: A propos de la note de Sarasin et Collet sur la zone des cols et la région du Chamossaire. *Bull. Soc. vaud. Sc. nat.*, vol. XLIV, p. 35.
48. 1908 **Ch. Sarasin et Collet**: La tectonique des Préalpes internes, réponse à M. Lugeon. *Bull. Soc. vaud. Sc. nat.*, vol. XLIV, p. 43.
49. 1908 **M. Lugeon**: Tectonique des Préalpes internes. Réponse à MM. Sarasin et Collet. *Bull. Soc. vaud. Sc. nat.*, vol. XLIV, p. 57.
50. 1909 **F. Jaccard**: Blocs de la Brèche polygénique du Flysch du Niesen. *P. V. Soc. vaud. Sc. nat.*, 2 juin, p. 10/11.
51. 1910 **W. Paulcke**: Tertiär im Antirhätikon und die Beziehungen der Bündnerdecke zur Niesenflyschdecke und der helvetischen Region. *Centr. Bl. f. Min., Geol. u. Pal.*, n^o 17.
52. 1911 **E. Argand**: Les nappes de recouvrement des Alpes occidentales. Essai de la Carte structurale, 1: 500 000 (pl. I, carte spéciale n^o 64) et profils (pl. II). *Mat. carte géol. de la Suisse*, nouv. série, livr. XXVII.
53. 1911 **P. Beck**: Geologie der Gebirge nördlich von Interlaken. *Beitr. z. geol. Karte der Schweiz*, neue Folge, XXIX. Liefg.
54. 1911 **W. Paulcke**: Tertiärfossilien aus der Niesenzone der Freiburger Alpen. *Mitt. Oberrhein. geol. Vereins*, n. F. H. H. 2.
55. 1912 **P. Beck**: Die Niesen-Habkern-Decke und ihre Verbreitung im helvetischen Faciesgebiet. *Eclog. geol. Helv.*, vol. XII.
56. 1912 **P. Beck**: Über das Substratum der medianen Präalpen und seine Beziehungen zu den Habkern- und Bündnerdecken. *Eclog. geol. Helv.*, vol. XI, p. 736-739.
57. 1912 **Jean Boussac**: Etudes stratigraphiques sur le Nummulitique alpin. *Mém. pour servir à l'explication de la carte géologique détaillée de la France*. Paris.

58. 1912 **Bailey Willis**: Report on an investigation of the geological structure of the Alps. *Smithsonian Miscellaneous Collections*, vol. LVI, n° 31.
59. 1912 **D. Trümpy**: Geologische Untersuchungen im westlichen Rhätikon. *Beitr. z. geol. Karte der Schweiz*, n. F., Liefg. 41.
60. 1912/13 **A. Jeannet**: Monographie géologique des Tours d'Aï. *Mat. carte géol. de la Suisse*, nouv. série, livr. XXXIV.
61. 1914 **M. Lugeon**: Sur la présence de lames cristallines dans les Préalpes et sur leur signification. *C. R. Acad. Sc. Paris*, vol. CLIX, p. 685/686, 16 novembre.
62. 1914 **M. Lugeon**: Sur quelques conséquences de la présence de lames cristallines dans le soubassement de la zone du Niesen (Préalpes suisses). *C. R. Acad. Sc. Paris*, vol. CLIX, p. 778, 7 décembre.
63. 1916 **M. Lugeon**: Sur l'origine des blocs exotiques du Flysch préalpin. *Eclog. geol. Helv.*, vol. XIV, p. 217-221.
64. 1916 **M. Lugeon**: Sur l'origine des blocs exotiques du Flysch. *Proc. verb. Soc. vaud. Sc. nat.*, 20 décembre.
65. 1916 **E. Argand**: Sur l'arc des Alpes occidentales. *Eclog. geol. Helv.*, vol. XIV, p. 145-191.
66. 1917 **R. Staub**: Über Faciesverteilung und Orogenese in den südöstlichen Schweizer Alpen. *Beitr. z. geol. Karte der Schweiz*, n. F., Liefg. XLVI, Abt. III.
67. 1917 **E. Gagnebin**: La tectonique des Pléiades et le problème du Wildflysch. *Bull. Soc. vaud. Sc. nat.*, Proc.-verb. p. 1-5.
68. 1918 **M. Lugeon**: Les hautes Alpes calcaires entre la Lizerne et la Kander. *Mat. carte géol. de la Suisse*, nouv. série, livr. XXX, fasc. 3, 1917.
69. 1918 **A. Jeannet**: Monographie géologique des Tours d'Aï, II^e partie. *Mat. carte géol. de la Suisse*, nouv. série, livr. XXXIV.
70. 1918 **A. Buxtorf**: Über die tektonische Stellung der Schlieren- und Niesen-Flyschmasse. *Verh. nat. Ges. Basel*, vol. XXIX, p. 270-275.
71. 1916/22 **Albert Heim**: Geologie der Schweiz.
72. 1920 **Arn. Heim**: Beobachtungen in den Préalpes internes. *Eclog. geol. Helv.*, vol. XV, p. 473-477.
73. 1920 **M. Lugeon**: Sur la géologie des Préalpes internes du Simmental. *Eclog. geol. Helv.*, vol. XVI, p. 97-102.
74. 1922 **E. Argand**: La tectonique de l'Asie. *C. R. XIII^e Congrès géol. intern. Bruxelles*, p. 171-372.
75. 1923 **M. Lugeon**: Sur la géologie du Chamossaire. *Actes Soc. helv. Sc. nat.*, II^e partie, p. 136.
76. 1924 **R. Staub**: Der Bau der Alpen. *Beitr. z. geol. Karte der Schweiz*, n. F., Liefg. LII.
77. 1924 **E. Gagnebin**: Description géologique des Préalpes bordières entre Montreux et Semsales. *Mém. Soc. vaud. Sc. nat.*, vol. 2.
78. 1925 **E. Haug**: Contribution à une synthèse stratigraphique des Alpes occidentales. *Bull. Soc. géol. Fr.*, 4^e série, t. XXV, n° 3.
79. 1927 **M. Lugeon** et **E. Andrau**: Sur la subdivision du Flysch du Niesen dans la région du Pic Chaussy (Alpes vaudoises). *Bull. Soc. vaud. Sc. nat.*, vol. LVI, p. 289-295.
80. 1927 **E. Gagnebin** et **E. Peterhans**: Les analogies des Préalpes romandes avec les nappes de l'Ubaye. *Bull. Soc. vaud. Sc. nat.*, p. 265-283.
81. 1928 **J. Tercier**: Géologie de la Berra. *Mat. carte géol. de la Suisse*, nouv. série, livr. LX.
82. 1929 **E. Andrau**: La géologie du Pic Chaussy et ses abords. *Bull. lab. géol. Lausanne*, n° 44.
83. 1929 **L. Moret**: Sur le contact du groupe exotique de Sulens. *Trav. labor. géol. Univ. Grenoble*, t. XV.
84. 1929 **M. Gignoux** et **L. Moret**: Un itinéraire géologique à travers les Alpes françaises. *Annales de l'Univ. Grenoble*. Section Sciences-Médecine, 2^e trimestre.
85. 1929 **M. Bornhauser**: Geologische Untersuchung der Niesenkette. *Mitt. Naturf. Ges. Bern*, Jahrg. 1928, p. 33-114.
86. 1929 **R. B. McConnell** et **M. de Raaf**: Communication sur la géologie de la nappe du Niesen entre le Sépey et la Lenk et sur la zone submédiane. *Eclog. geol. Helv.*, vol. XXII, n° 2, p. 95-112.
87. 1930 **E. Gagnebin**: Un fossile nouveau (*Pogocrinus Raafensis*) dans la cornieule triasique de la nappe du Niesen. *Bull. Soc. vaud. Sc. nat.*, vol. 57, p. 219-222, 1 pl. *Bull. lab. géol. Lausanne*, n° 47.
88. 1930 **L. Moret**: A propos de la signification stratigraphique des Rosalines. *C. R. somm. Soc. géol. France*, pp. 91-93.
89. 1930 **P. Viennot**: Sur la valeur stratigraphique des Rosalines. *C. R. somm. Soc. géol. France*, p. 60-62.
90. 1930 **M. Gignoux**: La tectonique des terrains salifères. Son rôle dans les Alpes françaises. *Livre jubilaire Soc. géol. France*, p. 329-360.

91. 1930 **P. Viennot**: Considérations nouvelles sur la valeur stratigraphique des Rosalines. *C. R. somm. Soc. géol. France*, p. 127-129.
92. 1932 **E. Kraus**: Über den Schweizer Flysch. *Eclog. geol. Helv.*, t. 25, p. 43-88.
93. 1932 **E. Kraus**: Der nordalpine Kreideflysch. *Geol. u. pal. Abhandl.*, Berlin.
94. 1933 **P. Arni**: Foraminiferen des Senon und Untereocäns im Prätigauflysch. *Mat. carte géol. de la Suisse*, nouv. série, livr. 65.
95. 1933 **W. Leupold**: Neue Mikropaläontologische Daten zur Altersfrage der alpinen Flyschbildungen. *Eclog. geol. Helv.*, vol. 26, n° 2, p. 295-319.
96. 1934 **M. Lugeon**: Excursion Aigle-Sépey-Diablerets. *Guide géol. suisse*, fasc. VI, p. 426-431.
97. 1934 **E. Gagnebin**: Les Préalpes et les Klippes. *Guide géol. suisse.*, fasc. II, p. 79-95.
98. 1934 **E. Argand**: La zone pennique. *Guide géol. suisse*, fasc. III, p. 149-189.
99. 1934 **E. Argand**: Excursion Viège-Saxon. *Guide géol. suisse*, fasc. VII, p. 466-470.
100. 1934 **M. de Raaf**: La géologie de la nappe du Niesen entre la Sarine et la Simme. *Mat. carte géol. suisse*, nouv. série, livr. 68.
101. 1934 **J. Pfender**: A propos du *Siderolites Vidali* Douv. et de quelques autres. *Bull. Soc. géol. France*, 5^e série, t. IV, p. 225-235.
102. 1934 **L. Moret**: Géologie du massif des Bornes. *Mém. Soc. géol. France*, n° 22.
103. 1934 **E. Gagnebin**: Notice explicative de la feuille St-Maurice (483), *Atlas géol. suisse 1:25 000*, *Comm. géol. Soc. helv. Sc. nat.*
104. 1934 **J. Pfender**: A propos du *Siderolites Vidali* Douv. et de quelques autres. *C. R. somm. Soc. géol. France*, p. 79-80.
105. 1934 **D. Andrusov**: Sur la trouvaille de *Siderolites Vidali* Douv. dans les Carpathes occidentales. *C. R. somm. Soc. géol. France*, p. 82-84.
106. 1935 **Ed. Gerber**: Neue Beobachtungen an der Basis der Niesenkette zwischen Frutigen und Adelboden. *Mitt. (Sitzungsber.) Naturf. Ges. Bern.*
107. 1938 **M. Lugeon**: Quelques faits nouveaux dans les Préalpes internes vaudoises (Pillon, Aigremont, Chamossaire). *Eclog. geol. Helv.*, vol. 31, p. 1-20.
108. 1940 **Aug. Lombard**: Sur l'écaille du Sackgraben (Soubassement de la nappe du Niesen entre Adelboden et Frutigen). *Eclog. geol. Helv.*, vol. 33, p. 1-4.
109. 1940 **M. Lugeon**: Feuille des Diablerets (477^{bis}-480) avec Notice explicative. *Atlas géol. de la Suisse au 1:25 000*, n° 19.
110. 1941 **M. Lugeon** et **E. Gagnebin**: Observations et vues nouvelles sur la géologie des Préalpes romandes. *Mém. Soc. vaud. Sc. nat.*, vol. 7, n° 1. *Bull. Lab. géol. Lausanne*, n° 72.
111. 1942 **Aug. Lombard**: Observations sur la nappe du Niesen dans le territoire de la feuille Wildstrubel-Est de la Carte nationale de la Suisse au 1:50 000. *Eclog. geol. Helv.*, vol. 35, p. 118-124.
112. 1942 **M. Lugeon**: Observation à la communication de M. Augustin Lombard et âge de la brèche du Hahnenmoos. *Eclog. geol. Helv.*, vol. 35, p. 124-125.
113. 1943 **M. Lugeon**: Une nouvelle hypothèse tectonique: la Diverticulation (Note préliminaire). *Bull. Soc. vaud. Sc. nat.*, vol. 62, n° 260, p. 301-303.
114. 1943 **M. Lugeon** et **E. Gagnebin**: Observations géologiques dans la vallée d'Adelboden (Préalpes internes et nappe du Niesen). *Eclog. geol. Helv.*, vol. 36, p. 55-58.
115. 1945 **Jean Tercier**: Le problème de l'origine des Préalpes. *Bull. Soc. fribourg. des Sc. nat.*, vol. XXXVII, p. 125.
116. 1946 **E. Gagnebin** et **K. Arbenz**: La coupe du Lauibach à Trom, près de Gstaad. *Eclog. geol. Helv.*, vol. 38, p. 394-401.
117. 1946 **Aug.** et **André Lombard**: Découverte d'une lame de cristallin à la base de la nappe du Niesen près du Hahnenmoos (Oberland bernois). *Eclog. geol. Helv.*, vol. 38, p. 385-388.
118. 1946 **Aug. Lombard**: Présence de l'Aalénien, du Cénomanién supérieur-Turonien et du Nummulitique dans la nappe du Niesen (coupe du Simmental). *Eclog. geol. Helv.*, vol. 39, p. 155-158.
119. 1946 **M. Lugeon**: A propos de la note de M. R. Barbier sur le problème de l'enracinement des Klippes de Savoie. *Bull. Soc. géol. France* (5), t. 16, p. 485-489.

Introduction

La région dont je décris ici la géologie appartient à la longue chaîne du Niesen qui s'étend du lac de Thoune, au NE, jusqu'à la vallée transversale des Ormonts, au SW, où coule la Grande Eau.

Nous en avons étudié le segment de la partie occidentale limitée à l'E par la vallée de la Sarine et à l'W par le méridien traversant le village de Vers-l'Eglise (Ormont-Dessus) et le lac Lioson, entre la Pointe de Chaussy et la Tornettaz.

Cette chaîne constitue la nappe du Niesen qui est une unité des Préalpes romandes. Elle s'intercale entre les Préalpes internes dites aussi zone interne ou zone des cols, sur laquelle elle repose, et la nappe des Préalpes médianes, sous laquelle elle s'enfonce généralement sauf dans son extrémité méridionale, dans le Massif du Chamossaire.

Dans son ensemble, la nappe du Niesen est faite de roches mésozoïques de faciès rappelant ceux de l'Ultraschiste supérieur (nappes du Laubhorn-Arveyres et du Meilleret de la zone interne). Elle est presque entièrement en Flysch du Crétacé supérieur transgressant sur une bande souvent fort écrasée, formée par des terrains allant du Jurassique supérieur au Trias et en deux points, connus à ce jour, de schistes cristallins.

Ce Mésozoïque de la base de la nappe du Niesen est souvent fort difficile à distinguer de celui constituant la partie haute de la zone interne. On peut hésiter souvent à le rattacher à l'une plutôt qu'à l'autre des unités à cause des étirements, des laminages, car les Préalpes internes sont elles-mêmes fortement tourmentées, et en conséquence très compliquées. Elles sont formées par des nappes dont les plus élevées, celles du Laubhorn, d'Arveyres et du Meilleret, sont immédiatement sous la nappe du Niesen. Ce qui fait les complications des Préalpes internes, c'est qu'elles se sont avancées les premières, que plus tard, sous elles, sont nées les nappes helvétiques (Hautes Alpes calcaires), alors que la nappe du Niesen relativement tardive passait sur elles en les laminant. Dans une note récente, M. LUGEON, le maître de la géologie alpine, a lancé une hypothèse, dite de la diverticulation, qui explique à la fois les particularités stratigraphiques de ces unités des Préalpes internes et leurs complications tectoniques, en invoquant de gigantesques glissements sur le versant d'un géanticlinal en mouvement.

A sa partie supérieure, au contact avec les Préalpes médianes, les relations de la nappe du Niesen avec sa voisine ne sont pas moins difficiles à débrouiller, mais ces difficultés sont différentes. Le bord radical des Préalpes médianes est généralement constitué par des calcaires triasiques et jurassiques s'élevant en hautes parois dont les éboulis recouvrent le contact avec la nappe du Niesen. En outre, ces masses calcaires sont discontinues, étirées et tordues, et l'espace entre leurs tronçons est généralement occupé par des vallées où les dépôts glaciaires cachent les roches en place.

En plus, le long du front de la nappe du Niesen, des lambeaux de paquets isolés de terrains divers, crétaciques, liasiques et triasiques se trouvent localement. L'ensemble de ces lambeaux avait été considéré, par notre ami M. DE RAAF, comme une digitation supérieure de la nappe, faisant en quelque sorte une liaison avec celle des Préalpes médianes et vigoureusement écrasée sous elles. Il l'avait nommé zone submédiane (86).

Dès lors M. LUGEON et E. GAGNEBIN, à la suite d'une découverte d'un petit lambeau de Trias que nous fîmes, ce dernier maître et moi-même, non loin du col des Mosses, ont été entraînés à examiner l'ensemble du problème des Préalpes à la lumière de la tectonique d'écoulement (110). Ils sont arrivés à la conception qu'une partie du Flysch dit supérieur de la nappe du Niesen pouvait appartenir aux Préalpes internes. La nappe, agissant comme le soc d'une charrue, aurait poussé devant elle une partie du sol sur lequel elle glissait et porté ce sol en avant d'elle, en constituant ce qu'ils désignent sous l'expression de

grande fenêtre mitoyenne. Ainsi les éléments de la zone dite submédiane ne proviendraient pas par le haut, ne seraient pas une digitation élevée de la nappe du Niesen, mais proviendraient par le bas, tout comme de la terre qui cherche à monter sur le soc de la charrue.

La nappe du Niesen est localisée dans l'arc suisse des Préalpes romandes. Il n'en existe aucune trace dans celui de la Savoie. Ceci n'a pu être compris que lorsque l'on a pu différencier le Flysch crétacé du Niesen de celui, éocène, de la nappe de Meilleret, soit la plus supérieure des internes.

Les raisons de cette localisation ont été étudiées par M. LUGEON et E. GAGNEBIN, et nous ne pouvons que nous ranger à leur manière de voir.

Nous ne discuterons pas de l'origine de la nappe du Niesen, à savoir où était sa racine dans l'édifice alpin, position actuellement fortement discutée, car cela nous entraînerait à une analyse sans intérêt immédiat pour notre étude. C'est très probablement par une analyse fouillée de la composition des éléments formant les brèches du Flysch que l'on pourra peut-être un jour préciser la position originelle de la nappe.

Notre étude se divise tout naturellement de par la région qu'elle décrit et les problèmes qui s'y posent en un certain nombre de parties.

Nous traiterons tout d'abord de la nappe proprement dite, puis nous considérerons le soubassement de cette nappe en cherchant à distinguer ce qui lui appartient et ce qui est du domaine de la zone des cols. Puis nous décrirons les terrains appartenant à la grande fenêtre mitoyenne, soit l'ancienne zone submédiane.

PREMIÈRE PARTIE

La nappe du Niesen

Chapitre premier

Aperçu orographique et tectonique

§ 1. Orographie

La nappe du Niesen est en majeure partie formée d'une puissante masse de Flysch et constitue, dans son ensemble, une chaîne irrégulière entre deux dépressions longitudinales qui la bordent au N et au S. De part et d'autre, au-delà de ces dépressions, se dressent des parois calcaires généralement beaucoup plus abruptes que la chaîne du Niesen, et contrastant avec elle. Au N, c'est le bord radical des Préalpes médianes, qui s'érige, dans notre segment, en muraille dans l'arête allongée de la Gummfluh. Au S, ce sont les Hautes Alpes calcaires et particulièrement le front replié de la nappe du Wildhorn. La dépression méridionale est marquée par la zone des cols, où s'entremêlent les nappes des Préalpes internes, recouvertes par la partie basale de la nappe du Niesen. La dépression nord, qui est beaucoup moins régulière, est déterminée par la réapparition, entre la nappe du Niesen et les Préalpes médianes, des terrains des Préalpes internes, en une longue hernie nommée par M. LUGEON et E. GAGNEBIN (110) la grande fenêtre mitoyenne.

Entre deux, la chaîne du Niesen apparaît très uniforme dans l'ensemble et fort variée dans le détail, avec des pentes plutôt molles et humides, couvertes de pâturages ou de forêts, affectées de nombreux glissements de terrains, et des arêtes rocheuses, essentiellement gréseuses, sèches et déchiquetées.

La zone du Niesen est, en outre, divisée par des vallées transversales, dont les rivières descendent des glaciers des Hautes Alpes calcaires et gagnent le bord externe des Préalpes. Celle qui limite notre région à l'E est la vallée de la haute Sarine, coulant vers le N de Gsteig à Gstaad et à Saanen, puis déviant vers l'WSW pour gagner, par Rougemont, Château-d'Oex et Rossinières, la dépression de la Gruyère qui la dirige de nouveau vers le N.

Du côté de l'W, la chaîne du Niesen, qui se termine au Pic Chaussy, est limitée par deux rivières divergentes: l'Hongrin, coulant vers le N pour rejoindre, après quelques détours, la Sarine en Gruyère, et la Raverette, affluent de la Grande Eau qui se jette dans le Rhône. Ces deux cours d'eau sont séparés par le col des Mosses (1448 m), territoire irrégulier, humide et mou.

La masse du Flysch du Niesen, qui, dans notre segment, occupe une largeur de 6 à 8 km, se dresse en une chaîne assez continue, à la partie méridionale de la zone. Elle domine au N la vallée des Ormonts, où coule la Grande Eau, et dessine une arête presque rectiligne, aiguë et dentelée, au haut de parois abruptes et nues. Cette arête part du Pic Chaussy (2351,4 m), à l'W, et se poursuit à l'E par le Taron ou Châtillon (2477 m), le Tarent (2548 m), qui est le point culminant, puis la Para ou Tornette (2541 m) et enfin le Cape au Moine (2351,9 m). Ces doubles noms du Tarent et de la Para proviennent des appellations différentes données à ces montagnes par les habitants de leurs versants nord et sud: aux Ormonts on dit la Para, sur le flanc nord la Tornette.

A l'E de la Cape au Moine, la chaîne est beaucoup moins régulière. Elle se continue dans l'Arnenhorn (2210,9 m), puis s'infléchit vers le S où se dresse la masse isolée de la Palette (2170,7 m) au-dessus

du col du Pillon (1550 m). Puis le faite s'abaisse vers le NE, avec les sommets du Seeberghorn (2070,8 m), du Studelistand (2028 m), du Blattistand (2019,3 m) et enfin du Wallegg (Wallegg-hörnli, 2049,9 m), qui domine la vallée de la Sarine.

Cette chaîne méridionale, où culmine la zone, envoie vers le N des ramifications importantes, séparées par des affluents de la Sarine. Au N du Taron et de la Para, c'est le petit massif irrégulier de Brenleires, limité à l'W par l'Hongrin, au NW par la dépression du col de la Lécherette (1379 m), au NE par la vallée de l'Etivaz et à l'E par le vallon de l'Eau froide. Le point culminant en est la Corne des Brenleires (1879,4 m).

La vallée de l'Etivaz entoure, plus à l'E, la montagne des Arpilles (2133 m), au N de la Cape au Moine. La Torneresse, qui creuse la vallée de l'Etivaz, prend naissance au pied de la Cape au Moine et coule d'abord vers le N, mais s'infléchit bientôt vers l'W, dessinant un demi-cercle, pour contourner la haute paroi de la Gummfluh et rejoindre la Sarine en aval de Château-d'Oex.

De l'Arnenhorn, une longue arête assez molle part vers le NNE, entre l'Etivaz et le lac d'Arnon (Arnensee) d'où sort le Tscherzisbach, qui décrit une courbe presque exactement symétrique à celle de l'Etivaz pour gagner la haute Sarine au N de Gsteig. Cette crête est à peu près rectiligne de l'Arnenhorn au Witenberghorn (2350 m); mais à partir de ce sommet elle bifurque, suivant la divergence de la Torneresse et du Tscherzisbach. Une arête descend vers le col de Jable (1884 m), au NNW, au pied de la Gummfluh; vers l'ENE, c'est le petit massif rocheux du Furggenhorn (2296,6 m) et des Staldenflühe (2262 et 2162 m), avec le Staldenhorn (1921,6 m), qui domine la Sarine.

Entre ce petit massif et l'arête de la Gummfluh se creuse le vallon longitudinal du Meielsgrund, qui descend du col de Jable vers la haute Sarine. C'est là que sont localisés, dans notre segment, les affleurements de la «grande fenêtre mitoyenne».

§ 2. Tectonique d'ensemble

Cette masse principale du Flysch du Niesen est intensément repliée, aussi bien dans l'ensemble que dans le détail.

L'ensemble se divise en deux grandes digitations, séparées par une surface de chevauchement, qui coupe la chaîne faîtière entre la Para et le Tarent et s'abaisse fortement vers l'E. La digitation inférieure constitue tout le Chaussy et l'arête qui le continue vers l'E jusqu'au Tarent. Nous l'avons nommée (86) digitation du Chaussy. C'est un complexe de plis couchés, ou plutôt plongeant vers le N, et se superposant en cascade. On les voit admirablement dans les parois qui prolongent vers le N le Taron et le Tarent.

Le noyau paléozoïque, triasique et jurassique de cette digitation, très écrasé, forme une zone étroite mais assez continue à la base de la nappe et se poursuit dans notre région depuis Gsteig vers l'WSW jusqu'au rocher de Murgaz dans la vallée des Ormonts. Nous l'avons appelé dans une note préliminaire (86, p. 97) la zone de Murgaz; il correspond à ce que plus à l'E M. DE RAAF (100, p. 66) a nommé zone de Krinnen.

Vers l'E cette grande digitation du Chaussy s'écrase en partie sous la masse supérieure, qui occupe le sommet de la chaîne à partir de la Para et que nous avons appelée digitation de la Palette. Elle est formée d'un grand pli couché, très épais, et d'un anticlinal inférieur qui s'écrase sur la surface de chevauchement. Son noyau triasique et jurassique, que nous appelons la zone du Wallegg, n'est représenté que par une traînée discontinue de lentilles à la base de l'anticlinal inférieur. Ces lentilles, dont le nombre ne dépasse pas la douzaine, se trouvent dans les abrupts du bord radical de la nappe, à l'WSW de Gsteig. La zone ne se poursuit pas vers l'W au-delà de la frontière vaudoise, mais vers l'E, DE RAAF en a décrit (100, p. 68), la continuation sous le nom de zone de Gschwend.

De la Para jusqu'à la vallée de la Sarine, sur le versant sud de la chaîne, on peut suivre la superposition de ces deux digitations; mais le Flysch du Chaussy n'est plus représenté que par une bande de grès roussâtres, de 100 à 200 m d'épaisseur, sous les schistes foncés de la base de la digitation de la Palette. Au-delà de la Sarine, cette disposition continue, et c'est le vaste pli couché de la Palette qui forme presque à lui seul la majeure partie de la chaîne du Niesen, jusqu'au lac de Thoune.

Chacun des plis couchés ou plongeants de la grande masse de Flysch de ces deux digitations est encore affecté d'une multitude de petits replis, car l'ensemble est essentiellement plastique. Replis très variables d'un point à l'autre et sans continuité prolongée, mais partout représentés. Cette structure rend impossible l'établissement de coupes stratigraphiques détaillées et complètes. Car ces replis ne sont clairement visibles que sur les parois à pic, transversales à la chaîne; sur les pentes accessibles, ils échappent à l'observation précise et l'on est rarement sûr d'avoir affaire à une série strictement normale.

Pourtant, dans l'ensemble des plis et des digitations, on reconnaît avec certitude la superposition d'un certain nombre de niveaux, complexes lithologiques bien distincts qui permettent d'établir en grand une série stratigraphique du Flysch.

Nous décrivons d'abord les noyaux des deux digitations et ensuite, l'un après l'autre, les niveaux superposés du Flysch, en étudiant leurs variations dans l'espace.

Chapitre II

La zone de Murgaz, noyau de la digitation du Chaussy

§ 1. Généralités

Cette zone, bien que fort réduite par l'écrasement, est assez continue dans le segment radical de la nappe compris entre la Sarine et la frontière cantonale. Si elle n'y apparaît que de place en place, c'est surtout à cause des écroulements et des éboulis.

A l'W du grand décrochement-faille de la limite des cantons, cette zone est réduite à un chapelet de traînées de cornieule, jusqu'au rocher de Murgaz, à la limite occidentale de notre région. Mais elle se poursuit sur le territoire étudié par E. ANDRAU, où il la décrit sous le nom de «lame de Murgaz» (82, p. 11 à 14) en la rattachant aux Préalpes internes. Dans notre communication préliminaire (86), nous avons montré que, dans la région du Chaussy comme dans notre région, cette zone était le noyau de la digitation inférieure de la nappe du Niesen. Elle se prolonge du reste également à l'E de la Sarine, où M. DE RAAF l'a nommée zone de Krinnen.

Nous décrivons cette zone du NE au SW, en partant du célèbre affleurement de Gsteig où apparaît le soubassement paléozoïque.

§ 2. La route de Gsteig

Une coupe remarquable, découverte par M. LUGEON en 1914, se voit au bord de la route cantonale, environ 1 km au N de Gsteig. C'est le premier rocher, le premier affleurement que l'on rencontre, à sa gauche, en venant de ce village (fig. 1). Déjà discutée par M. LUGEON (61, 62) et par ARN. HEIM (72), et déjà classique, la coupe se présente, de bas en haut, du S au N, comme suit (voir fig. 2):

1° Schistes cristallins verts, à patine rubéfiée, du type des «schistes de Casanna», visibles sur 5 m (fig. 2). AUGUSTIN et ANDRÉ LOMBARD, qui ont découvert une lame cristal-

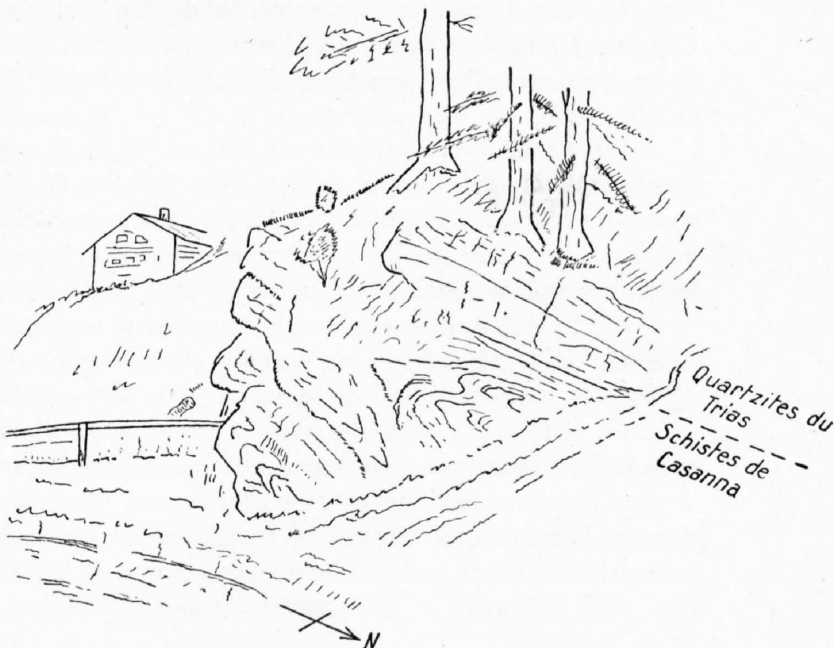


Fig. 1.

Le noyau cristallin de la nappe du Niesen affleurant au bord de la route cantonale à 1 km au N de Gsteig.

line analogue à la base de la digitation de la Palette, près du col du Hahnenmoos (entre la Lenk et Adelboden), caractérisent la roche de Gsteig (117, p. 387) comme un « phyllade (phyllite) quartzito-chloriteux à porphyroblastes d'albite ».

2° 4 m. Quartzites micacés blancs ou grisâtres, originellement en bancs, mais généralement écrasés, schistoïdes et verdâtres. Passent à

3° 2 m. Schistes argilo-gréseux verdâtres, souvent très quartzeux, et contenant, surtout vers le haut, de nombreux petits lits de quartzite et de calcaire dolomitique recristallisé.

4° Les niveaux 2 et 3 sont coupés obliquement par une zone de dislocation épaisse de 0,60 m, qui fait descendre de quelques mètres le niveau 5.

5° 6 m. Calcaires dolomitiques gris, lités ou schistoux.

6° 2 m. Dolomie à patine jaune, en couches bien litées.

7° Surface de transgression du Flysch.

8° 0,40 m. Grès schistoux et schistes jaune verdâtre, avec blocs de calcaires dolomitiques et de quartzites.

9° Brèche de base du Flysch, que nous décrirons en détail au chapitre V, avec le complexe basal.

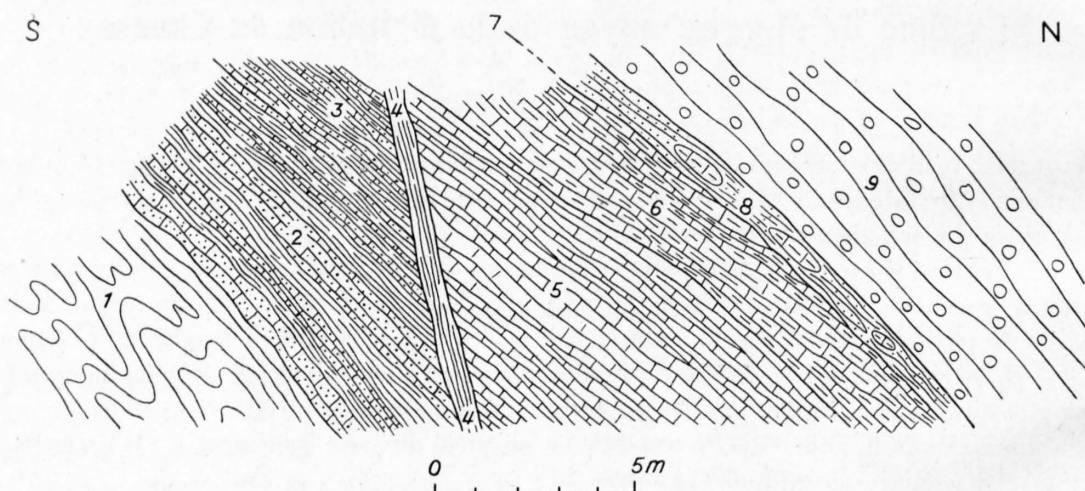


Fig. 2. Coupe schématique de la zone de Murgaz, au bord de la route cantonale, à 1 km au N de Gsteig.

Voir légende dans le texte.

Ici donc, la zone de Murgaz est réduite au Trias, avec un fragment de son soubassement cristallin. C'est ce noyau paléozoïque, avec la brèche de base du Flysch transgressif, qui fait l'intérêt de cette coupe. Des conséquences très importantes en ont été tirées par M. LUGEON, R. STAUB et E. ARGAND (98, p. 165, et 99, p. 467).

Cette série se continue vers le SW, où l'on peut aisément la recouper en montant le ravin sud de Vorder-Wallegg, dont le cône de déjection s'étale sur la route cantonale, immédiatement au S du rocher de schistes cristallins. Les mêmes schistes cristallins verts y affleurent sur une épaisseur visible de 10 m, surmontés par 5 à 6 m de quartzites blancs, puis environ 8 m de calcaire dolomitique et de dolomie, souvent recristallisés et fort schistoïdes, sur lesquels transgresse la brèche de base du Flysch.

Sur la rive gauche de ce ravin, sous les schistes cristallins mais séparés d'eux par quelques mètres d'éboulis ou de glaciaire, existe un bloc considérable de calcaire dolomitique. Ce pourrait être un reste du flanc renversé du noyau de la nappe du Niesen, mais l'on ne peut affirmer qu'il soit bien en place.

On peut suivre encore les schistes cristallins plus loin vers le SW, toujours surmontés de quartzites et de dolomie triasiques, jusqu'au sentier qui monte de Gsteig à Schüdelen. Et sous les schistes cristallins on voit affleurer, dans un pré, du Flysch, grès calcaires plaquetés, bien micacés, et schistes marneux. Sous ce Flysch, qui a environ 10 m d'épaisseur, apparaissent encore des calcaires très gréseux et des schistes gréseux tels qu'on en trouve au sommet de l'Aalénien de la zone inférieure, dans le Sulzgraben. C'est ici le seul point où l'on constate du Flysch entre cet Aalénien et la zone de Murgaz.

§ 3. Äussere Gründ

Nous retrouvons la zone de Murgaz environ 1600 m au SW de la route de Gsteig dans une éraillure dominant les chalets supérieurs d'Äussere Gründ; la Carte Siegfried (feuille de la Lenk, n° 472) nommait ces chalets «auf den Halten», mais ce nom a disparu sur la nouvelle Carte nationale au 1:50 000 et remplacé par Furren.

Pour atteindre cet endroit, le plus simple est de prendre le sentier se détachant de la grande route du Pillon au tournant supérieur du lacet qu'elle dessine entre Heiti et Gründ, et de monter jusqu'au couloir qui descend à l'W du bois cartographié. Là il faut quitter le sentier et monter dans le couloir jusqu'à l'altitude de 1420 m environ. Jusqu'ici nous marchions sur une masse écroulée; mais à cette hauteur on arrive au bas d'une éraillure, dans la forêt, où affleure la roche en place et dont nous donnons ici la coupe (fig. 3).

Les trois premiers termes, à la base visible, appartiennent à la zone de Brand (Préalpes internes), et nous en reparlerons à propos du soubassement de la nappe du Niesen.

1° 30 m. Schistes marno-calcaires gris-bleu foncé, avec petits lits de calcaire gréseux.

2° 50 m. Mêmes schistes, avec couches plus épaisses de calcaires très gréseux. Nous retrouverons des schistes analogues dans le ravin du Sulzgraben, où ils nous ont livré quelques mauvaises traces d'ammonites; c'est peut-être du Toarcien.

3° 30 m. Aalénien typique: schistes argileux noirs finement micacés, à miches de calcaire ferrugineux. Ces schistes déterminent un petit replat.

4° 7 à 8 m. Cornieule triasique, en couche légèrement boudinée.

5° 18 m. «Schistes brillants» gris, argileux, satinés, sans mica ni séricite, avec des lits gréseux et de multiples et minuscules traînées de calcaires chargés de petits débris dolomitiques.

6° Vers le milieu de la série 5 s'intercale une lentille de calcaire dolomitique, qui atteint 5 m d'épaisseur. Les «schistes brillants» du niveau 5 semblent ici, du reste, triasiques, en majeure partie du moins. Au-dessus de la lentille dolomitique, il s'y intercale de petits lits dolomitiques également. A la partie supérieure de la lentille, le calcaire dolomitique présente des brèches de remaniement. Ces calcaires dolomitiques prennent un développement beaucoup plus ample à l'W du couloir, en montant.

7° 20 m. Brèche de base du Flysch: sorte de pâte formée de fragments de «schistes de Casanna» vert foncé, avec des cailloux de dolomie, de quartzites, de calcaires et de roches granitiques. La masse est coupée de quelques intercalations schisteuses et gréseuses.

8° 20 m. «Schistes brillants» gris, noirâtres ou verdâtres, fort pareils à ceux d'au-dessous, mais gréseux vers le haut, avec de petits lits de calcaire marmoréen d'un gris laiteux.

9° 3 m. Brèche grossière, presque entièrement composée de fragments de «schistes de Casanna», à tel point qu'on la prendrait pour une lame cristalline. Ce banc fait saillie, dans un couloir latéral à droite en montant, qui devient bientôt le couloir principal.

10° 15 m. Alternance de grès calcaires polygéniques et de schistes brillants gris, noirs ou verdâtres.

11° 45 m. Alternance irrégulière de lits de grès calcaires polygéniques, compacts, plaquetés ou schisteux, avec de rares lits de schistes argileux, gris ou verdâtres.

12° Suite du même complexe, avec des couches de brèches feuilletées.

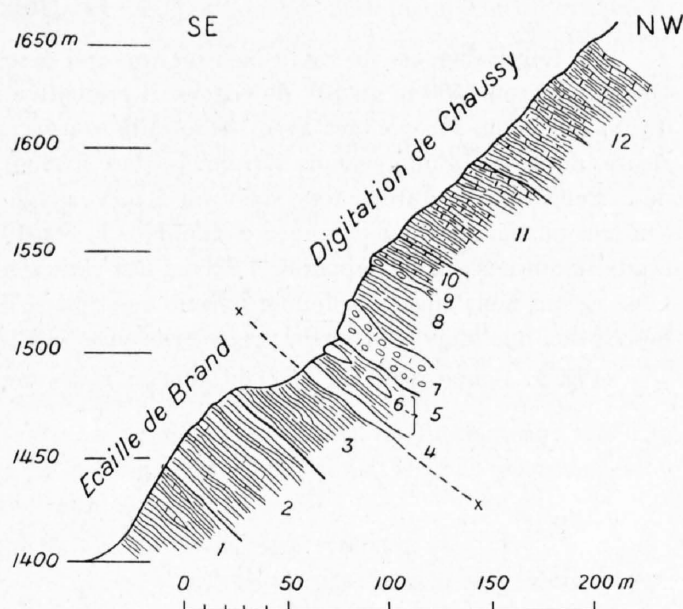


Fig. 3. Coupe de l'éraillure dominant Äussere Gründ près de Gsteig.
Voir légende dans le texte.

Les niveaux 7 à 12 font partie du complexe basal du Flysch, et nous en reparlerons à son propos au chapitre V.

La zone de Murgaz a donc ici des caractères très différents de ceux qu'elle présente sur la route de Gsteig. Elle n'est faite que d'une couche de cornieule, surmontée de «schistes brillants» où s'intercalent des lentilles et des lits de calcaire dolomitique, sur lesquels vient transgresser la brèche de base du Flysch.

Cette série peut être suivie vers l'E sur environ 350 m, avec une composition analogue, puis elle disparaît sous l'éboulis. On ne peut donc pas observer son raccord avec celle de la route de Gsteig, ni comment les «schistes brillants» s'introduisent latéralement dans les faciès triasiques. Mais ce même faciès schisteux du Trias a été signalé, entre autres, dans le noyau de la nappe du Niesen, au Sackgraben (108, 114), en aval d'Adelboden. Et nous allons le retrouver dans une coupe voisine, celle du ravin du Sulzgraben.

§ 4. Le Sulzgraben

Le Sulzgraben est un ravin bien marqué qui descend du versant sud du Wallegg sur les chalets de Gründ, environ 1500 m au SW de Gsteig. Il présente une coupe très remarquable de la base de la nappe du Niesen et de son contact avec les terrains sousjacentes des Préalpes internes. Dans sa partie supérieure, au-dessus d'une cascade infranchissable, il montre la zone du Wallegg et le bas de la digitation de la Palette. Nous aurons donc à revenir à cette coupe à plusieurs reprises au cours de ce mémoire. Mais l'intérêt particulier du Sulzgraben réside dans la constitution de la zone de Murgaz, dont il permet une étude minutieuse et qui apparaît ici avec des caractères très différents de ceux de la route de Gsteig. C'est ce qui nous engage à donner ici une description détaillée de toute la partie inférieure de ce ravin, description que nous pourrions rappeler brièvement en traitant des autres unités qui s'y trouvent figurer.

Fig. 4: Coupe générale schématique du ravin du Sulzgraben près de Gsteig.

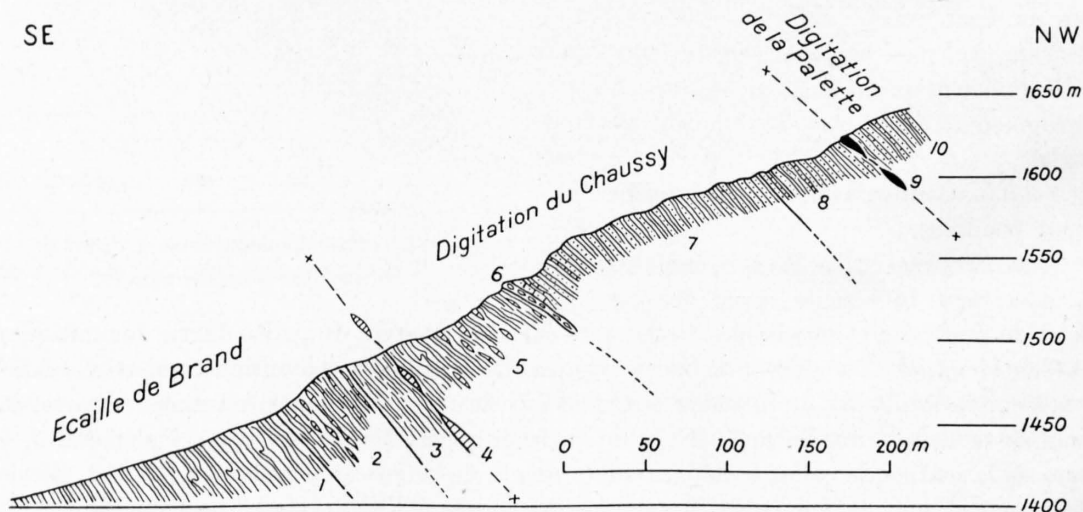


Fig. 4. Coupe schématique générale du Sulzgraben.

Voir légende dans le texte.

Dans toute sa partie inférieure, le torrent du Sulzgraben coule dans des masses écroulées et glissées; il ne montre d'affleurements qu'à partir de l'altitude de 1400 m. C'est là que nous commencerons sa description, en montant dans le ravin. Les chiffres correspondent à ceux de la fig. 4.

1° Sur 175 m d'épaisseur, ce sont des schistes marno-calcaires fissibles et tendres, limoneux au toucher. Leur couleur est bleu-noir dans les éraillures fraîches, mais la patine sèche est gris clair, mate, et montre de petits points noirs. La surface des schistes est souvent couverte de taches plus foncées, irrégulières, de forme grossièrement arborescentes, enchevêtrées, qui évoquent des algues. Dans ces schistes s'intercalent des couches de calcaire gréseux, à grain fin et très serré, micacés à la surface et souvent pyriteux. Rares et plutôt minces à la base, ils augmentent de fréquence et d'épaisseur vers le haut.

De 1400 à 1450 m d'altitude, les affleurements sont assez sporadiques. Les schistes plongent en général très régulièrement, au NW, d'environ 35°. Mais par places ils sont fortement froissés. Près de la base nous avons trouvé de mauvais débris de *bélemnites* indéterminables.

Au-dessus de 1450 m, les affleurements sont continus, sur les deux versants encaissés du ravin. Les schistes deviennent peu à peu plus cohérents, plus calcaires, et des calcaires marneux durs, à cassure irrégulière et gris-bleu, s'y intercalent. Les calcaires gréseux deviennent plus importants. Les couches, localement gondolées ou repliées, plongent en général très régulièrement, vers le NNW, d'environ 40°. On passe graduellement à

2° 50 m. Les schistes ont de plus en plus tendance à former des couches cohérentes et deviennent vers le haut de vrais calcschistes gréseux à patine brunâtre, piqués de points noirs. Ils renferment des couches de calcaire gréseux dur, dense, gris-bleu foncé à la cassure, de patine roussâtre, avec de petits débris dolomitiques et de fréquents petits cristaux de pyrite. Ces couches atteignent 0,50 m et 0,60 m d'épaisseur et sont finement micacées. La pente du torrent est devenue plus forte et l'ensemble forme un grand escarpement à vif sur le versant gauche.

Nous avons trouvé dans ce complexe plusieurs fragments d'ammonites, mal conservées, mais permettant de reconnaître assez nettement des *Dactyloceras*. Ce serait donc, probablement, du Toarcien.

Les complexes nos 1 et 2 sont tout à fait pareils à ceux qui affleurent, au NE de Gsteig, dans les «Blaue Schüpfen» et que décrit notre ami M. DE RAAF (100, p. 57 et 61).

3° 20 à 25 m. Schistes argileux noirs, finement micacés, à miches calcaréo-pyriteuses, de l'Aalénien. La pente du ravin s'y adoucit nettement; c'est rive droite que l'affleurement est le meilleur.

Ces trois premiers termes de la coupe font partie de la «zone de Brand». C'est sur l'Aalénien que repose directement, comme dans le couloir dominant Äussere Gründ, le Trias de la zone de Murgaz. La pente du torrent s'y accentue de nouveau. Mais une flexure longitudinal fait onduler ce contact: sur le versant gauche, la cornieule triasique forme un léger épaulement, au-dessus de l'Aalénien, à 1500 m d'altitude, tandis que sur la rive droite, au niveau du thalweg, c'est à 1490 m que le Trias recouvre l'Aalénien. C'est au versant droit que ce Trias est le mieux visible:

4° 10 m. Trias de la zone de Murgaz. Il apparaît ici fort complexe (voir fig. 5).

J'intercale ici (fig. 5) une coupe de détail relevé par E. GAGNEBIN et H. BADOUX le 12 août 1942.

Fig. 5 Trias de la zone de Murgaz, rive droite du ravin du Sulzgraben.

Au niveau du thalweg, le Trias commence par une couche d'un grès calcaire irrégulièrement plaqueté, blanchâtre, de 10 à 15 cm d'épaisseur (A). Son contact sur les schistes noirs aaléniens est parfaitement net, sans aucun caractère anormal. Et là ce grès est surmonté directement par des schistes argileux verdâtres. Mais quelques mètres plus haut, dans le versant, une mince couche de cornieule de couleur capucin (B) s'intercale entre grès et schistes. Cette cornieule s'épaissit graduellement vers le haut, jusqu'à 1 m, et contient une toute petite lentille de gypse (C). Environ 1,50 m plus haut, tandis que les grès de base s'effilent, une nouvelle lentille de gypse plus grande s'intercale entre la cornieule et les schistes argileux (D). Elle a 2 m de longueur et 1 m d'épaisseur maxima, et domine le thalweg de 7 à 8 m. La cornieule monte jusqu'au haut du versant, cachée par places par des éboulis.

Les schistes argileux qui dominent sont verdâtres et jaunâtres, luisants. Ils contiennent de nombreux lits étirés, de 4 à 5 cm d'épaisseur, de calcaires plus ou moins recristallisés, avec de petits cristaux de pyrite. Calcaire compact gris clair ou rosé, avec de petits points noirs;

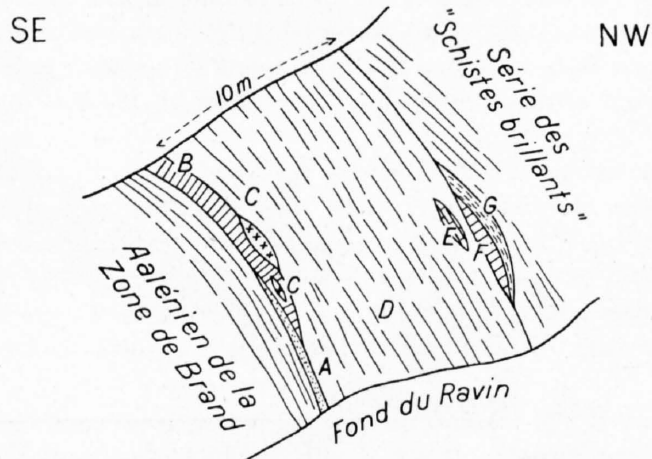


Fig. 5. Coupe à la base de la série des schistes brillants dans le Sulzgraben.

A = Grès arénacés. B = Cornieule. C = Gypse. D = Schistes verdâtres et jaunâtres. E = Lentille de gypse. F = Grès verdâtres grossiers. G = Schistes orange ou verdâtres.

marbres phylliteux compacts, parfois avec silex; calcaires saccharoïdes, grossièrement recristallisés; un calcaire compact noir nous a montré, en coupe mince, des radiolaires.

A la partie supérieure de ces schistes verdâtres et jaunâtres reparaît une lentille de cornieule (F). On la voit dans un petit couloir au bas du versant, un peu au-dessus du thalweg qui, immédiatement en amont, s'élève en rapide encaissé. La cornieule s'épaissit, jusqu'à atteindre 1 m, environ 5 m au-dessus du thalweg, puis s'effile vers le haut. La lentille est enveloppée, à sa partie supérieure, par une couche de menus schistes orange ou verdâtres (G), qui la séparent des schistes noirs surincombants. Sous la cornieule, une couche lenticulaire de grès verdâtre assez grossier (E) s'intercale dans les schistes argileux.

Les détails de cette coupe du Trias ne sont pas toujours visibles. En juin 1928, lorsque nous avons dessiné la fig. 6, la plupart étaient cachés par des éboulis. En 1941 et en 1942, E. GAGNEBIN a pu l'observer clairement à plusieurs reprises, une fois avec H. BADOUX, une autre fois avec M. LUGEON, et c'est lui qui nous a communiqué notre fig. 5 et sa description. En juin 1946, lors d'une excursion universitaire où participaient avec nous-même MM. E. GAGNEBIN, J. TERCIER, ED. PARÉJAS, AUGUSTIN LOMBARD, etc., un petit éboulement avait de nouveau recouvert la majeure partie de l'affleurement.

Nous reprenons la coupe fig. 4.

5° Immédiatement au-dessus de la bande triasique 4 qui est la base de la digitation du Chaussy, le torrent coule en rapides, creusant des rigoles lisses fort inclinées, coupées de petits replats avec des marmites. La série est fort complexe, dans l'ensemble se sont surtout des schistes argileux noirs, bien distincts de ceux de l'Aalénien: plus fins, plus fermes avec surfaces luisantes, polies, comme celle du graphite et très caractéristiques. C'est ce que j'appelle les «schistes brillants». Epaisseur environ 75 m.

6° Brèche basale du Flysch de la digitation du Chaussy.

7° Flysch banal.

8° Flysch grés-schisteux avec beaucoup de grès calcaires polygéniques.

9° Zone de Wallegg.

10° Flysch grés-schisteux.

Nous décrivons maintenant en détail la coupe du ravin principal puis celle d'un ravin tributaire rive droite, en nous référant à la fig. 6.

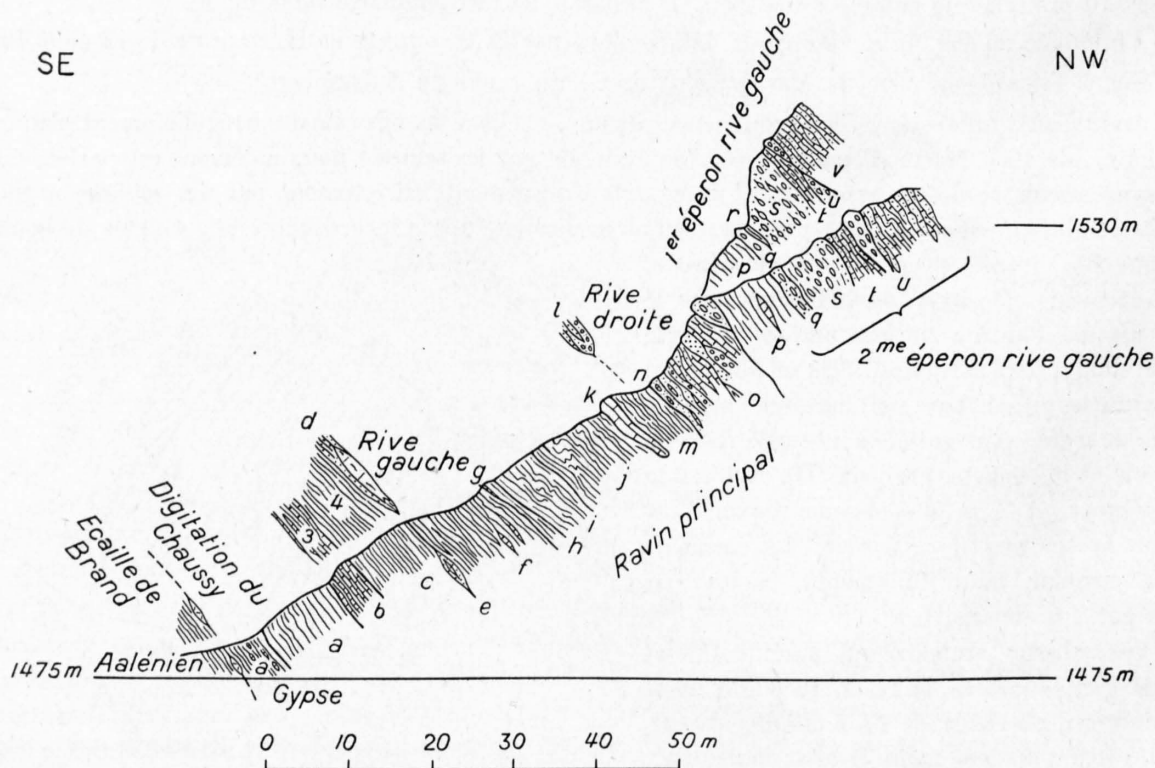


Fig. 6. Coupe du ravin principal du Sulzgraben.

Voir légende dans le texte.

Fig. 6. Coupes détaillées de la zone de Murgaz dans le ravin principal du Sulzgraben.

a) 10 m. Schistes brillants typiques, avec de rares lentilles de calcaire ou de grès: calcaires grenus recristallisés présentant des yeux de quartz, marbres compacts phylliteux gris clair, calcaires noirs compacts, parfois très siliceux; grès blancs, où les grains de quartz arrondis, minuscules, ont l'aspect de grains de millet dans un ciment un peu calcaire; grès à débris verts et jaunes.

b) 3 m. Marbres phylliteux gris souris rayés d'une multitude de petits filonnets de calcite transparente, parallèles à la stratification. Vers le haut du versant droit, ces marbres passent par indentations à des schistes brillants.

c) 8 m. Schistes brillants comme a), avec rares petites lentilles de calcaires gris saccharoïdes, siliceux, et de calcaires gris très pyriteux.

d) 2 m. Une lentille de dolomie très dure, à patine capucin, gris foncé à la cassure du versant gauche, deux mètres au-dessus du ruisseau. La dolomie ne fait pas effervescence à l'acide chlorhydrique. La lentille, d'environ 3 m de longueur, est entourée de schistes micacés avec parties très gréseuses, un peu calcaires. Sur le versant droit, 5 m au-dessus du thalweg, existe aussi une petite lentille de calcaire dolomitique jaunâtre, avec des parties spathiques; ce calcaire dolomitique semble passer à des marbres verts vers sa base. Entre les deux lentilles dolomitiques, le cours du torrent, creusé en rigole lisse, ne montre que des schistes luisants.

Ces lentilles posent une question que nous discuterons tout à l'heure, après avoir décrit la coupe.

e) 1 m. Versant droit, juste en face de la lentille dolomitique du versant gauche, émerge en saillie une lentille de 3 m de long faite de couches d'un grès micacé, compact, de grain moyen, avec des quartz en grains de millet, contenant de petits fragments de dolomie et de schistes noirs brillants. Un plan de dislocation bien visible prolonge cette lentille vers le haut dans le versant à vif.

f) 10 m. Schistes brillants gris avec petites lentilles de marbres phylliteux gris, de calcaires recristallisés grisâtres et, surtout vers le haut, schistes brillants verdâtres accompagnés de grès à grains de quartz en millet, contenant beaucoup de petits débris de schistes verts.

g) 0,75 m. Un banc massif de calcaire à silex gris à patine roussâtre.

h) 1 m. Schistes brillants.

i) 5 m. Marbres phylliteux gris, rarement verdâtres, en minces plaquettes séparées par des feuillets de schistes brillants. Ceux-ci contiennent de petites lentilles de calcaires gris plus compacts et de grès blancs à grains de millet. Une lentille de ces calcaires compacts présente, en coupe mince, de fort belles *Calpionella alpina* Lor.

j) 10 m. Schistes brillants avec petites lentilles, comme en f).

k) 1,80 m. Un banc complexe de calcaire siliceux et de grès verts. Le calcaire siliceux, de cassure irrégulière, montre une pâte fine, d'un gris un peu laiteux; sa patine est roussâtre, siliceuse et rude au toucher; il présente des délits schisteux et contient des silex et des grains ou de petits graviers de quartz. Les grès verts sont assez compacts, à ciment calcaire; les grains de quartz sont assez grossiers; le grès contient de petits graviers de silex, de calcaires, et de nombreux fragments de schistes brillants verts.

l) 1,50 m. A peu près dans le prolongement du banc k se trouve dans le versant droit, 5 m au-dessus du ruisseau, une couche complexe faite en partie de calcaire compact, à silex, en partie de grès quartziteux verdâtres remplis de débris de schistes brillants verts. Dans le même banc se voient des grès blancs à grains de millet avec graviers de dolomie et fragments de schistes, ainsi que des parties bréchiques faites surtout de fragments de schistes brillants, avec des cailloux de dolomie, de calcaire, mais peu d'éléments cristallins. Le calcaire compact, dont la cassure est grise et la patine roussâtre, nous a livré en coupe mince *Calpionella alpina* Lor.

m) 4 m. Schistes brillants gris ou verdâtres, avec petites lentilles de marbres phylliteux gris. Versant droit, quelques mètres au-dessus du thalweg, se voit une lentille de 3 m d'épaisseur, composée en partie de grès blanchâtres ou verdâtres, en partie de brèches à ciment de schistes brillants verts. Les éléments, qui atteignent 2 à 3 cm de diamètre, sont de petits cailloux de dolomie ou de calcaire, plus rarement des débris de schistes cristallins verts du type des «schistes de Casanna».

n) 1,75 m. Un banc de grès à grains de millet, gris clair ou verdâtre, contenant de petits graviers de dolomie, de calcaire et des débris de schistes; mais ces grès contiennent aussi de gros blocs ellipsoïdaux, atteignant 1 m³, d'un calcaire à silex gris laiteux.

o) 12 m. Complexe déterminant une paroi bien marquée et composé des roches suivantes:

- 1° Calcaires en plaquettes d'un gris laiteux.
- 2° Grès gris clair à grains de millet interstratifiés dans des schistes brillants verts.
- 3° Brèche à ciment de schistes brillants verts, à éléments de dolomie, de calcaire, de quartzite et de schistes cristallins verdâtres.
- 4° Brèche compacte avec mêmes éléments mais ciment de grès à grains de millet.
- 5° Marbres compacts ou finement saccharoïdes, blancs, verdâtres ou rosés, en petits lits séparés par des schistes brillants verdâtres.

p) 8 m. Schistes brillants noirs, par places verdâtres, avec de petites lentilles de calcaire gris laiteux.

q) 1 m. Brèche de base du Flysch transgressif. C'est une brèche à gros éléments de schistes cristallins verts et de dolomie, avec un peu de ciment de schistes noirs. La couche est irrégulièrement feuilletée. Dans un éperon qui fait saillie sur la rive gauche, cette brèche contient un bloc lenticulaire de dolomie de 2,50 m de long sur 0,75 m d'épaisseur.

r) 1 m. Schistes brillants avec lentilles de calcaire gris laiteux.

s) 8 m. Brèche formée de la juxtaposition de gros fragments de schistes cristallins verts, avec quelques cailloux dolomitiques.

t) 1 m. Flysch: grès calcaires gris, micacés, avec granules de dolomie, séparés par des délit schisteux.

u) 1 m. Brèche analogue à s).

v) Flysch pareil à t). C'est le début du Flysch de base de la digitation du Chaussy. Il détermine,

un peu plus haut, une cascade infranchissable.

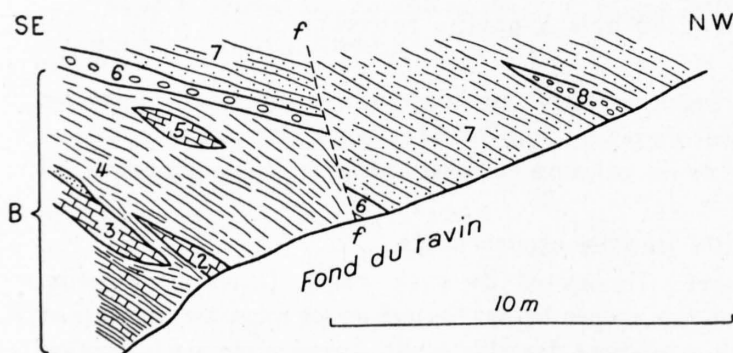


Fig. 7. Coupe montrant le détail du sommet de la série des schistes brillants (B). Rive droite du Sulzgraben.

Voir légende dans le texte.

Les termes *q* à *v* de cette coupe sont relevés non pas dans le thalweg, mais sur deux éperons à peu près parallèles qui font saillie sur le versant gauche, lequel s'est élargi sur la convexité d'une courbe du torrent. Le long du ruisseau lui-même, où le versant droit tombe en pente très raide, la disposition est légèrement différente, et telle que la représente schématiquement la fig. 7.

Fig. 7. Coupe du versant droit du Sulzgraben, au niveau de la brèche de base du Flysch ¹⁾.

La brèche de base du Flysch (6) (*q* de la coupe fig. 6) est ici décalée par une petite faille normale, au plan presque vertical, avec un rejet de 4 à 5 m. Elle est surmontée par un Flysch banal (7), schistes marneux et grès calcaires plaquetés, à grandes plages de muscovite. En amont du plan de faille, 6 à 7 m au-dessus (stratigraphiquement) de la brèche de base, une couche (8) de brèche analogue, de 1,50 m d'épaisseur, apparaît au niveau du ruisseau, mais s'effile bientôt dans le versant droit.

La brèche de base du Flysch repose avec un contact parfaitement net et franc sur des schistes gris verdâtre ou foncés (*p* de la fig. 6), avec de minces intercalations de grès et de calcaires compacts et diverses lentilles: peu au-dessous de la brèche de base relevée par la petite faille, une lentille de 1,50 m d'épaisseur d'un calcaire à silex, assez compact, qui montre au microscope des débris d'échinodermes et des radiolaires calcitisés (fig. 7, n° 5); sous elle, au niveau du ruisseau, une lentille de calcaire compact

¹⁾ Croquis communiqué par M. E. GAGNEBIN, qui l'a relevé le 12 août 1942, en compagnie de M. H. BADOUX.

clair (n° 2) dont deux lames minces montrent des *Calpionelles* peu distinctes, avec aussi des radiolaires calcitisés. Cette lentille s'effile bientôt, au-dessus d'un gros banc de calcaire plaqueté (n° 3) qui fait saillie dans le versant, marquant le haut d'un escarpement à pic. Des arbustes, des sapinets se sont établis sur cette saillie. C'est un calcaire compact à gros grains de quartz, sur lequel s'accrole une couche de fine brèche schistoïde (n° 4). Ce banc calcaire s'effile vers le bas, dans les schistes noirs, tout près du thalweg. A ce niveau, le torrent commence à cascader sur le complexe bréchique en paroi (lettre o de la fig. 6).

Un ravin tributaire du Sulzgraben (fig. 8), débouchant sur sa rive droite à la hauteur de l'Aalénien, montre une coupe analogue que nous avons dessinée fig. 6, et dont voici la description :

1° Aalénien de la zone de Brand (Préalpes internes).

2° Lentille de gypse, 1 m.

3° 2 à 3 m. Schistes verdâtres satinés contenant de nombreux lits et lentilles de marbres phylliteux et plaquetés, blancs, gris, verdâtres, rosés ou violacés, et de marbres saccharoïdes gris foncé.

4° 9 m. Schistes brillants gris ardoise avec de petites lentilles de marbre phylliteux.

5° 4 m. Marbres et calcaires marmoréens compacts, phylliteux, gris, en lits minces, avec de rares intercalations de schistes brillants verdâtres.

6° 0,40 m. Calcaire marmoréen gris, à silex, pseudo-clastique, à patine rousse.

7° 5 m. Schistes brillants avec petites lentilles de calcaire marmoréen phylliteux gris et de grès blancs.

8° 1 m. Semblable à 9, mais schisteux.

9° 10 m. Schistes brillants avec de petites lentilles de calcaires marmoréens divers et de grandes lentilles, jusqu'à 2 m d'épaisseur, de calcaires à silex. Ceux-ci forment des bancs massifs mais complexes, composés de diverses variétés de calcaires qui peut-être alternaient régulièrement à l'origine, actuellement apparaissent étirés et en relations pseudo-clastiques. Certains sont presque compacts, d'autres finement saccharoïdes, ou assez grossièrement cristallins; ils sont gris clair, brunâtres ou violacés, parfois avec de petits points noirs. Sur ces calcaires nous avons trouvé une trace d'*Aptychus*, assez indistincte, et en coupe mince des *Calpionelles*, indistinctes aussi.

10° 0,50 m. Un banc de calcaire compact dur, à cassure esquilleuse, gris clair et violacée, avec de petites taches sombres; patine grisâtre.

11° 15 m. Schistes brillants foncés ou parfois verdâtres, avec de petites lentilles de calcaires marmoréens gris, de calcaires finement saccharoïdes, de grès à gros grains de quartz et de dolomies brunes.

12° 3 m. Banc lité de grès à ciment de schistes verts ou gris, ou bien de grès compact sans ciment, et de brèches à petits éléments de quartz, de dolomie, etc.

13° 10 m. Schistes brillants avec parties gréseuses et des lits de grès.

14° 0,50 m. Dolomie brune, en lentilles.

15° 5 m. Schistes brillants à lits de grès.

16° 2 m. Calcaire gris laiteux à silex. La brèche de base du Flysch est inaccessible.

Si maintenant nous cherchons à suivre vers le NE les niveaux de la coupe du ravin principal du Sulzgraben (fig. 4), nous partirons du petit épaulement de cornieule dominant le versant gauche, à 1500 m d'altitude, léger replat que nous avons signalé entre les nos 3 et 4 de la coupe générale. Cette cornieule

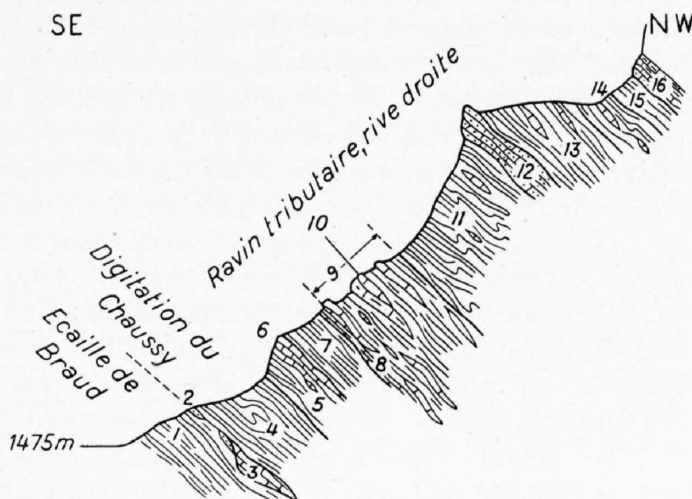


Fig. 8. Coupe du ravin tributaire du Sulzgraben.

Voir légende dans le texte.

surmonte directement l'Aalénien de la zone de Brand et, comme nous l'avons mentionné, sa situation par rapport au Trias du ravin, qui est environ 10 m plus bas, témoigne d'une petite flexure longitudinale de la base de la nappe du Niesen.

Sur cet éperon, la série des «schistes brillants» (n° 5, fig. 4) est déjà fort réduite: le Flysch banal commence quelques mètres seulement au-dessus de la cornieule, sans que les contacts soient ici bien visibles.

Dans la grande niche d'arrachement qui fait suite, vers le NE, à l'épaule de cornieule, les calcaires dolomitiques prennent un grand développement. En les suivant, sur quelque 500 m, on retrouve le couloir dominant Äussere Gründ, dont nous avons décrit la coupe au paragraphe précédent.

Nous avons tenu à décrire de façon très détaillée les séries présentées par le ravin du Sulzgraben, parce qu'elles montrent dans la zone de Murgaz des termes qu'on ne voit pas ailleurs; notamment ces calcaires à *Calpionelles*, que nous avons trouvés à trois niveaux différents dans le ravin principal, au-dessous de la brèche de base du Flysch. Ils datent évidemment du Portlandien ou du Valanginien.

Ces calcaires à *Calpionelles* sont intercalés dans un complexe de «schistes brillants», foncés ou verdâtres, contenant des couches de grès et de brèches polygéniques, et ils nous prouvent que des complexes de faciès identique peuvent se trouver, dans la nappe du Niesen, à des niveaux différents. Au-dessus de la brèche de base du Flysch, en effet, au Sulzgraben comme dans le couloir d'Äussere Gründ, des «schistes brillants» tout pareils s'intercalent dans un étage stratigraphique que nous verrons correspondre au Maestrichtien. Et il arrive que les schistes triasiques leur ressemblent aussi à s'y méprendre.

Les «schistes brillants» sont donc, comme nous le constatons dans notre communication préliminaire de 1929 (86), un faciès récurrent, qui peut apparaître à des hauteurs diverses dans la série stratigraphique de la nappe du Niesen.

La présence de grandes lentilles de dolomie dans la série des «schistes brillants», entre le Trias bien caractérisé et la brèche de base du Flysch transgressif (n° 5 de la coupe détaillée du ravin principal, fig. 7, et n° 14 de la coupe du ravin tributaire, fig. 8) pose aussi, comme nous le remarquons plus haut, un problème assez délicat. On peut envisager plusieurs interprétations. Ou bien la dolomie est contemporaine des schistes encaissants, et alors ces schistes seraient triasiques si la dolomie l'est aussi. Mais l'aspect de ces schistes foncés diffère assez nettement de celui des schistes triasiques de la base du complexe; dans le ravin principal, ces «schistes brillants» contiennent, nous l'avons vu, des lits de calcaires à *Calpionelles* une quinzaine de mètres au-dessus des lentilles dolomitiques et, dans le ravin tributaire, une trentaine de mètres au-dessous. La dolomie serait-elle alors jurassique ou valanginienne? Elle paraît un peu plus dure, plus rugueuse, plus brunâtre que la plupart des dolomies triasiques de nos Préalpes, mais il est très douteux pourtant qu'elle soit d'un âge différent. Est-ce un repli qui ramène une lame lenticulaire de Trias dans des schistes jurassiques? La série stratigraphique de la zone de Murgaz, au Sulzgraben, semble bien être normale, et même continue depuis le Trias de base jusqu'à la surface de transgression du Flysch.

Nous inclinons plutôt à penser que ces lentilles dolomitiques, triasiques, ont glissé dans le bassin de sédimentation des schistes noirs jurassiques, où les dépôts détritiques, voire grossiers, ne manquent pas.

Ainsi, ces lentilles dolomitiques seraient de gros blocs, comme on en trouve dans les conglomérats du Flysch où ils sont souvent associés à des blocs cristallins.

§ 5. Du Sulzgraben au torrent du Plan (Vallée de la Grande Eau)

Sur cette distance de 7 à 8 km, la zone de Murgaz est fort écrasée et n'offre guère d'intérêt au point de vue stratigraphique. Mais presque partout où apparaît, entre les grandes étendues de terrains superficiels, la base du Flysch du Chaussy, son noyau anté-sénonien est représenté, ne fût-ce que par une couche lenticulaire de cornieule. La continuité de la zone est ainsi bien manifeste.

Environ 250 m à l'W du Sulzgraben, à l'extrémité nord-est du pâturage de Lauenenmatte (Lauenenvorsass de la Carte Siegfried), on voit affleurer, sous la brèche de base du Flysch du Chaussy, une dizaine de mètres de «schistes brillants» noirs, à patine roussâtre rayée de gris, où s'intercalent des

couches ou lentilles de calcaires marmoréens gris laiteux, de calcaires à silex et de calcaires gréseux blanchâtres. Ici, rien ne permet de déterminer leur âge, si ce n'est leur position sous la brèche transgressive du Flysch.

La zone de Murgaz ne ressort de l'éboulis que 1500 m plus au SW, au-dessous du Seeberghorn. C'est là que se dressent, entre les pâturages de Grundberg et d'Iserin, les grandes éraillures rocheuses qui portent le nom de Brand sur la Carte Siegfried. Ce nom a malheureusement disparu sur la Carte nationale. La majeure partie des éraillures est faite de schistes foncés avec parties calcaires, d'âge liasique, que nous rattachons aux Préalpes internes; dans cet ensemble les couches s'abaissent axialement vers le NE, d'environ 15°. Au-dessus, le Flysch du Niesen, de teinte plus claire, s'abaisse dans la même direction, mais avec une pente moindre. Le contraste est des plus nets, vu à distance.

A la base du Flysch, la zone de Murgaz est ici réduite au Trias. On l'observe aisément sur l'arête bordant à l'E le couloir principal qui descend dans l'éraillure. Ce couloir, assez étroit et escarpé à sa partie inférieure, s'élargit vers le haut, à partir de 1700 m, et c'est à 1790 m que la zone de Murgaz, épaisse de 3 à 4 m, traverse l'arête qui forme son bord gauche.

Sur les schistes noirs liasiques reposent des grès dolomitiques plaquetés, jaunes à l'extérieur, bleus à la cassure, ayant environ 0,50 m d'épaisseur. Ils sont suivis de schistes verdâtres, que l'altération colore en orange, où s'intercalent de minces lits de cornieule, de calcaire dolomitique, de calcaires à silex gris très recristallisés et des plaques de marbres bigarrés. Au sommet reparaissent quelques petites couches de grès jaunes, interstratifiées dans les schistes verdâtres. Le Flysch les surmonte avec un contact assez net; il est fait de grès micacés et de schistes roussâtres avec quelques intercalations conglomératiques, mais sans brèche de base.

A l'extrémité sud-ouest des escarpements de Brand, on retrouve la zone de Murgaz dans un couloir qui descend sur les chalets supérieurs d'Iserin (Iserin-Dessus, avec cote 1719, sur la Carte Siegfried). La partie inférieure du couloir est envahie par les éboulis. Au-dessus affleurent, sur une vingtaine de mètres, des schistes foncés avec lits de calcaires siliceux se rattachant au complexe liasique de Brand, c'est-à-dire aux Préalpes internes.

Puis, déterminant un fléchissement de la pente, des schistes argileux verdâtres pareils à ceux du Trias de l'affleurement précédent. Une vingtaine de mètres au NE du couloir, on voit ces schistes dominés par un banc lenticulaire de calcaire dolomitique contenant des traînées de schistes verts. Ce banc a 0,80 m d'épaisseur.

Sur les schistes verts triasiques s'élève, avec une trentaine de mètres de puissance, une série de «schistes brillants» noirs, tout pareils à ceux qui surmontent le Trias au Sulzgraben, avec des lits de grès et de calcaires compacts foncés. La brèche de base du Flysch les recouvre, brèche polygénique à éléments de schistes cristallins du type «Casanna» et de calcaires dolomitiques; cette brèche a environ 1 m d'épaisseur.

Au-dessus des escarpements de Brand, la zone de Murgaz était réduite à son Trias, et le Flysch dépourvu de brèche de base. Ici la brèche de base du Flysch a reparu, et des «schistes brillants» noirs, comme au Sulzgraben, s'intercalent entre elle et le Trias. Il est bien difficile de savoir si ces variations sont l'effet d'écrasements tectoniques ou d'ablations antérieures au dépôt du Flysch, mais la première de ces hypothèses nous paraît ici la plus probable.

De nouveau la zone de Murgaz, vers le SW et vers l'W, disparaît sous l'éboulis sur une longueur de plus de 1500 m, pour n'affleurer qu'au-dessus du plateau des Moilles, encore plus écrasée que jusqu'ici et hachée de tant de petites failles qu'on a peine, par places, à la distinguer de la zone triaso-liasique plus inférieure, dont nous traiterons dans la seconde partie de ce mémoire. Car la zone de Murgaz n'est ici représentée que par de la cornieule ou du calcaire dolomitique.

A l'W du plateau des Moilles, sur la croupe nommée Les Crêtes, le calcaire dolomitique de la zone de Murgaz affleure sous le chalet coté 1648 (Carte nationale). Il recouvre ici directement les calcaires schisteux du Lias de la zone inférieure, et l'affleurement est entièrement isolé par le glaciaire.

Mais dans son prolongement, une centaine de mètres au NW, le sentier conduisant horizontalement au hameau d'Ayerne montre des couches d'un faciès tout à fait exceptionnel, qui semblent bien faire également partie de la zone de Murgaz. L'affleurement est aussi isolé par les dépôts morainiques.

En suivant ce sentier, depuis l'arête vers le NE, on rencontre des calcaires massifs qui plongent de 40° au NNE et sont surmontés par de la cornieule, à quelques mètres du Flysch grés-schisteux du Chaussy. Ces calcaires sont compacts et ressemblent à ceux du Malm. Leur cassure est parfois finement grenue et leur couleur est variable, d'un gris brunâtre clair à un gris foncé presque noir. Ils sont par places assez grossièrement recristallisés. Vers le haut ils semblent devenir magnésiens et sont recouverts, en un point, par des calcaires dolomitiques à cassure noire. Ces calcaires représentent peut-être un faciès du Trias, analogue à celui du bord radical des Préalpes médianes. Nous ne le connaissons nulle part ailleurs dans la zone de Murgaz.

Dans le torrent du Plan, qui descend d'Ayerne, la zone de Murgaz affleure aux alentours de La Combaz. Ce nom désigne, sur la Carte Siegfried (feuille 471, Tornettaz), le petit groupe des chalets de La Dia niché dans le versant droit du ravin, au-dessus du point 1407 de la Carte nationale. La zone de Murgaz y est fort disloquée, entre le Flysch du Chaussy et le Lias de la zone d'Oudiou, et représentée seulement par du Trias. Une lentille de gypse pincée dans l'Aalénien, sur la rive droite du ravin, à l'altitude de 1410 m, lui appartient probablement. Au-dessus, une couche d'environ 5 m de cornieule est repliée avec le conglomérat basal du Flysch. Plus en aval, au-dessous des chalets de La Combaz, une masse lenticulaire de cornieule, d'une vingtaine de mètres d'épaisseur, repose sur environ 5 m de calcaires dolomitiques dominant l'Aalénien d'Oudiou.

A l'W du torrent du Plan, les pentes sont recouvertes de glaciaire sur une distance d'environ 2 km, et notre zone y disparaît entièrement, jusqu'au rocher de Murgaz.

§ 6. Le rocher de Murgaz

Les masses rocheuses de Murgaz et de la Tépaz se trouvent un peu en dehors de notre région, sur le territoire de la carte de E. ANDRAU qui en a décrit la disposition (82, p. 77 ss.) avec assez de détail pour nous dispenser d'y revenir. Mais nous avons repris l'étude stratigraphique de cette partie de la zone de Murgaz et pouvons ajouter ici quelques précisions qui ont leur importance.

Immédiatement à l'E du grand écroulement du rocher de Murgaz, nous avons relevé la coupe suivante, de bas en haut, soit entre les altitudes de 1270 m et de 1380 m :

1° 5 m visibles. Emergeant de l'éboulis, on voit à la base des calcaires échinodermiques, massifs, gris clair ou blanchâtres, à grosses entroques et à débris dolomitiques; la taille des éléments varie de 1 à 5 mm de diamètre.

2° 10 m. Calcaires finement échinodermiques, sans débris dolomitiques, de cassure foncée, en couches de 10 à 40 cm séparées par de minces délits schisteux. Les calcaires montrent des rognons de silex noirs, en lentilles parfois très allongées. Dans les couches inférieures nous avons trouvé quelques *Arietites bisulcatus* BRUG. nettement déterminables, qui fixent l'âge sinémurien de ces assises.

3° 90 m. Les délits schisteux diminuent et cessent sur la hauteur de quelques mètres et l'on passe à des calcaires grossièrement échinodermiques, clairs, à débris de dolomie, semblables à ceux du n° 1, et qui forment tout le reste de la paroi. La roche est généralement massive, mais par places assez régulièrement litée. Il y a des parties rosées ou pourprées. Certains horizons sont extrêmement riches en débris dolomitiques, dessinant des traînées jaunâtres. Localement, mais rarement, la roche est une vraie brèche, avec des fragments de dolomie atteignant 1 cm de diamètre.

La série semble normale et continue et montre que des calcaires spathiques clairs et grossiers (n° 1 et 3) se trouvent au-dessous comme au-dessus des couches à *Arietites*. C'est du reste aussi la conclusion des recherches de M. DE RAAF.

On sait, par la monographie d'ANDRAU (82, p. 79 à 85), que cette lame de Murgaz, toujours constituée par des calcaires spathiques, se retrouve, après les paquets faillés de la Tépaz et de Vers le Sex, dans la région d'Oudiou au-dessus de La Comballaz.

Il est curieux de constater qu'à l'E de Murgaz, jusqu'à la Sarine, on ne trouve nulle part dans cette zone les calcaires spathiques qui la représentent presque seuls à l'W. Mais nous allons les voir localement bien développés dans la zone du Wallegg.

La zone du Wallegg, noyau de la digitation de la Palette

§ 1. Généralités

A la base de la digitation de la Palette, un chapelet de petites lentilles, isolées les unes des autres, souligne le plan de chevauchement qui la sépare du Flysch du Chaussy. C'est ce que nous avons nommé la Zone du Wallegg.

Ces lentilles ne se trouvent qu'au bord radical de la digitation et seulement à l'E du grand décrochement-faille de la limite cantonale que nous avons mentionné plus haut. Nous avons vu que ce paquet oriental montrait, sur le versant méridional de la chaîne, une partie plus radicale de la nappe du Niesen. Il n'est donc pas étonnant que les débris écrasés du noyau mésozoïque ne soient conservés que dans ce segment.

Les plus importantes lentilles se voient au-dessous des chalets de Vorder Wallegg, au SW de Schopfen, environ 1 km au NW de Gsteig. C'est par elles que nous commencerons notre description, qui suivra la zone du NE au SW. Au NE de Schopfen, le plan de chevauchement disparaît sous de grandes masses écroulées qui occupent le versant gauche de la vallée de la Sarine. Les lentilles mésozoïques qui pourraient exister plus au NE sont donc cachées par ces écroulements.

Mais cette zone reparaît à l'E de la Sarine, où M. DE RAAF l'a décrite en détail (100) sous le nom de zone de Gschwend.

§ 2. Lentilles du Vorder Wallegg

Ces lentilles se trouvent à la base de la grande épaule au SE du Wallegg, qui domine Gsteig, au-dessous du pâturage de Vorder Wallegg. La principale détermine une petite paroi cachée parmi les sapins au-dessus des chalets de Schopfen.

Cette lentille principale n'est pas sur le plan de chevauchement de la digitation. Elle représente une tête anticlinale mésozoïque plantée dans le Flysch inférieur de la Palette, coupée très obliquement par la pente et formée de couches obliques à son allongement, selon le croquis schématique ci-joint (fig. 9). Sa composition est la suivante, de bas en haut, en une coupe synthétique:

1^o Flysch grés-schisteux, avec petits bancs de grès quartzites clairs.

2^o Environ 5 m. Flysch grés-schisteux à grès blancs plus calcaires, chargés de graviers dolomitiques, mais sans débris de schistes noirs, et à calcaires siliceux gris.

3^o Environ 5 m. Flysch grés-schisteux semblable à 2, avec lits de conglomérat à ciment calcaire, à petits éléments de dolomie, qui prédomine, de calcaires gris et de silex. Le ciment, généralement d'un calcaire compact gris, ressemble au calcaire du niveau 4; il peut former une grande partie de la roche. Par places le ciment est un grès blanc et rarement les cailloux sont pressés l'un contre l'autre sans ciment.

Notons que ce Flysch à conglomérat et à grès blanc calcaire n'est connu, dans le Flysch grés-schisteux, qu'au contact immédiat des lentilles mésozoïques. Il semble lié stratigraphiquement à elles, par transgression, et représenter ici le complexe basal très réduit.

4^o 0,20 à 10 m. Calcaires gris-bleu à pâte fine, très écrasés, toujours schisteux et souvent en vrais marbres phylliteux à délits séricitisés. On y distingue deux types, superposés:

a) Calcaires sans silex. On y voit par places à la cassure des points noirs qui semblent des foraminifères, mais la roche est trop marmorisée pour qu'on puisse les reconnaître.

b) Calcaires plus massifs, plus clairs, à rognons de silex. Nous y avons trouvé une *bélemnite* et des débris d'*aptychus*.

Ces calcaires gris-bleu forment une petite paroi à la partie SW de la lentille, à l'angle du bois sous le chalet le plus méridional de Vorder Wallegg, sur la croupe de la montagne (chalet 1730). Ils contiennent

des intercalations de schistes argileux brillants, comme ceux que nous avons vus au Sulzgraben dans la zone de Murgaz.

Sous le microscope, ces calcaires se montrent généralement très riches en *radiolaires* entièrement calcitisés et indéterminables. Dans une plaque mince, nous avons vu d'assez nombreux débris de foraminifères, notamment de *textularidés* et de *rotalidés*.

5° Environ 10 m. Calcaires à entroques rouges, chargés de grains de dolomie. Par places les débris d'échinodermes nagent dans une pâte de calcaire compact, irrégulièrement teinté de blanc rosé au rouge

saumon; la cassure en est quelquefois sub-conchoïdale, à éclat laiteux, et montre des coupes de coquilles très minces. Ce calcaire compact peut former des parties considérables de la roche et ne présenter que de petites taches spathiques et de rares grains arrondis de dolomie. Ailleurs le calcaire à entroques passe à une vraie brèche à débris échinodermiques rouges et nombreux fragments dolomitiques. Vers le haut, ces débris dolomitiques augmentent de fréquence et de grosseur, et l'on trouve dans la brèche des blocs de dolomie jusqu'à 1 m de long.

Ces calcaires à entroques nous ont fourni quelques *Rhynchonelles* et *Térébratules*.

6° Environ 5 m. Le cœur triasique de l'anticlinal est formé de cornieule et de dolomie, marmorisée, blanchâtre avec patine jaune.

7° Environ 5 m. Le calcaire à entroques, bréchique, revient. Dans un affleurement isolé par l'éboulis, au N de la lentille, dans un petit bosquet au N du ruisseau qui descend sur les chalets de Schopfen, ce niveau montre bien les parties de calcaire compact, si caractéristiques.

8° 10 à 15 m. Des marbres gris en plaquettes, à cassure compacte, blanche, grisâtre, rosée ou violacée et à traces d'*aptychus*, représentent les calcaires du niveau 4. Ils affleurent dans le ruisseau descendant sur les chalets de Schopfen.

Vers le haut, les affleurements se perdent sous l'éboulis, qui montre des débris de conglomérats du Flysch comme ceux du niveau 3.

Les calcaires compacts à *radiolaires*, *aptychus* et à *bélemnites* des niveaux 4 et 8 sont évidemment d'âge jurassique ou crétacé, sans que l'on puisse ici préciser davantage. Quant aux calcaires spathiques et compacts des niveaux 5 et 7, ils sont probablement liasiques. Nous les avons rencontrés déjà dans les rochers de Murgaz, au-dessus et au-dessous des couches à *Arietites* sinémuriens, et nous les retrouverons dans d'autres lentilles du noyau de la nappe du Niesen. M. DE RAAF les a décrits également entre la Sarine et la Simme, et en a fait une étude détaillée (100, p. 37 à 42), montrant leur grande variabilité et les passages graduels entre les divers types. Nous les désignerons dorénavant par le terme global de «calcaires spathiques liasiques» sans trop préjuger cependant de leur âge, car ce même faciès peut se retrouver à des étages différents.

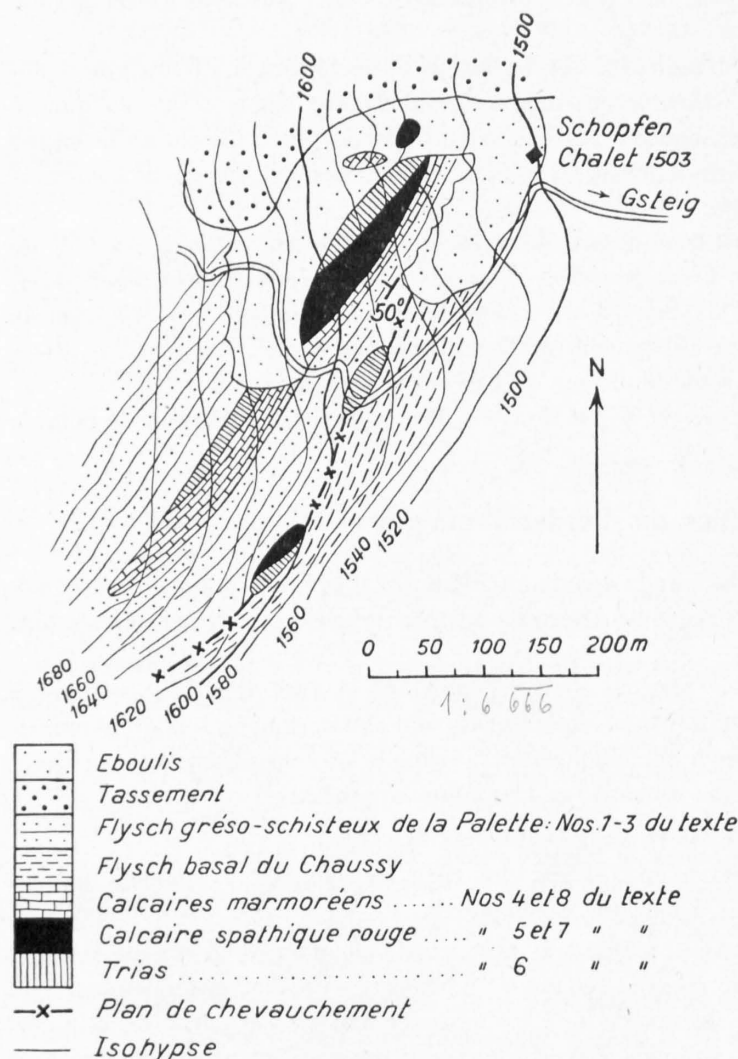


Fig. 9. Plan des lentilles de la zone de Wallegg à Vorder Wallegg.

Une vingtaine de mètres au-dessous de cette lentille principale, deux autres lentilles mésozoïques se trouvent sur le plan de chevauchement lui-même.

La première est traversée par le sentier qui monte de Schopfen à Vorder Wallegg, quelques mètres avant son entrée dans le bois. Elle n'est faite que de calcaire dolomitique du Trias. Elle a une centaine de mètres de longueur et 8 à 10 m d'épaisseur maxima.

La seconde est une centaine de mètres plus au SW, dans une éraillure immédiatement au-delà de la pointe du pâturage de Schopfen. Sa composition est la suivante, de bas en haut :

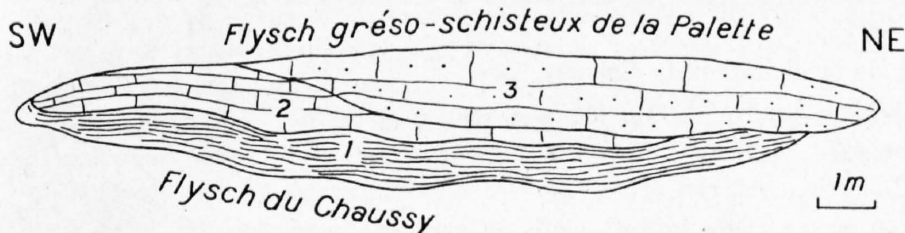


Fig. 10. La petite lentille de la zone de Wallegg.

Voir légende dans le texte.

1° Sur le Flysch du Chaussy, avec une limite nette, la lentille débute par un complexe de «schistes brillants» argileux, gris ou vert foncé, se débitant en plaquettes et contenant de minces lits de calcaire dolomitique. Epaisseur 1 à 2 m.

2° Dolomies à patine jaune, très bréchoïdes à la base. Epaisseur environ 2 m.

3° Calcaires spathiques liasiques gris ou légèrement rosés, mal lités, souvent riches en débris de dolomie, avec quelques parties compactes. Epaisseur environ 2 m.

Au-dessus vient la Flysch grés-schisteux de la digitation de la Palette.

Les schistes verdâtres du n° 1 sont certainement triasiques; ils sont pareils à ceux que nous avons décrits dans plusieurs des coupes de la zone de Murgaz, entre autres au Sulzgraben.

Les dolomies du n° 2 s'écrasent vers le NE entre ces schistes et le calcaire spathique liasique, lequel est l'équivalent des niveaux 5 et 7 de la coupe précédente.

§ 3. La région du Sulzgraben

Environ 250 m au NE du profond ravin du Sulzgraben, à l'altitude de 1660 m, au-dessus des chalets supérieurs d'Äussere Gründ (Auf den Halten sur l'ancienne Carte Siegfried), on retrouve une lentille mésozoïque sur le plan de chevauchement, à la base de la digitation de la Palette. Elle est composée des éléments suivants, de bas en haut (voir fig. 11):

1° Sur le Flysch grés-schisteux (qui peut-être appartient déjà à la digitation de la Palette) reposent 0,50 m de schistes verdâtres argilo-gréseux, sans doute triasiques.

2° Dolomie en gros bancs, 6 m.

3° Série de «schistes brillants» verdâtres ou grisâtres, avec de petits lits de quartzite blanc et de marbre saccharoïde à la base, puis avec de minces lentilles de grès fin. Epaisseur environ 4 m.

4° Ces «schistes brillants» semblent passer graduellement au Flysch grés-schisteux, à grès polygéniques blancs et à grès calcaire blanc à gros débris dolomitiques, mais sans fragments de schistes noirs.

Ici, l'âge des «schistes brillants» du n° 3 ne peut être précisé. Le lit de quartzite qu'ils contiennent

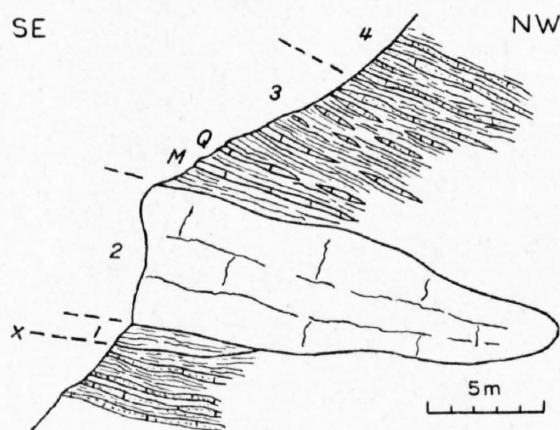


Fig. 11.

Lentille de la zone de Wallegg à 1660 m d'altitude.

Voir légende dans le texte.

à la base ferait croire à du Trias, mais le lit de marbre blanc immédiatement au-dessus, et le passage apparent au Flysch en font douter. Le grès calcaire blanc sans fragments de schistes noirs, de ce Flysch, ne se trouve qu'au contact des lentilles mésozoïques, comme nous l'avons mentionné au paragraphe précédent.

* * *

Dans le ravin même du Sulzgraben, à l'altitude de 1620 m, sur la rive gauche du torrent, une autre petite lentille mésozoïque existe sur le plan de chevauchement. On y relève la coupe suivante, de bas en haut; fig. 12:

1° Flysch de la digitation du Chaussy.

2° 1 m. Schistes argileux vert pomme, gréseux et micacés, par place «brillants», avec de minces lits dolomitiques.

3° 2 m. Dolomie.

4° 1 à 1,50 m. «Schistes brillants» gris ou verdâtres, avec de petites lentilles de dolomie et de calcaire recristallisé, grenu, à cassure blanche, gréseux et schistoïde, contenant de petits débris dolomitiques jaunes.

5° Flysch de la digitation de la Palette.

Les schistes argileux du n° 2 sont évidemment triasiques, comme la lentille de dolomie. L'âge des «schistes brillants» du n° 4 ne peut être précisé: ses lentilles de dolomie seraient triasiques, mais la lentille calcaire, avec ses débris dolomitiques, semble être faite d'un calcaire liasique recristallisé.

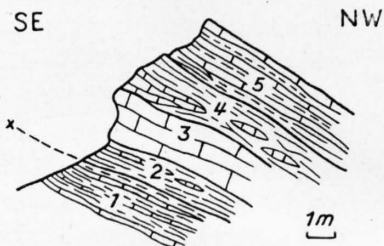


Fig. 12. Coupe d'une lentille de la zone de Wallegg dans le ravin de Sulzgraben à 1620 m d'altitude.

Voir légende dans le texte.

§ 4. Lentilles du Studelistand

Dans le ravin qui descend du col séparant le Studelistand du Blattistand (Studelhorn et Blattistand de la Carte Siegfried) et qui s'écoule au SW des chalets du Lauenenmatte (Lauenenvorsass de la Carte Siegfried), trois lentilles de la zone du Wallegg sont visibles.

La première (fig. 13) sur le versant gauche du ravin, à l'altitude de 1770 m, est sur le plan de chevauchement séparant les deux digitations. Elle présente la coupe suivante, de bas en haut:

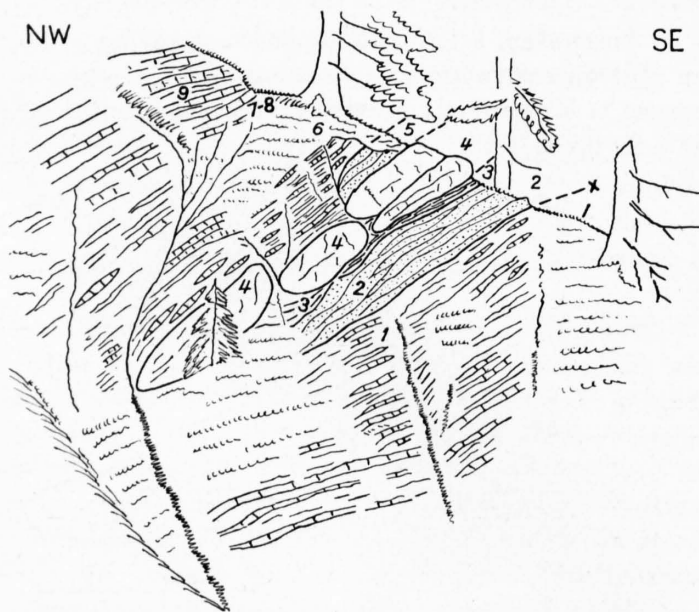


Fig. 13.

Lentille de Studelistand (zone de Wallegg) à 1770 m d'altitude.

Voir légende dans le texte.

1° Flysch du Chaussy, fait de grès calcaires polygéniques et de schistes marneux.

2° 3 m. Quartzites blancs et verdâtres, écrasés, schistoïdes, micacés, à surface sériciteuse.

3° Quelques centimètres de «schistes brillants» verts.

4° 2 à 3 m. Dolomie massive, à patine jaune, par places marmorisée.

5° 0,80 m. Quartzites blancs schisteux.

6° Environ 5 m. Schistes argileux vert clair, par places du type des «schistes brillants», mais généralement gréseux et micacés, comme ceux de la lentille précédente du Sulzgraben (n° 2), contenant de nombreux petits lits ou plaquettes de dolomie jaune, de dolomie saccharoïde et de calcaire dolomitique, de quartzite blanc ou verdâtre et, surtout vers le haut, de calcaire gris recristallisé.

7° 1 à 1,50 m. «Schistes brillants» gris clair, devenant marno-calcaires vers le haut.

8° 0,05 m. Brèche fine à éléments dolomitiques.

9° Flysch débutant avec des grès plaquetés blancs à points jaunes de dolomie et passant au Flysch grésoschisteux avec grès calcaires polygéniques et abondance de schistes marneux.

L'intérêt de cette lentille est qu'elle montre les quartzites du Trias. La base du niveau n° 5 paraît bien être aussi triasique, mais c'est tout ce que l'on peut affirmer. La brèche n° 8 marque peut-être le début du Flysch de la Palette.

La seconde lentille se trouve une dizaine de mètres plus haut, dans le versant droit du ravin; elle n'est pas sur le plan de chevauchement, mais dans la masse même du Flysch grésoschisteux de la Palette. Elle est fort petite et se compose surtout de calcaire spathique rose, liasique, avec à la base quelques lits de calcaires dolomitiques écrasés.

La troisième lentille (fig. 14), notablement plus grande, est dans le prolongement de la seconde, au sommet d'un petit ravin latéral, quelques mètres à l'W du ravin principal. Elle est aussi englobée dans le Flysch de la Palette. Sa composition, de bas en haut, est la suivante:

1° 4 m. Dolomie à patine jaune, en bancs massifs, avec de rares intercalations de «schistes brillants» verts, à pyrite.

2° 5 m. «Schistes brillants» verts ou gris verdâtres, durs et cassants, et comme injectés de très minces plaquettes ou lentilles de calcaire dolomitique parfois violacé. Ces lentilles ont rarement plus de 1 cm d'épaisseur. Certaines parties de ces schistes sont lie de vin.

3° 2 m. Dolomie en petits lits, généralement à patine jaune, souvent bréchoïde. Au sommet, quelques petites couches de brèche à éléments dolomitiques, par places à ciment rouge ou vert.

4° 2 m au maximum. Calcaire spathique; les entroques sont rouge brique, ou roses, ou blanches. Le calcaire est localement bréchiq, avec de nombreux gros cailloux de dolomie. A la base, on a des parties compactes, rouges ou blanches, assez développées. Au sommet, il y a des intercalations de schistes argilo-gréseux, micacés, d'un vert-bleu assez frappant.

5° 1 à 2 m. «Schistes brillants» gris, devenant calcaires vers le haut et renfermant des grès calcaires. Le tout passe graduellement au Flysch grésoschisteux.

La base de la lentille est évidemment faite de Trias, mais le niveau n° 4 semble liasique. Quant aux «schistes brillants» du n° 5, ils représentent probablement déjà la base du Flysch grésoschisteux.

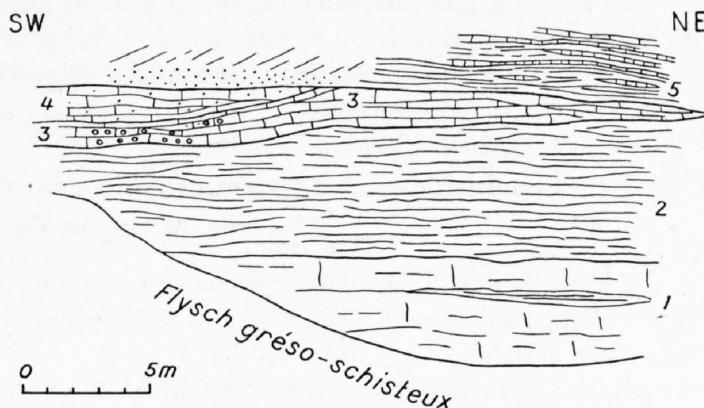
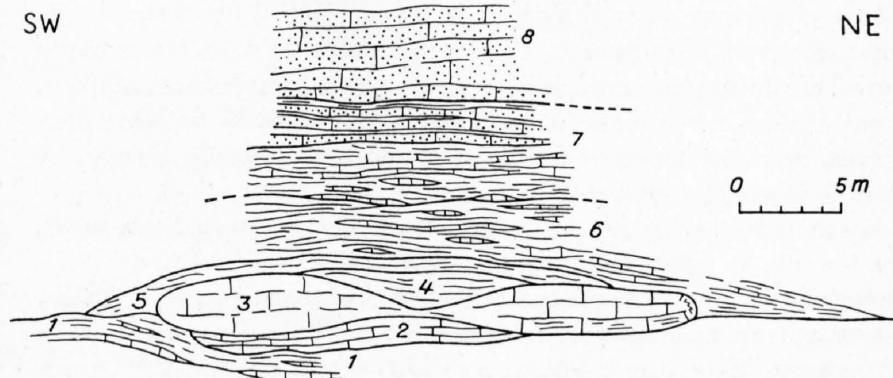


Fig. 14. Troisième lentille de Studelistand, zone de Wallegg, à 1770 m d'altitude.

Voir légende dans le texte.

* * *



Une dernière petite lentille de cette zone (fig. 15) se trouve au SW du Studelistand, immédiatement au-dessous du col qui le sépare du Seeborghorn, à l'altitude d'environ 1910 m. Elle est sur le plan de chevauchement. Voici sa coupe, de bas en haut:

Fig. 15.
Lentille au SW de Studelistand.
Voir légende dans le texte.

1° Flysch de la digitation du Chaussy.

2° 1 à 2 m. Dolomie schistoïde et bréchoïde.

3° 3 à 4 m. Calcaires spathiques liasiques, gris ou rosés, bréchiques, avec débris de dolomie. Les parties compactes sont importantes, gris clair ou roses, par places gris foncé. Au sommet, sporadiquement, on a 10 cm de brèche grossière, spathique, à débris dolomitiques.

4° 2 m. «Schistes brillants» gris, typiques.

5° 0,50 m. «Schistes brillants» vert pomme ou vert pâle, remplis de petits cubes de pyrite.

6° Environ 3 m. Ces «schistes brillants» commencent à se charger de petites couches, parfois lenticulaires, de grès blancs à points dolomitiques jaunes et fragments de schistes noirs ou verts. Ces grès augmentent peu à peu d'importance, prennent une teinte plus grise, s'enrichissent en débris dolomitiques et schisteux et deviennent bientôt des grès polygéniques typiques du Flysch grésoschisteux. Mais entre eux, on a toujours de petites intercalations de schistes vert pomme.

7° Environ 5 m. Schistes argilo-calcaires gris, analogues à des «schistes brillants», contenant de petits lits de calcaire gréseux gris et de grès calcaire.

8° Flysch à grès quartzites blanches, en couches atteignant 0,40 m d'épaisseur, avec intercalations de schistes marneux.

Cette lentille montre de façon remarquable le passage graduel des «schistes brillants» au Flysch grésoschisteux.

§ 5. Conclusions sur la stratigraphie des noyaux mésozoïques des digitations de la nappe du Niesen

L'examen détaillé des affleurements des zones de Murgaz et du Wallegg nous permet de caractériser maintenant la série stratigraphique des noyaux de la nappe du Niesen, telle qu'elle se présente dans notre région.

Le trait le plus frappant est sa variabilité d'un affleurement à l'autre. Cette variabilité est due soit à des écrasements tectoniques, soit à des changements latéraux de faciès, soit encore à la transgressivité du Flysch, sans que l'on puisse toujours déterminer auxquels de ces phénomènes elle se rapporte dans chaque cas particulier. C'est évidemment, par exemple, un effet de la tectonique si le soulèvement cristallin ne se trouve que dans la contrée de Gsteig, et l'effet de la transgression du Flysch si la zone de Murgaz y est réduite au Trias. Mais pour d'autres particularités on ne peut trancher la question.

Le rôle que jouent les «schistes brillants» pose de pareils problèmes. On les voit envahir localement les sédiments du Trias, qui ailleurs en sont dépourvus. On les voit d'autre part s'intercaler parmi des calcaires à *aptychus* et à *bélemnites*, ou se charger de *marbres à calpionelles*, et l'on sait qu'ils se retrouvent par places dans le complexe basal du Flysch. Il est donc certain que les «schistes brillants» sont un faciès récurrent, qui revient à des étages divers de la série du Niesen.

Mais peut-il envahir tous les étages anté-sénoniens de cette série et les représenter à lui seul, c'est ce que nous ne pouvons pas déterminer. Car il est possible, par exemple, que les calcaires spathiques liasiques soient simplement écrasés là où les «schistes brillants», comme dans la coupe de la zone de Murgaz au Sulzgraben, occupent toute l'épaisseur entre le Trias et le Flysch. Mais il est aussi possible qu'ici le faciès des «schistes brillants» ait envahi le Sinémurien. Ce pourrait être le cas dans tout le noyau de la digitation du Chaussy à l'E du rocher de Murgaz, sans que nous ayons aucune preuve pour l'affirmer.

En outre, il faut remarquer que certains des faciès décrits à l'E de la Sarine par M. DE RAAF dans ses zones de Gschwend et de Krinnen, qui correspondent à nos zones du Wallegg et de Murgaz, ne se retrouvent pas dans notre région. Tels sont les *schistes à bélemnites* du Lias.

Malgré ces réserves, nous pouvons tenter, en synthétisant les données de tous nos affleurements, d'établir la succession normale des terrains du Niesen antérieurs au Flysch :

Au-dessus du cristallin paléozoïque, représenté par les «schistes de Casanna», repose le Trias. Il est composé de quartzites à la base, puis de calcaires dolomitiques et de cornieule. Du gypse y intervient aussi localement, sans que l'on puisse fixer à quel horizon. Le calcaire compact que nous avons

mentionné sur Les Crêtes et qui ressemble au Trias radical des Préalpes médianes, appartient probablement aussi à la nappe du Niesen. Des «schistes brillants» peuvent s'intercaler dans le Trias, mais ils sont généralement bien reconnaissables, souvent verts, gréseux et micacés, souvent aussi chargés de petits lits dolomitiques.

Le Lias inférieur est fait souvent de calcaires spathiques, avec parties compactes et parties bréchiques, blanchâtres ou rosés, avec des niveaux plus sombres et chargés de silex. Outre quelques *térébratules* et *rhynchonelles* trouvées au Vorder Wallegg, nous n'y avons récolté que des *Arietites bisulcatus* du Sinémurien. Cela ne veut pas dire qu'ils ne représentent que cet étage.

Au-dessus, nous trouvons au Vorder Wallegg des calcaires gris, avec ou sans silex, souvent marmorisés, contenant des débris d'*aptychus* et de *bélemnites*, dont on ne peut préciser l'âge, qui rappellent cependant le Jurassique supérieur d'autres unités préalpines. Nous ne les avons retrouvés tels quels nulle part ailleurs dans nos deux zones, mais il se peut qu'ils soient représentés par les couches lenticulaires de calcaires gris intercalés dans les «schistes brillants» de la zone de Murgaz, au Sulzgraben, à Lauenenmatte et au-dessous du Seeborghorn. En effet, au Vorder Wallegg, ces calcaires gris contiennent une intercalation de «schistes brillants».

Le Tithonique ou le Berriasien sont clairement indiqués par les lentilles, en partie marmorisées, de calcaires à *calpionelles* qui sont interstratifiées dans les «schistes brillants» du Sulzgraben.

Ce sont là ses seuls étages qui soient plus ou moins nettement datés dans nos séries. Les autres, comme nous l'avons dit, peuvent soit manquer par écrasement ou transgression du Flysch, soit être représentés par une partie des «schistes brillants».

Chapitre IV

Divisions stratigraphiques du Flysch du Niesen et définitions lithologiques

§ 1. Divisions stratigraphiques

Ces divisions ont été entrevues déjà par B. STUDER, puis par H. SCHARDT, mais elles n'ont été clairement définies qu'en 1927 par M. LUGEON et E. ANDRAU (79, p. 289-295) dans le massif du Chaussy. Le schéma établi par ces auteurs, et précisé par E. ANDRAU en 1929 (82), peut s'étendre à notre région, avec quelques changements dont nous parlerons dans la suite. Nous commencerons par indiquer les caractères principaux de ces subdivisions.

L'ensemble du Flysch du Niesen peut être divisé en trois grands complexes: Flysch inférieur, Flysch moyen et Flysch supérieur. Ils sont de puissance inégale, l'inférieur ayant au moins 600 m d'épaisseur, tandis que le Flysch moyen ne dépasse guère 200 m; quant au Flysch supérieur, il est si uniforme et plastique et si replié avec le Flysch des Préalpes internes de la Grande Fenêtre mi-toyenne (110), que l'on ne peut se faire aucune idée de son épaisseur originelle.

* * *

A. **Le Flysch inférieur** comprend plusieurs niveaux distincts mais dont plusieurs passent l'un à l'autre graduellement. Ce sont, de bas en haut:

a) le complexe basal, discontinu et variable, mais bien développé en certains points, avec une brèche de base typique. Le complexe atteint 200 m d'épaisseur sur la route de Gsteig, au-dessus des schistes cristallins découverts par M. LUGEON (61, 62) au bord radical de la digitation du Chaussy. Nous ne le connaissons pas dans la digitation de la Palette.

D'après de récentes trouvailles d'*orbitolines* dans le Flysch inférieur faites par M. AUGUSTIN LOMBARD (118), on pourrait penser que la brèche de base du Niesen est cénomaniennne. Mais dans cette brèche, à peu de distance de la lame cristalline de Gsteig, M. LUGEON me signale la présence de *Siderolites*.

Puis, dans la brèche à gros blocs exotiques de Champ Pélerin, en amont du Sépey (vallée des Ormonts), il a reconnu des *Orbitolines* accompagnant des *Siderolites*. Il apparaît donc que l'on a affaire à des *Orbitolines* étrangères charriées comme élément fin de la brèche; à Aigremont et ailleurs, la présence de blocs de Barrémien à *Orbitolines* dans cette brèche de base est relativement fréquente.

b) Le Flysch gréso-schisteux, où les grès siliceux prédominent, en alternance irrégulière avec des schistes marneux; ces grès, de grain moyen, piqués de dolomie jaune et de menus fragments de schistes noirs, forment de gros bancs au milieu du niveau; dans le bas, les schistes augmentent d'importance; vers le haut, les grès, en couches plus minces, deviennent graduellement plus calcaires et passent au complexe suivant. L'ensemble atteint environ 300 m d'épaisseur.

c) Le Flysch gréso-calcaire, où les schistes disparaissent et sont remplacés, dans leur alternance avec les grès, par de minces lits de calcaires siliceux à patine rousse. Les grès eux-mêmes sont plus riches en dolomie et moins uniformes que dans le niveau précédent: certains bancs sont plus grossiers et deviennent de fines brèches, chargées de débris schisteux, et d'aspect feuilleté pour peu qu'elles soient écrasées. L'épaisseur de l'ensemble est d'environ 200 m. Vers le haut, les brèches deviennent plus grossières, mais le début du niveau suivant est généralement net.

d) Le Flysch à gros bancs de conglomérat ou conglomérat intermédiaire est caractérisé par des bancs de 2 à 3 m, et jusqu'à 7 m, d'un conglomérat polygénique très compact, sans ciment, fait de cailloux généralement arrondis de roches cristallines, de dolomie et de calcaires. Les éléments, en moyenne, ont la grosseur du poing, mais peuvent être beaucoup plus volumineux. Le premier banc de ce conglomérat survient brusquement dans la série. En même temps, les couches de grès et de calcaire roux, intercalés entre les conglomérats, deviennent plus épaisses que dans le niveau précédent, et des couches de schistes calcaires les accompagnent. La puissance de ce niveau oscille autour de 100 m. C'est dans la partie supérieure de ce niveau qu'en 1926 nous avons trouvé, dans des grès à ciment calcaire, des foraminifères déterminés plus tard (101, 104) comme *Siderolites Vidali* Douv. caractéristiques du Maestrichtien.

e) Le Flysch à calcaires blancs. Les gros bancs de conglomérat cessent aussi brusquement qu'ils ont commencé, et le niveau suivant est caractérisé par l'importance prédominante qu'y prennent des assises de 1 à 2 m d'épaisseur d'un calcaire compact blanchâtre, ou plutôt bleuté, essentiellement formé de spicules d'éponges. Les assises sont plaquetées et riches en *helminthoïdes*. Ces calcaires bleutés alternent irrégulièrement avec des calcaires roux semblables à ceux des niveaux précédents et avec des grès devenus plus calcaires, plus bleutés, fort compacts, passant à de fines brèches, également bleutées et compactes. L'épaisseur de l'ensemble varie autour de 100 m.

* * *

B. Le **Flysch moyen** comprend deux niveaux fort différents, et contraste de façon frappante avec le Flysch inférieur.

a) Le conglomérat moyen est une masse remarquable, de 40 à 80 m d'épaisseur, formée presque uniquement de gros bancs de conglomérat polygénique. Il ressort nettement dans la morphologie et souligne la tectonique. La composition de chaque couche est peu différente de celle des gros bancs de conglomérat du Flysch inférieur; la taille des éléments y est pourtant un peu moins variable dans une même assise. Des lits réguliers de grès et de calcaires peuvent s'y intercaler, mais ils ne jouent qu'un rôle très subordonné par rapport à la masse des conglomérats.

b) Le Flysch à Nodosaires, qui succède assez brusquement au conglomérat moyen, est fait de calcaires sableux et marneux, d'un gris-bleu sombre, généralement lités, parfois schistoïdes. A la surface des couches se voient localement de petits foraminifères et surtout des nodosaires, à test blanchâtre. Ces calcaires peuvent passer à de vrais schistes, plus marneux et plus foncés. Ici et là des bancs de poudingue polygénique, à ciment calcaire ou schisteux, s'y intercalent aussi. Ce niveau varie de 100 à 200 m d'épaisseur. Nous indiquons, plus loin (chapitre XI), les foraminifères caractéristiques de ce niveau.

* * *

c) Le **Flysch supérieur**, auquel passe assez rapidement le Flysch à Nodosaires, est un complexe de schistes fins gris foncé, à *Chondrites*, contenant des lits de grès compacts, micacés, de grain fin et ciment calcaire. Ce Flysch est beaucoup plus banal que celui des niveaux précédents, et rien ne le distingue du Flysch des nappes helvétiques ou des autres nappes préalpines.

Dans ce Flysch supérieur, M. AUGUSTIN LOMBARD (111), ainsi que M. KASPAR ARBENZ, ont signalé des discocyclines et des lithothamnies. Son âge paléocène semble bien établi.

§ 2. Définitions lithologiques

Avant de décrire en détail ces différents niveaux, il nous paraît utile de préciser les termes que nous employons pour désigner les roches qui les composent. Ces termes sont en effet assez vagues et leur emploi pourrait prêter à équivoque.

M. DE RAAF, dans sa description du territoire voisin du nôtre, a pris la même précaution (100, p. 3 à 4). Nos définitions seront les mêmes que les siennes, mais il est bon de les rappeler brièvement.

Le Flysch est constitué par une alternance plus ou moins régulière de schistes, de calcaires, de grès et de conglomérats.

Les conglomérats comprennent les poudingues, à éléments roulés, et les brèches à éléments anguleux, mais la plupart des conglomérats de notre Flysch ne se rangent pas nettement dans l'une de ces classes. Suivant la nomenclature de THOULET¹⁾, les éléments se divisent en galets ou cailloux (dont le volume dépasse 1 cm³) et en graviers (dont le diamètre est de 10 à 3 mm). Nous parlerons de conglomérat grossier lorsque les éléments dépassent 5 cm de diamètre, et de conglomérat fin lorsque les éléments sont des graviers; sans spécification, il s'agira d'éléments de grosseur intermédiaire, de 5 à 1 cm de diamètre.

Nous dirons que les éléments d'un banc de conglomérat sont assortis lorsque leur taille est à peu près égale, ou du moins la taille des plus gros et des plus nombreux, car dans un conglomérat grossier il y a toujours des grains plus fins dans les interstices. Ces grains peuvent former un ciment lorsqu'ils sont réunis en une pâte à peu près homogènes, mais cela est très rare dans les conglomérats du Flysch du Niesen. Le plus souvent il n'y a pas de pâte fondamentale distincte des cailloux, galets ou graviers. Par contre, il est assez fréquent qu'une pellicule de schistes noirs enveloppe les éléments.

Tous les conglomérats du Flysch du Niesen sont polygéniques, c'est-à-dire composés à la fois d'éléments sédimentaires et cristallins. Nous le spécifierons cependant lorsque la variété des composants sera particulièrement remarquable. Les calcaires, dans ces conglomérats, existent soit en blocs bien délimités, bien ou moins arrondis, soit en traînées assez informes, pouvant simuler un ciment calcaire localisé qui aurait coulé dans les interstices entre les autres éléments; on voit cependant que ces traînées sont composées de cailloux de calcaires différents, spathiques, compacts ou siliceux, qui sont pressés les uns contre les autres. Nous les appellerons des traînées calcaires.

Les grès, faits essentiellement de grains de quartz, seront dits, d'après la nomenclature de THOULET, grossiers lorsque le diamètre des éléments varie de 3 à 1 mm de diamètre, moyens lorsqu'il est de 1 à 0,5 mm et fins lorsqu'il est inférieur à 0,5 mm. Nos grès sont toujours plus ou moins polygéniques, c'est-à-dire qu'à côté des grains de quartz ils contiennent des éléments dolomitiques, des petits fragments de schistes divers, parfois de feldspaths, de spicules d'éponges, de foraminifères, etc. Mais la proportion de ces éléments étrangers est très variable et souvent la prédominance de l'un ou de l'autre est ce qui caractérise le mieux certains types. Presque tous nos grès sont micacés, plus ou moins abondamment; et exclusivement, à ce que nous avons pu observer, par du mica blanc.

Les grès du Flysch du Niesen sont, en grande majorité, calcaires — c'est-à-dire, suivant les définitions de CAYEUX, à ciment calcaire. Et l'on a tous les passages entre grès calcaires et calcaires gréseux. La distinction entre ces deux types repose, en principe, sur la proportion du carbonate de chaux et de la silice, la limite étant à 50 % de l'un ou de l'autre. Mais cette limite est extrêmement difficile à apprécier, en l'absence d'analyses quantitatives; l'examen sur le terrain ou même au microscope, permet

¹⁾ THOULET, Fonds sousmarins, Paris 1907, p. 56.

rarement une détermination rigoureuse. Il subsiste donc un certain flottement dans le choix de ces termes, et une part d'évaluation personnelle.

Parmi les calcaires siliceux, M. DE RAAF (100, p. 3 et 4) introduit une distinction entre calcaires gréseux, où les grains de quartz, quoiqu'en minorité par rapport au carbonate de chaux, forment une trame continue dans la roche, et calcaires sableux, où les grains de quartz sont isolés les uns des autres dans la pâte calcaire fondamentale. Cette distinction nous paraît heureuse, et nous nous en servons couramment.

Quant aux schistes du Flysch du Niesen, ils contiennent presque toujours aussi une proportion appréciable de calcaire. Nous parlerons de schistes marneux lorsqu'ils font effervescence à l'acide chlorhydrique et de schistes argileux lorsqu'ils n'y réagissent pas; on aura aussi des schistes marno-calcaires, et même calcaires, lorsque des calcaires marneux ou francs seront feuilletés par l'écrasement.

Chapitre V

Le complexe basal

§ 1. La route de Gsteig

L'affleurement le plus remarquable de ce complexe, dans notre région, est celui de la route de Gsteig (fig. 16), découvert en 1914 par M. LUGEON, où l'on voit le Flysch transgresser directement sur le Trias du noyau mésozoïque et paléozoïque de la digitation du Chaussy. Cet affleurement classique se trouve 500 m au N de Gsteig, au bord ouest de la route qui fait ici un virage brusque pour contourner l'éperon déterminé par ces couches.

Sur la dolomie triasique le Flysch fait suite comme s'il s'agissait d'une série normale. Il débute par une couche de 0,40 m de grès schisteux verdâtres et de schistes argileux jaune verdâtre à surface brillante; dans le haut de cette couche se trouvent des blocs lenticulaires de calcaires dolomitiques gris et de quartzites. Un de ces blocs dolomitiques a 2 m de long et prend l'allure d'un lit en place.

Puis vient la véritable brèche de base, sur 25 m d'épaisseur. Elle est faite d'une quantité de fragments de schistes cristallins verts, micacés («schistes de Casanna»), de toutes tailles et fortement pressés les uns contre les autres, enchevêtrés en mosaïque sans ciment visible. Dans cette sorte de pâte nagent des cailloux assez arrondis de dolomie jaune, atteignant 10 cm de diamètre, et de moins

nombreux éléments de quartzites triasiques, de calcaires et de roches cristallines grenues, blanches ou verdâtres.

Sur cette masse de brèche, assez homogène, reposent quelques gros bancs de conglomérat polygénique, atteignant 2 m d'épaisseur. Les éléments, de taille variable, jusqu'à 5 cm et plus rarement jusqu'à 20 cm de diamètre, sont arrondis et serrés ensemble, sans ciment; ce sont des «schistes de Casanna», des quartzites, des calcaires, des dolomies, des roches cristallines grenues et des fragments de schistes argileux gris ardoise, se débitant en petites plaquettes.

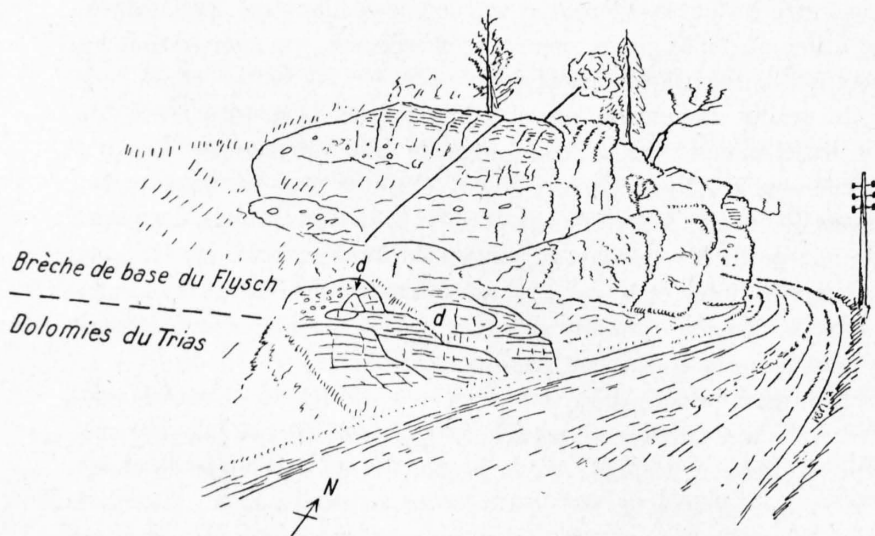


Fig. 16. La transgression du Flysch sur le Trias. Bord de la route cantonale à 1 km au N de Gsteig.

d = Blocs de calcaire dolomitique du Trias dans la brèche de base du Flysch.

Entre ces bancs de conglomérat s'intercalent des grès calcaires micacés, avec de minces délits schisteux. Ces grès forment, immédiatement au-dessus de la brèche de base, un complexe contenant à sa partie inférieure les conglomérats dont nous venons de parler, mais qui cessent bientôt d'interrompre la série gréseuse, laquelle se poursuit sur une trentaine de mètres d'épaisseur. Deux types de grès y alternent irrégulièrement, en lits de 0,10 à 0,40 m: l'un à grain fin, à cassure foncée, piqué de rares fragments de schistes noirs et de dolomie; les couches sont plaquetées et couvertes de grandes plages de mica. L'autre est plus grossier, à cassure claire, avec des débris de dolomie et de schistes noirs souvent très nombreux.

Au-dessus vient une épaisse série de calcschistes micacés, gris foncé, qui domine la route. Ces calcschistes contiennent des couches de grès calcaires et de calcaires gréseux, généralement bien plaquetés et micacés, irrégulièrement intercalées dans la série; ils contiennent aussi des traînées bréchoïdes, où des blocs de «schistes de Casanna», de dolomie, de silex et de granites sont écrasés en lentilles dans la masse schisteuse. Une grande lentille de «schistes de Casanna», de 3 m de longueur, se voit quelques mètres au-dessus de la route, au dernier promontoire rocheux avant le ruisseau qui descend au N de Schüdelen.

En remontant ce ruisseau, on traverse une série supérieure à ces calcschistes, faite essentiellement, d'abord, d'une brèche fine, riche en fragments de schistes cristallins verts et de dolomie, avec un ciment quartzeux très réduit; les éléments sont écrasés et les couches irrégulièrement feuilletées. Ces brèches ont 10 à 15 m d'épaisseur et vers le haut alternent avec des calcaires plaquetés, souvent micacés, des schistes fins et des grès calcaires grossiers à grandes plages de mica blanc. Ces grès deviennent de plus en plus importants dans la partie supérieure du complexe.

Nous avons décrit toute cette série faisant suite à la brèche de base proprement dite, parce qu'elle nous semble appartenir entièrement au niveau inférieur du Flysch. Elle ne représente ni le niveau gréso-schisteux, ni le niveau gréso-calcaire, tels qu'ils apparaissent dans le Chaussy. D'autre part, la série du Flysch est ici continue, depuis sa transgression manifeste sur le Trias jusqu'au ruisseau de Schüdelen. Nous pensons donc que les couches superposées à la brèche de base font partie de ce niveau inférieur, si variable d'un point à l'autre et le plus souvent écrasé sous la masse du Flysch ou absent par défaut de sédimentation.

En remontant, de la route de Gsteig, le ravin sud de Vorder-Wallegg, dont le cône de déjection atteint cette route immédiatement au S de l'affleurement de «schistes de Casanna», nous pourrions observer une série très analogue à celle que nous venons de décrire.

Ici aussi, la brèche de base du Flysch repose directement sur les dolomies triasiques; elle est seulement réduite à 15 m d'épaisseur. Les grès qui lui font suite, sur 40 à 50 m d'épaisseur, sont plus écrasés et plus schisteux qu'au bord de la route. Et ils sont ici dominés par un gros banc de conglomérat polygénique compact, d'une dizaine de mètres, à cailloux roulés de calcaires et de roches cristallines. Puis vient la série des calcschistes foncés, avec ses intercalations gréseuses et ses traînées bréchoïdes, riches en blocs de «schistes de Casanna», sur environ 200 m d'épaisseur.

§ 2. Coupe de Halten-Vorsass

A environ 500 m à l'W de Gsteig, nous retrouvons une bonne coupe de la brèche de base dans une éraillure qui domine Halten-Vorsass. Elle repose sur les schistes brillants. Elle a ici une quinzaine de mètres d'épaisseur et présente les mêmes caractères que sur la route de Gsteig: une sorte de pâte formée de fragments de «schistes de Casanna», vert foncé, contenant des cailloux de dolomie, de quartzites, de calcaires et de roches granitiques. Mais ici, cette masse de brèche est coupée de quelques intercalations schisteuses et gréseuses.

Sur elle revient une série de schistes brillants, gris et par places verdâtres, identiques à ceux d'au-dessous, avec des intercalations gréseuses et de petits lits de calcaire marmoréen d'un gris laiteux. L'ensemble a 20 ou 25 m d'épaisseur.

Puis un banc de 2 à 3 m fait saillie; c'est une brèche presque entièrement composée de fragments de «schistes de Casanna», à tel point qu'on la prendrait pour une lame cristalline; de rares cailloux dolomitiques montrent cependant que c'est bien une brèche, analogue à la précédente.

Au-dessus s'élève, sur 15 m d'épaisseur, une série de grès calcaires, en couches irrégulières atteignant 0,30 m, avec des intercalations de schistes brillants noirs ou par places verdâtres. Les grès sont gris clair, à grain assez grossier mais fort serré, avec des débris dolomitiques et des fragments de schistes noirs. Ils ressemblent fort à ceux qui dominent la brèche de base sur la route de Gsteig, mais les intercalations de schistes brillants donnent à ce complexe un cachet spécial.

Sur les 45 m suivants, ces mêmes grès se poursuivent, mais les intercalations schisteuses y sont plus rares, et les schistes n'y sont plus brillants: ce sont des schistes argileux, gris ou verdâtres, du type banal du Flysch.

Cette série est dominée, sur 160 m d'épaisseur, par un complexe où alternent irrégulièrement des grès analogues, mais plus grossiers, où les éléments atteignent 1 cm de diamètre, d'autres grès plus fins, des schistes argileux noirs ou verts, non brillants, et des calcschistes moins abondants. Les fines brèches forment des couches atteignant 0,50 m d'épaisseur; elles sont écrasées et irrégulièrement feuilletées. Les débris de «schistes de Casanna» y tiennent la plus grande place, mais les fragments dolomitiques sont abondants aussi, et les fragments de schistes noirs sont par places très nombreux. C'est le même complexe que dans le ruisseau descendant au N de Schüdelen, sur la route de Gsteig.

Comme pour la route de Gsteig, nous avons donné la coupe de toute la série qui représente ici la digitation du Chaussy, car il nous semble qu'elle appartient toute entière au complexe basal du Flysch. Ce qui la distingue de celle de la route de Gsteig, c'est le rôle qu'y jouent, à différents niveaux, les schistes brillants, gris, noirs ou verdâtres. Nous les connaissons, associés aux roches les plus diverses de la série stratigraphique du Niesen, aussi bien parmi les couches jurassiques et triasiques que dans le Flysch.

Ici, ces schistes brillants apparaissent d'abord entre la cornieule et la brèche de base du Flysch. Rien ne nous permet de déterminer leur âge. Ils sont peut-être triasiques, mais peuvent aussi bien être jurassiques ou crétacés; en l'absence d'autres sédiments plus caractéristiques, on ne peut trancher la question. Les schistes brillants reviennent au-dessus de la brèche de base en série normale sans doute, et même dans le complexe de la brèche, puisqu'un banc de conglomérat se retrouve au-dessus d'eux; plus haut, ils s'intercalent entre les grès du Flysch tout à fait analogues à ceux de la route de Gsteig.

La coupe suivante nous montrera d'une autre façon l'importance du rôle de ces schistes brillants.

§ 3. Le Sulzgraben

Dans un chapitre précédent nous avons décrit la série des schistes brillants du ravin du Sulzgraben. Au-dessus de cette série vient la brèche de base du Flysch, identique à celle de la route de Gsteig et de la coupe de Halten-Vorsass. Elle a environ 10 m d'épaisseur; les fragments de «schistes de Casanna» en constituent l'essentiel, avec des éléments de calcaire dolomitique. On a d'abord un banc de 1 m de cette brèche, où l'on remarque un gros bloc lenticulaire de calcaire dolomitique, de 2,50 m sur 0,75 m. Puis une intercalation, de 1 m aussi, de schistes brillants gris, passant latéralement à la brèche; ces schistes contiennent ici de petites lentilles de calcaires marmoréens. Au-dessus vient une masse de brèche de 8 m d'épaisseur. Elle est suivie par une couche de 1 m de grès calcaire gris, en lits irréguliers, avec de faibles intercalations schisteuses. Puis revient un banc de 1 m de brèche semblable à la précédente.

Au-dessus s'élève une série gréseuse, très épaisse et fort analogue, dans l'ensemble, à celle qui fait suite à la brèche de base sur la route de Gsteig et à Halten-Vorsass. Mais le ravin profond qu'y taille le Sulzgraben est coupé de parois inaccessibles, et nous n'avons pas pu en analyser le détail.

§ 4. Lauenenmatte

On retrouve un affleurement du complexe basal dans l'extrémité nord-est du pâturage de Lauenenmatte, ou Lauenenvorsass (v. feuille 47, Carte Siegfried), 250 m à l'W du Sulzgraben, à l'altitude de 1590 m.

On y voit une dizaine de mètres de schistes brillants surmontés par la brèche de base du Flysch, épaisse ici de 5 m et composée presque entièrement de fragments de «schistes de Casanna». Ce banc paraît

vraiment être une lame de schistes cristallins, et il faut bien chercher pour trouver, dans sa pâte, des cailloux de dolomie et de calcaire attestant que c'est une brèche.

Au-dessus s'élève la série du Flysch basal de la digitation du Chaussy, telle que nous l'avons décrite à Halten-Vorsass et sur la route de Gsteig, mais plus schisteuse que dans les coupes précédentes.

§ 5. La base du Seeberghorn et le plateau des Moilles

Au SW de cet affleurement de Lauenenmatten, la partie inférieure du Flysch est cachée par des éboulis. Lorsqu'elle reparait, au-dessus des éraillures sombres, liasiques, de Brand, sous le Seeberghorn, la brèche de base n'y existe généralement pas. Elle réapparaît à environ 5 km à l'WSW de la Lauenenmatte, dans le ruisseau qui sépare les Moilles de la croupe des Crêtes, vers 1700 m d'altitude. En remontant ce ruisseau, on traverse la série d'Oudioux surmontée par une barre de cornieule de 2 à 3 m d'épaisseur représentant l'écaille de Murgaz.

Sur la cornieule se trouvent quelques mètres de schistes brillants très laminés, contenant de petites lentilles de calcaires marmoréens. Ils sont surmontés par les grès et schistes roussâtres du Flysch. Mais localement, à la base de ce Flysch, sur une épaisseur de 10 à 15 m, se trouve une série de «schistes brillants» gris foncé, finement fissiles, se débitant en plaquettes. Ces «schistes brillants» contiennent souvent de nombreux petits lits d'une brèche fort curieuse: ces lits n'ont généralement que 0,05 à 0,10 m d'épaisseur, mais renferment des cailloux lenticulaires jusqu'à 10 cm d'épaisseur. Ces éléments, formés surtout de «schistes de Casanna», de granites, de silex localement très nombreux, et de quelques calcaires, sont pressés les uns contre les autres, sans ciment; par places, un seul caillou occupe toute l'épaisseur du lit. Les «schistes brillants» contiennent en outre d'assez grands blocs lenticulaires de «schistes de Casanna», de granites, de calcaires, etc. Et par places enfin on a une véritable brèche de base, analogue à celle de la route de Gsteig, mais très sporadique. Cette série est surmontée par les grès et schistes roussâtres, avec quelques conglomérats, analogues à ceux que nous avons vus jusqu'ici.

Ici donc, nous voyons la brèche de base réduite à des traînées discontinues dans une masse essentiellement schisteuse et présenter des caractères assez différents de l'agrégat de «schistes de Casanna» que nous avons rencontré jusqu'ici. Pourtant, cet ensemble nous paraît représenter tout le complexe basal décrit dans nos coupes précédentes.

§ 6. La Combaz d'Ayerne

Au NW du plateau des Moilles, le ravin que creuse le torrent d'Ayerne (appelé plus bas torrent du Plan) montre de nouveau, à La Combaz, vers 1450 m d'altitude, des conglomérats fort analogues à ceux que nous venons de voir à la base du Flysch du Niesen. Les couches plongent vers le NW et sont dirigées à peu près parallèlement au torrent. Le versant droit du ravin, dont le fond est ici occupé par l'Aalénien est coupé d'une éraillure où apparaît la base de la digitation du Chaussy. Mais ici se présente une petite complication tectonique, un repli qui amène les conglomérats dans une situation anormale.

Ils reposent directement sur l'Aalénien, en un gros banc de 5 m d'épaisseur. C'est une brèche polygénique à gros éléments anguleux, enveloppés par des schistes noirs micacés. Les éléments sont des calcaires, des gneiss feuilletés à mica vert abondant, des roches granitiques verdâtres ou blanchâtres et des granites porphyroïdes verdâtres, très caractéristiques. Leur taille est fort variable; un gros bloc de gneiss verdâtre mesure près de 10 m³. Nous n'avons pas remarqué d'éléments de schistes de Casanna.

Ce conglomérat est surmonté de 5 m environ de cornieule, au-dessus de laquelle reviennent quelques bancs de brèche. La suite est cachée par des éboulis.

§ 7. Conclusions sur le complexe basal

Dans cette dernière coupe, comme dans celle du plateau des Moilles, la brèche de base a une composition différente de celle qu'elle montre sur la route de Gsteig. On voit ainsi combien ce niveau inférieur est variable d'un point à l'autre.

Sur notre territoire, on ne trouve cette brèche nulle part ailleurs; nous ne l'avons jamais constatée, par exemple, dans la digitation de la Palette. Comme nous l'avons vue reposer directement sur le Trias au bord de la route de Gsteig, puis sur une série de «schistes brillants» contenant des couches à *calpionelles* dans le ravin du Sulzgraben, il est évident que c'est une formation transgressive. Ses variations nous paraissent donc d'origine stratigraphique et non pas essentiellement dues à des écrasements tectoniques.

Cependant, il est un point dont nous ne sommes pas sûr: nous avons décrit, sur la route de Gsteig, à Halten-Vorsass, au Sulzgraben et à Lauenenmatte, toute une série complexe surmontant la brèche de base proprement dite. Série essentiellement gréseuse et schisteuse, avec des intercalations conglomératiques, qui, dans la région de ces coupes, représente tout ce qu'il reste de la digitation du Chaussy. Et nous avons déclaré que cette série nous paraissait représenter le complexe basal du Flysch. Ce n'est, à vrai dire, qu'une supposition.

A l'W de la frontière cantonale vaudoise et bernoise la digitation du Chaussy est assez développée pour que l'on y distingue les différents niveaux du Flysch inférieur. Mais le complexe basal n'y est que peu épais, comme le montrent les coupes de La Combaz d'Ayerne et des Moilles; la série du niveau grésoschisteux débute non loin du soubassement de la nappe. La frontière cantonale coïncide avec un décrochement assez considérable, qui affecte presque toute l'épaisseur de la nappe, et dont nous reparlerons à propos de la tectonique.

Le paquet situé à l'E de cet accident s'est avancé d'environ 800 à 900 m vers le N par rapport au paquet de l'W. De sorte que le versant de la chaîne nous présente, entre la frontière et la Sarine, la tranche d'une partie plus radicale de la nappe. La digitation du Chaussy n'y est plus représentée que par une épaisseur de 100 à 200 m de Flysch, où l'on ne peut reconnaître une série grésoschisteuse au-dessus de la brèche de base proprement dite, ici bien développée. La série qui fait suite à cette brèche rappellerait plutôt, par sa composition, le niveau grésocalcaire; mais elle s'en distingue tout de même, assez nettement, par plusieurs caractères: intercalations de «schistes brillants» vers la base, et au sommet série de calcschistes avec traînées bréchoïdes, que nous n'avons jamais observées dans le niveau grésocalcaire. En outre, cette série passe très graduellement à la brèche de base proprement dite; il paraît impossible d'admettre entre elles l'écrasement de tout le niveau grésoschisteux.

C'est pourquoi nous inclinons à croire, bien que sans preuves absolument déterminantes, que toute cette série gréseuse, comme nous l'avons dit, est liée à la brèche de base et appartient à un ensemble inférieur au niveau grésoschisteux, ensemble qui constitue notre complexe basal.

Chapitre VI

Le Flysch grésoschisteux

§ 1. Généralités

La description du niveau grésoschisteux du Flysch inférieur ne peut se faire par des coupes successives comme celle de la brèche de base. Car nulle part on ne trouve une coupe complète et sûrement normale de ce complexe. Pourtant son individualité est nette dans l'ensemble du Flysch inférieur, aussi bien dans la digitation du Chaussy que dans celle de la Palette. Et ses variations sont relativement faibles d'un bout à l'autre de notre région. Elles portent surtout sur la proportion des différentes roches dont l'alternance constitue la série.

On peut se faire une bonne idée de ce niveau en remontant le couloir d'où provient le grand cône d'éboulis au-dessus de La Marche, au SE de la Palette (série normale du pli inférieur de la digitation de la Palette), et aussi en suivant l'arête de l'Arnenhorn du S au N, depuis le point 2194 (Floriette) au-dessus du col, par delà le sommet jusqu'au point 2172; on parcourt ainsi la série renversée du pli supérieur de la digitation de la Palette. En continuant jusqu'à l'Arneschhorn, on verra le long de son arête sud-ouest la partie inférieure de la série, bien typique, dans le noyau du même pli.

La meilleure façon d'exposer les caractères de cette série nous paraît donc de décrire chacun des types de roches dont elle est faite; puis d'indiquer les variations dans l'alternance ou la combinaison de ces unités lithologiques, soit dans ce sens vertical, soit dans leur extension régionale.

Le Flysch gréso-schisteux, comme nous l'avons déjà mentionné, est fait d'une alternance irrégulière de grès et de schistes, avec parfois des intercalations calcaires et plus rarement conglomératiques.

§ 2. Les grès

Les grès jouent le rôle prédominant dans ce niveau du Flysch inférieur. On peut y distinguer deux types, dont l'un beaucoup plus important que l'autre, qui, au contraire, remplacera le premier dans le Flysch gréso-calcaire. Le premier est un grès quartzite, c'est-à-dire à ciment siliceux, blanc, mais contenant en assez grande abondance de petits débris de schistes noirs, couchés suivant la stratification, et de petits fragments de dolomie très dispersés. Les grains de quartz sont généralement de taille moyenne, oscillant autour de 1 mm de diamètre; les débris de schistes noirs ont pour la plupart de 1 à 3 mm de longueur et 1 mm d'épaisseur. On y voit aussi des lamelles de mica blanc. Un des caractères frappants de ce grès quartzite blanc, c'est sa croûte de décomposition roussâtre, presque toujours nette. La patine extérieure est d'un gris verdâtre. Ces grès sont en général en assez gros bancs d'environ 0,50 m; ils varient de 0,10 à 1 m et atteignent parfois 3 m d'épaisseur. On les observera commodément en parcourant la croupe qui domine au NW le plateau des Moilles, au-dessous du chalet de Marnèche (Crêtet à la Cara).

Au microscope, on voit les grains de quartz, de forme irrégulière, en contact ou séparés par un peu de ciment siliceux. Ces grains contiennent des inclusions liquides ou gazeuses, parfois très nombreuses, en traînées parallèles; les inclusions cristallines sont très rares et de petite taille. Les grains de quartz sont souvent frangés d'une zone de silice secondaire fibreuse, de quartzine, qui remplit l'espace entre deux grains et constitue le ciment. Grains et auréoles sont souvent corrodés par de la calcite secondaire, dont les petites taches irrégulières coupent les fibres de la quartzine. Les feldspaths sont rares et fortement attaqués par la calcite et la séricite formées sans doute à leurs dépens. Ce sont des feldspaths alcalins, mais quelques débris de plagioclases sont aussi reconnaissables. Les débris de schistes noirs, si frappants à l'œil nu, disparaissent ordinairement à la taille des coupes minces; les petits grains de dolomie montrent une coloration jaune.

Le second type de grès est plus calcaire, avec plus de débris de schistes noirs et surtout davantage de grains dolomitiques. Sa teinte est plus grise et tend au bleuâtre. Il n'y a pas de croûte de décomposition et la patine est d'un gris roussâtre. Les grains de quartz font saillie à la surface. Ils sont de taille plus variable que chez le grès quartzite; la plupart ont environ 1 mm de diamètre, mais il en est de plus petits et de plus gros, jusqu'à 3 mm. On voit ici et là des débris de roches cristallines vertes, chloritisées. Il existe aussi des variétés de ce grès à grain beaucoup plus fin, et d'autre part ils passent à des microbrèches. En général, ce grès calcaire est en couches plus minces que le grès quartzite, de 0,10 à 0,50 m.

Au microscope, le ciment apparaît comme une pâte de calcite, cristallisée en menus grains; elle englobe de nombreux petits restes de quartz et de feldspaths détritiques qui ont été rongés par la calcite; elle renferme aussi des fragments de bryozoaires et d'autres organismes indéterminables. Les grains de quartz sont clairs et renferment des inclusions liquides ou gazeuses; dans quelques grains, on remarque des cheveux de rutil. Les grains sont très irréguliers et rongés par la calcite, qui pénètre souvent leurs bords d'une rangée de petites aiguilles; on en voit même de minuscules cristaux à l'intérieur des grains de quartz fissurés. Les feldspaths sont peu nombreux; la plupart semblent néogènes par leur faible altération. Ce sont des plagioclases, à belles macles polysynthétiques. Leurs contours sont irréguliers et ils sont toujours attaqués par la calcite, dont ils contiennent généralement de petits cristaux. Quelques débris fortement altérés et obscurs pourraient être des feldspaths détritiques. On voit aussi de nombreux grains de dolomie finement cristallisée, jaune par décomposition, d'assez nombreux feuillets de muscovite et de rares grains de tourmaline. Il existe des grains qui sont des débris de roches cristallines, très chloritisées, mais où l'on distingue encore des restes de quartz et de feldspaths.

Ce type de grès calcaire polygénique, subordonné au grès quartzite dans le Flysch grésoschisteux, prend au contraire un grand développement dans les autres niveaux du Flysch inférieur. Et, comme dans l'ensemble de la chaîne du Niesen, le Flysch inférieur occupe, et de beaucoup, la plus grande place (il semble exister seul à l'E de la Sarine), ce grès est l'une des roches les plus caractéristiques du Flysch du Niesen. Nous l'appellerons souvent, dans la suite, le grès polygénique du Niesen.

Tous les passages existent, naturellement, entre le grès quartzite et ce grès calcaire, mais les deux types sont le plus souvent bien distincts. Un des grès intermédiaires, que l'on trouve fréquemment dans le Flysch grésoschisteux, est un grès beaucoup plus fin que les deux autres, mais avec les mêmes composants; légèrement plus calcaire et plus gris que le grès quartzite, ses éléments sont surtout mieux lités; il forme généralement de petites couches feuilletées et plus tendres.

Une autre variété intermédiaire est représentée par des grès striés: les grès quartzites y sont un peu calcaires, avec les grains de quartz en saillie à la surface, et ce qui les caractérise c'est la localisation des débris de schistes noirs en zones fines, qui strient la roche claire de lignes sombres. Ces grès striés apparaissent surtout à la partie supérieure du niveau grésoschisteux.

Une variété assez spéciale du grès quartzite est un grès grossier et sans fragments de schistes noirs, qui se rencontre parfois associé à la roche typique.

§ 3. Les calcaires

Les calcaires jouent un rôle tout à fait subordonné dans le Flysch grésoschisteux, sauf exceptions; et ce sont presque toujours des calcaires gréseux, avec tous les passages aux grès calcaires.

Des calcaires gréseux gris sont assez abondants par place. Les grains de quartz, de taille moyenne, font saillie sur un fond calcaire qui apparaît nettement entre eux, mais ils sont si nombreux qu'ils constituent presque un réseau continu. A la cassure, la roche est grise et grenue, finement spathique, avec de très nombreux et minuscules fragments de schistes noirs, de petits débris dolomitiques et des lamelles de mica blanc fort dispersées. Ils forment des couches ordinairement de 0,10 à 0,30 m. A la surface des couches, on voit parfois des *hiéroglyphes*.

Au microscope, le fond de la roche apparaît composé de calcite en grains irréguliers, dans laquelle nagent un nombre considérable de grains de quartz et quelques feldspaths. Les grains de quartz sont clairs et renferment des inclusions liquides peu nombreuses, sauf dans certains cas où elles sont en traînées parallèles; rarement on y voit des baguettes de rutile. Les feldspaths sont rares et semblent néogènes par leur fraîcheur et la conservation de quelques contours cristallographiques; mais quelques amas de séricite et de quartz ou de calcite représentent peut-être d'anciens feldspaths détritiques roulés. Les paillettes de muscovite sont peu nombreuses et les grains de tourmaline très rares, de même que les paillettes de chlorite. On remarque par contre de nombreux débris opaques et amorphes, souvent serpentins, de forme effilée ou lenticulaire; ce sont sans doute les débris de schistes noirs que l'on voit à l'œil nu. La calcite a fortement attaqué les éléments détritiques et rongé leurs contours. Il y a souvent de petits cristaux de calcite à contours nets, à l'intérieur des grains de quartz et des feldspaths, parfois si développés qu'il ne reste du grain que de petits débris disloqués. Les fragments de bryozoaires et d'autres organismes indéterminables ne sont pas rares.

A la base de la série grésoschisteuse, on trouve par places un calcaire siliceux à grain très fin, de patine roussâtre, d'un gris-bleu assez foncé à la cassure, qui apparaît finement spathique. Ces calcaires sont assez semblables à ceux que nous trouverons fort développés dans le Flysch grésocalcaire et que nous décrirons sous le nom de calcaires roux. Ces calcaires roux apparaissent du reste déjà dans la série grésoschisteuse, en petits lits de 0,03 à 0,10 m, surtout à sa partie supérieure.

Enfin, l'on trouve localement, sur l'arête nord de l'Arnenhorn, de petits lits de calcaire blanc, compact, bleuté à la cassure, finement granuleux ou légèrement marneux, analogue aux calcaires à spongiaires si abondants au haut de la série du Flysch inférieur. Ici, ces calcaires ne forment pas des lits indépendants, mais sont accolés à la partie supérieure des couches de grès quartzite, sur lesquels ils forment comme une croûte de 1 à 5 cm d'épaisseur, sans solution de continuité. Ils montrent souvent à leur surface de beaux *helminthoïdes*.

§ 4. Les conglomérats

Les grès calcaires polygéniques, comme nous l'avons vu, passent à de fines brèches, où l'on retrouve tous les éléments de ces grès, mais de taille plus grande. On y voit aussi des fragments de roches cristallines verdâtres ou blanchâtres, de calcaires, de dolomie. Ces éléments sont en général bien assortis et plus ou moins écrasés, car ces brèches sont toujours grossièrement feuilletées. Les fragments de schistes y sont souvent verdâtres plutôt que noirs, et fréquemment alignés en traînées qui accusent la schistosité de la roche. Nous les appellerons les brèches feuilletées. On ne les trouve guère qu'au sommet du Flysch gréso-schisteux et seulement par places.

D'autres conglomérats polygéniques sont très analogues à ceux que nous avons décrits dans le complexe basal, au plateau des Moilles et à La Combaz d'Ayerne, et semblent des récurrences de ces formations au sein du niveau gréso-schisteux. Ils forment dans le hameau d'Ayerne, par exemple, des bancs qui atteignent 2 m d'épaisseur; ailleurs leurs bancs atteignent 3 m. Ils sont faits de blocs arrondis et de taille très diverse, jusqu'à 30 cm de diamètre, de granites verdâtres, de gneiss très schisteux, d'autres roches cristallines, de calcaires divers, avec souvent autour des blocs une pellicule schisteuse noire et un ciment gréseux. Par places ces éléments sont très écrasés.

§ 5. Les schistes

Il n'y a pas grand chose à dire sur les schistes, bien qu'ils prennent une place importante dans cette série.

Ils alternent, plus ou moins régulièrement, avec les grès, les calcaires gréseux ou les conglomérats. Ce sont des schistes marneux presque toujours plus ou moins gréseux ou calcaires, gris ou noirs, plus rarement jaunes.

Lorsque les intercalations schisteuses dépassent 0,10 m d'épaisseur, elles contiennent presque toujours de petits lits plus durs, de grès fins ou de calcaires gréseux.

Par places les *fucoïdes* sont assez abondants. On rencontre un peu partout *Chondrites targioni* BRONGN. Dans le torrent qui descend du col de Jable vers la Torneresse, dans la partie inférieure du complexe, les chondrites sont particulièrement nombreux. Nous y avons recueilli:

Chondrites targioni BRONGN.

Chondrites targioni, var. *arbuscula* FISCHER-OOSTER

Chondrites targioni, var. *expansus* FISCHER-OOSTER

Chondrites affinis STERNBERG

Chondrites intricatus STERNBERG

Palaeodictyon singulare HEER

§ 6. Variations dans le sens vertical

Les différents types de roches que nous venons de décrire forment un complexe très variable dans le détail, mais dans l'ensemble assez bien reconnaissable. Les grès et les schistes, en alternances irrégulières, en constituent l'essentiel; localement les calcaires gréseux gris prennent la place des grès; quant aux conglomérats, ils jouent un rôle fort effacé dans cette série.

D'une façon très générale, on peut dire qu'à la base les schistes marneux prédominent, alternant avec des calcaires gréseux gris et des calcaires siliceux fins, à l'exclusion presque complète des grès quartzites qui ne forment que quelques gros bancs.

Plus haut, ce sont au contraire les grès quartzites qui dominent, en assez gros bancs. Ils alternent toujours avec des schistes marneux, mais parfois ces intercalations schisteuses n'ont que quelques centimètres d'épaisseur. A partir du milieu de la série, environ, on trouve à côté des grès quartzites des termes de passage aux grès calcaires, et notamment des grès striés. Vers le haut, les grès calcaires remplacent peu à peu les grès quartzites, et l'épaisseur des couches diminue.

A la partie tout à fait supérieure apparaissent, par places, les brèches feuilletées et de petits lits de calcaires roux, siliceux, à spicules d'éponges, qui joueront un rôle plus important dans le Flysch grésocalcaire.

L'épaisseur de ce Flysch grésoschisteux est très difficile à évaluer. Sur le versant nord de la Grande Eau, elle atteint environ 250 m, aussi bien dans la digitation du Chaussy que dans celle de la Palette. Au SE du Studelistand, dans le flanc normal du pli inférieur de la digitation de la Palette, la série n'a guère que 150 m d'épaisseur, mais il semble que tout ce pli est passablement écrasé.

Dans le pli supérieur de la digitation de la Palette, beaucoup plus épais, les replis sont si abondants qu'on ne peut mesurer la puissance originelle de ce niveau; mais il paraît y avoir autour de 300 m.

§ 7. Variations régionales

Dans le sens horizontal, la composition du Flysch grésoschisteux varie fréquemment d'un endroit à l'autre, mais pas de façon suivie. Ces variations sont rapides, mais ne portent guère que sur des détails, et l'ensemble est en somme partout semblable. Il y a cependant certains traits particuliers qu'il faut mentionner.

Les conglomérats polygéniques à gros éléments n'existent que dans la digitation du Chaussy et seulement à l'W d'Ayerne, dans la partie inférieure de la série. Ce sont ces intercalations de conglomérats (et non pas notre brèche de base) qui se poursuivent vers l'W, dans le massif du Chaussy, et qui constituent le niveau 2 de E. ANDRAU, sa brèche polygénique de base (82, p. 19 et 25). A l'E d'Ayerne, ces conglomérats ne se retrouvent nulle part à ce niveau du Flysch inférieur.

Ce n'est que dans le pli supérieur de la digitation de la Palette que la partie inférieure de la série se distingue par une prédominance des schistes marneux. On le voit soit sur l'arête qui relie le Blattistand au Wallegg, soit sur l'Arnätschi Stand et son arête sud-ouest, en des endroits qui semblent bien correspondre au cœur de ce grand pli anticlinal.

Dans le flanc renversé de ce pli supérieur, il faut signaler comme une singularité locale, sur l'arête nord de l'Arnenhorn, dans la partie médiane de la série, la présence des petits lits de calcaire blanc accolés aux grès quartzites que nous avons décrits plus haut, avec des *helminthoïdes* sur leur surface.

C'est dans ce même pli que les *chondrites* abondent par places, spécialement dans l'Arnätschi Stand alors qu'ils sont beaucoup plus rares sur le bord radical de nos digitations.

Enfin, comme particularité locale, mentionnons sur l'arête nord-est du Wallegg, dans un banc de grès quartzite, un bloc isolé, de 20 cm de diamètre, de calcaire spathique gris, à grosses entroques et à nombreux grains de dolomie, tel qu'on en trouve des bancs dans le Lias du noyau mésozoïque de la nappe.

Chapitre VII

Le Flysch grésocalcaire

§ 1. Généralités

Le passage est graduel mais assez rapide du Flysch grésoschisteux au Flysch grésocalcaire, dont l'aspect général est plus roussâtre. Ce qui le caractérise, dans son ensemble, c'est la moindre importance des intercalations schisteuses et le rôle plus grand qu'y prennent les calcaires. Les grès continuent à prédominer, mais en couches généralement plus minces, et les grès quartzites y disparaissent complètement, remplacés par les grès calcaires polygéniques que nous avons vu augmenter peu à peu vers le haut du niveau précédent. Les brèches feuilletées, qui parfois apparaissent dès le sommet du Flysch grésoschisteux, ou à la base du Flysch grésocalcaire, ne se développent en général que dans la partie supérieure de ce niveau.

Nous procéderons, pour décrire le Flysch grésocalcaire, comme dans le chapitre précédent, en l'absence de coupes complètes et non repliées; mais nous citerons comme exemples l'arête sud-est de

l'Arnenhorn, où l'ensemble apparaît bien typique, dans le flanc renversé du pli supérieur de la Palette, et la montée du sentier au-dessus de Meitreile, au S de la Cape au Moine, dans le flanc normal du pli inférieur de la même digitation.

§ 2. Les grès

Comme nous venons de le noter, les grès quartzites n'existent plus dans le Flysch gréso-calcaire, ou du moins disparaissent dès sa partie inférieure. Le rôle prédominant est aux grès calcaires polygéniques, tels que nous les avons décrits au chapitre précédent. Ils sont ici légèrement plus calcaires que dans la série gréso-schisteuse, et leur teinte, à la cassure, est toujours bleuâtre. Parfois ils contiennent des fragments, de plusieurs centimètres de diamètre, de roches cristallines ou calcaires, anguleux ou roulés, généralement isolés et exceptionnels. Mais ils montrent aussi tous les degrés intermédiaires jusqu'aux fines brèches. Dans le flanc normal du pli supérieur de la digitation de la Palette ces grès sont beaucoup plus dolomitiques et plus clairs à la cassure, et les fragments de schistes noirs y manquent souvent.

Les termes de passage entre grès calcaire et grès quartzite (grès fin blanchâtre et grès strié) disparaissent également dès la base du Flysch gréso-calcaire. Ils sont remplacés par des termes de passage aux calcaires gréseux, qui se développent beaucoup plus que dans la série précédente.

§ 3. Les calcaires

Les calcaires gréseux gris du Flysch gréso-schisteux sont moins abondants dans le Flysch gréso-calcaire, remplacés peu à peu par les calcaires roux. Il y a cependant une variété de calcaires gris qui joue un certain rôle dans notre série et alterne irrégulièrement avec les grès et d'autres calcaires, c'est ce que nous appellerons les calcaires rayés. Sur le fond calcaire, les grains de quartz sont disposés en traînées, suivant la stratification, dessinant des lignes parallèles assez rapprochées.

Les calcaires roux prédominent nettement parmi les calcaires; c'est eux qui donnent son caractère à la série. Encore rares à la base, ils deviennent bientôt abondants et règnent jusqu'au sommet; ils continuent du reste dans les niveaux suivants, mais en quantité moindre. C'est un calcaire siliceux à grain fin, à patine rousse, d'un bleu foncé à la cassure. La cassure est finement spathique, piquée de minuscule débris de dolomie, fort nombreux, avec des paillettes de mica blanc plus grandes mais assez dispersées.

Au microscope, la roche apparaît formée d'un fond de calcite très finement grenue, avec une texture parallèle très prononcée, suivant la stratification, soulignée par d'étroites zones où la calcite est plus largement cristallisée et plus claire. Sur ce fond ressortent de nombreux petits débris de quartz, fortement corrodés par la calcite; ils sont plus grands et plus abondants dans les zones plus largement cristallisées. Quelques paillettes de mica blanc et parfois, dans les zones plus grossières, de chlorite. On voit des débris de foraminifères silicifiés, indéterminables, assez nombreux et de nombreux spicules d'éponge calcitisés.

Les calcaires blancs, que nous avons vu apparaître déjà en fines croûtes sur les grès, au milieu du Flysch gréso-schisteux, sur l'arête nord de l'Arnenhorn, prennent une plus grande importance dans le Flysch gréso-calcaire. Mais ils y sont beaucoup moins développés cependant que dans le Flysch à calcaires blancs qu'ils caractérisent, et à propos duquel nous les décrirons plus en détail. Ils n'interviennent ici qu'en minces couches, ne dépassant guère 0,10 m, en alternances très variables avec les grès, les calcaires roux, les calcaires rayés ou les schistes. Ils sont du reste quelque peu différents de ceux du niveau supérieur, en général plus finement plaquetés, parfois plus marneux et presque toujours moins compacts, finement granuleux. Ces calcaires apparaissent blancs surtout à la patine et sur le terrain, par contraste avec les couches voisines. En échantillons, et à la cassure, ils sont plutôt d'un gris-bleu assez clair. Chaque lit calcaire est fait d'un empilement de lames très fines, qui, sur la tranche altérée, se montrent séparées par des lignes granuleuses. A l'écrasement, ces fines plaquettes donnent un aspect feuilleté à la roche, et les feuilletés ont souvent à la surface un enduit argileux, noir et luisant, finement micacé.

Sous le microscope, la pâte de la roche apparaît formée de cristaux de calcite extrêmement petits. Ce fond est strié, parallèlement à la stratification, par de minces bandes et des fuseaux allongés, où la calcite est plus claire et plus grossièrement cristallisée. Ces bandes sont en général accompagnées de fines veines argileuses, ondulées. De rares grains de quartz, très petits, piquent ça et là le fond calcaire. Les spicules d'éponges, calcitisés, sont par places abondants; plus rarement on trouve des débris de foraminifères.

Dans le flanc normal du pli supérieur de la digitation de la Palette, la nature de ces calcaires blancs se modifie légèrement; leur patine est plus jaunâtre, et généralement ils sont beaucoup moins plaquetés, en lits plus massifs et plus homogènes. Mais cette variété est plus changeante que le type, avec lequel on a du reste tous les passages. Localement les lamelles s'esquissent dans une couche; souvent aussi ce calcaire se charge de très petits grains de quartz et devient presque gréseux, plus fortement micacé. De beaux *helminthoïdes* se voient parfois à la surface de ces calcaires jaunâtres qui peuvent s'accoler en fines couches au sommet d'un banc de grès.

En coupe mince, ces calcaires nous ont montré de nombreux spicules d'éponges, des globigérines, des fragments de textulaires et de rotalidés, et des plages qui semblent bien être des radiolaires calcitisés.

Comme nous le verrons aussi au niveau supérieur, les calcaires blancs sont localement envahis de traînées gréseuses, irrégulières, entourant de grandes plages calcaires et donnant à la roche l'aspect d'une fausse brèche. Du reste, ces calcaires sont souvent associés de façon très intime aux grès. Dans une même couche, sans solution de continuité, on passe verticalement, et brusquement, du calcaire franc au grès polygénique, parfois même à de fines brèches.

§ 4. Les brèches

On ne trouve pas, dans le Flysch gréso-calcaire, d'autres conglomérats que les brèches feuilletées, dont nous avons déjà dit quelques mots au chapitre précédent. Mais ici, elles sont beaucoup plus fréquentes, surtout dans la partie supérieure du niveau, où elles alternent avec les grès, les calcaires et les schistes. On a du reste tous les termes de passage entre les grès polygéniques et ces brèches, qui montrent les mêmes éléments: grains de quartz, de dolomie, débris de schistes noirs ou verts, fragments de calcaires compacts ou spathiques, de silex et de roches cristallines diverses. Elles sont toujours grossièrement feuilletées et, lorsqu'elles sont écrasées, prennent un aspect gneissoïde.

Dans le bas de la série, ces brèches sont moins abondantes et généralement fines, passant au grès grossier; les éléments ont en moyenne de 1 à 5 mm de diamètre, mais les fragments de schistes atteignent et dépassent parfois 1 cm de longueur. Dans le milieu du niveau, les éléments sont un peu plus gros en moyenne, et les débris schisteux ont souvent jusqu'à 3 cm de longueur. Vers le haut de la série, où ces brèches sont plus développées, on trouve fréquemment, outre les types fins, des types plus grossiers dont les éléments mesurent jusqu'à 3 ou 4 cm de diamètre et même davantage.

Ces brèches plus grossières, mais toujours feuilletées, forment généralement des bancs plus épais, de 0,75 à 1,50 m. Souvent, au sommet de la même couche, la brèche passe à un grès polygénique rousâtre ou bien à un calcaire roux. Et parfois, au milieu d'un banc de brèche, apparaît un niveau de grès, d'environ 0,05 m d'épaisseur. Les éléments constitutifs de ces brèches sont des granites, des gneiss, des schistes cristallins verts, de grands fragments de schistes verts talqueux et de schistes noirs argileux, des cailloux de dolomie, de calcaire gris ou blanc parfois entourés d'une coque siliceuse, de calcaires spathiques piqués de dolomie, et aussi des silex. A la surface, les cailloux cristallins ressortent comme des têtes de rivets irrégulières, rugueuses, semées sans ordre; les cailloux de dolomie sont en général fréquents, souvent anguleux, irrégulièrement distribués. Ces deux types d'éléments sont moulés par une masse composée de feuillets de schistes noirs ou verdâtres, longs de 3 à 4 cm en moyenne, et de fragments calcaires à patine grise qui n'ont pas de forme propre, mais sont écrasés, aplatis, tordus et intimement mélangés avec les schistes. C'est vraiment comme une structure de gneiss œillés, lorsque la roche est un peu écrasée.

Dans le flanc normal du grand pli de la digitation de la Palette, les brèches du Flysch gréso-calcaire sont d'un type assez différent; elles sont beaucoup plus riches en cailloux de dolomie, qui forment

parfois presque toute la roche et elles ont un ciment gréseux, plus ou moins calcaire, assez friable à la surface, où les cailloux sont fréquemment déchaussés. Outre les éléments dolomitiques, les cailloux de roches cristallines verdâtres ou blanchâtres sont nombreux, accompagnés de rares cailloux calcaires. La taille des éléments est, comme ailleurs, plus fine à la base de la série et plus grosse au sommet, et ces brèches forment des bancs de 1 à 2 m d'épaisseur.

§ 5. Les schistes

Les schistes jouent ici un rôle beaucoup plus faible que dans le Flysch gréso-schisteux. A la base, ce sont généralement des schistes marneux gris plutôt foncés ou jaunâtres et clairs; ils sont le plus souvent friables, mais parfois se débitent en lamelles cassantes. Ils sont presque toujours finement micacés, mais le mica, très dispersé, se remarque souvent à peine. Ils forment de minces intercalations, jusqu'à 0,10 m d'épaisseur, entre les couches dures. Lorsque cette épaisseur augmente, les schistes contiennent de petits lits de grès ou de calcaire roux.

Plus haut les schistes marneux deviennent moins fréquents et sont souvent remplacés par des grès tendres, plaquetés ou feuilletés. Peu à peu apparaissent des schistes calcaires à patine claire, en minces feuillets cassants; ils forment d'abord de fines couches qui augmentent d'épaisseur à mesure qu'on monte dans la série et atteignent jusqu'à 1 m à sa partie supérieure, sans que des lits gréseux s'y intercalent. Sur ces schistes clairs, le mica se remarque rarement.

Dans le flanc normal du pli supérieur de la digitation de la Palette, les intercalations tendres sont généralement plus épaisses et oscillent autour de 1 m de puissance; mais les petits lits de grès s'y développent à l'exclusion presque totale des schistes, qui sont alors réduits à de minces feuillets. Cette substitution de lits gréseux aux schistes marneux est cause des parois à pic taillées dans cette série gréso-calcaire au Witenberghorn et au Staldenhorn. Toutefois, au sommet de ce niveau, on retrouve les grandes intercalations de schistes clairs.

Nous n'avons pas vu de Chondrites sur les schistes de ce niveau gréso-calcaire.

§ 6. Variations verticales

Comme dans la série gréso-schisteuse, les différents types de roches que nous venons de décrire alternent de diverses façons dans le Flysch gréso-calcaire, et le caractère de cette alternance varie du bas en haut de ce complexe, qui mesure environ 200 m de puissance.

Un bon exemple de cette variation peut s'observer en remontant les pentes méridionales de l'Arnenhorn, nommées Floriette, et particulièrement l'arête sud-ouest, depuis le col d'Isenau jusqu'au point 2194. On traverse ainsi la série renversée du flanc médian du grand pli de la Palette, et l'on coupe du haut en bas le Flysch gréso-calcaire, bien encadré entre le niveau à gros bancs de conglomérat et le Flysch gréso-schisteux qui forme la pyramide terminale de la montagne. L'ensemble plonge de 30° à 40° vers le N et son épaisseur comme sa position permet d'admettre qu'il est peu replié.

Au-dessus du dernier gros banc de conglomérat compact, on traverse une alternance de calcaires roux plus ou moins gréseux et de schistes calcaires à patine claire, alternance parfois très serrée. Puis s'ajoutent des grès polygéniques, des brèches feuilletées, des calcaires blancs finement granuleux et de temps en temps marneux, des schistes marneux d'un noir de corbeau, onctueux, et des calcaires rayés.

La manière d'alterner de cette série est variable. On voit par exemple sur 5 m des calcaires roux, des grès polygéniques et des schistes, en lits de 0,02 à 0,30 m. Puis sur 10 à 20 m, de gros bancs de grès et de brèche avec de minces intercalations de schistes marneux et de calcaire blanc. Ce sont là les deux types extrêmes de la sédimentation. Le plus souvent, ils sont combinés en proportions variables. Fréquemment, on voit dans une même couche la superposition brusque, sur une brèche, de grès polygéniques ou même d'une croûte de calcaire blanc.

A mesure qu'on remonte l'arête, les calcaires roux diminuent d'importance, les calcaires blancs disparaissent, ainsi que les grandes intercalations des schistes clairs. L'épaisseur de toutes les couches diminue. Lorsque les intercalations de schistes marneux dépassent 0,15 m, elles contiennent de petits lits,

à grain fin, de calcaire roux, de grès polygéniques ou de calcaire gréseux. On a donc une alternance irrégulière de couches dures et tendres.

A partir de 2150 m les brèches feuilletées deviennent rares, puis disparaissent bientôt presque complètement, et les calcaires roux diminuent graduellement.

Vers le point 2203, les grès polygéniques deviennent plus siliceux et plus clairs, les grès quartzites apparaissent et l'on passe assez rapidement à la série gréso-schisteuse.

* * *

En montant, au S de la Cape au Moine, le sentier de Meitreile à Greneyrets, on peut relever une bonne coupe, fort typique, des 100 m supérieurs du Flysch gréso-calcaire en série normale, dans le pli inférieur de la digitation de la Palette.

De 1840 à 1870 m alternent des grès polygéniques et des calcaires gréseux gris, moins abondants, avec de minces intercalations de couches tendres. Les grès et les calcaires sont en lits de 0,20 m en moyenne, mais variant de 0,10 à 0,60 m; à la base on a même un banc de 1 m de grès presque quartzite. Dans certaines couches, grès et calcaires coexistent, séparés par une limite tranchée. Un banc de ce type renferme, entre les deux constituants, un grand galet plat de gneiss. Ces couches peuvent être recouvertes aussi, avec limite tranchée, d'un petit lit de calcaire roux. Les intercalations tendres sont faites de schistes marneux gris foncé, qui se chargent de lits gréseux ou calcaires dès qu'elles s'épaississent, et peuvent être entièrement remplacées par de fines alternances de calcaire et de grès.

A 1870 m, les brèches feuilletées apparaissent dans cette série, en bancs de 0,40 à 1 m d'épaisseur, de grain généralement fin, mais avec parfois une couche où les éléments atteignent 2 à 3 cm de diamètre en moyenne. De 1880 à 1890 m, ces brèches prennent une grande importance et leurs éléments augmentent un peu de taille; on y distingue maintenant les cailloux de granite, de gneiss, etc. Les bancs ont souvent à leur partie supérieure une croûte de grès polygénique ou de calcaire roux.

De 1890 à 1910 m, la série devient moins régulière, et les calcaires roux prédominent, généralement plaquetés, dans les intercalations tendres, entre les gros bancs de brèche ou, plus rarement, de grès polygéniques. Les brèches elles-mêmes sont plus grossières et les cailloux calcaires y sont plus en évidence, parfois entourés d'une coque siliceuse. Les bancs de brèche ont toujours leur croûte gréseuse ou calcaire, et parfois une mince zone de grès les traverse horizontalement.

Entre 1910 et 1925 m, l'alternance reste à peu près la même, avec toujours prédominance des calcaires roux dans les intercalations. Quelques bancs de brèche sont beaucoup plus grossiers, avec, par mètre carré de surface, une douzaine de cailloux dépassant 5 à 7 cm de diamètre. Ces brèches grossières ont un aspect plus compact, ne contiennent que peu de schistes noirs et les cailloux calcaires y sont plus abondants; ces caractères les rapprochent des conglomérats du niveau suivant. Dans les intercalations tendres, les calcaires blancs marneux augmentent, et l'on a des couches de 0,50 m d'épaisseur de schistes calcaires à patine claire, généralement un peu arénacés.

Entre 1925 et 1945 on rencontre, dans une série semblable, quelques bancs de 1 m d'épaisseur de conglomérat compact, aux éléments mal assortis, ayant en moyenne 5 cm de diamètre, avec, au sommet du banc, une couche de 0,10 m ou 0,20 m de grès ou de calcaire roux. On voit également des intercalations qui peuvent dépasser 1 m, de calcaire roux plaqueté ou de schistes à patine claire.

Enfin, à 1945 m se présente un gros banc, de 2 m d'épaisseur, de conglomérat compact, reposant sur 1 m de schistes clairs: c'est le début du Flysch à gros bancs de conglomérat.

§ 7. Variations régionales

Le Flysch gréso-calcaire se retrouve à peu près le même, avec ses variations verticales, dans toute notre région, sauf dans le flanc normal du pli supérieur de la digitation de la Palette, c'est-à-dire dans le massif du Staldenhorn (voir feuille 469, L'Etivaz, Carte Siegfried, partie SE). Dans cette partie plus méridionale du bassin de sédimentation de la nappe, les grès, les brèches, les calcaires et les schistes ont une nature légèrement différente; nous l'avons mentionné déjà au sujet de chacune de ces roches.

Les grès polygéniques y sont plus riches en grains dolomitiques et beaucoup plus pauvres en fragments de schistes noirs. Les brèches sont beaucoup plus chargées aussi de cailloux de dolomie, qui prédominent nettement sur les éléments cristallins et calcaires. Les calcaires roux y jouent le même rôle qu'ailleurs, mais les calcaires blancs y prennent le type jaunâtre. Enfin les intercalations tendres sont en général plus épaisses, mais faites surtout de petits lits de grès.

Chapitre VIII

Le Flysch à gros bancs de conglomérat ou conglomérat intermédiaire

§ 1. Généralités

Ce niveau du Flysch inférieur, qui correspond à la brèche polygénique intermédiaire de E. ANDRAU et à la base du niveau calcaréo-bréchoïde de M. DE RAAF, est caractérisé, comme son nom l'indique, par les gros bancs de conglomérat polygénique qu'il contient, en alternance irrégulière avec les grès, les calcaires et les schistes qui se trouvent déjà dans les séries antérieures. Ces roches sont ici presque les mêmes, avec quelques particularités que nous décrirons. Ainsi que nous l'avons vu dans les coupes de l'Arnenhorn et du sentier de Meitreile, le premier gros banc de conglomérat apparaît brusquement et marque de façon nette la limite inférieure de ce niveau. Les brèches feuilletées du Flysch gréso-calcaire se modifient graduellement vers le haut de cette série, de façon à ressembler de plus en plus au conglomérat compact de la suivante et ainsi, lithologiquement, la transition est plus ou moins ménagée; mais c'est subitement que les bancs de ce conglomérat prennent une épaisseur plus forte, de 2 à 3 m ordinairement. C'est subitement aussi, à la limite supérieure, que ces gros bancs cessent d'exister.

La puissance de ce niveau, notablement moindre que celle des séries précédentes, est généralement d'une centaine de mètres en moyenne.

§ 2. Les conglomérats

Les conglomérats qui forment ces gros bancs se distinguent nettement soit des brèches feuilletées, soit des brèches de base et des conglomérats polygéniques du niveau inférieur, par leur caractère compact. Les éléments sont pressés les uns contre les autres, presque toujours sans ciment. Par places cependant, entre les cailloux principaux, se faufile une sorte de ciment grossièrement gréseux, fait de petits graviers de quartz, de calcaires et de dolomie.

Les éléments sont de taille très variable d'un niveau à l'autre, même dans un seul banc, mais leur grandeur est à peu près uniforme à chaque niveau. En général, les éléments ne dépassent pas la grosseur d'un point; cependant, dans les très gros bancs cette limite est souvent largement franchie. En outre on trouve, très localement, des blocs beaucoup plus gros et en particulier des blocs lenticulaires dont le volume varie autour de 30 m³, mais va jusqu'à 100 m³. J'en connais même un, au S du col de Jable, qui excède 1000 m³.

Parmi les éléments, les calcaires dominant, et l'on en a de toutes sortes: calcaires à patine gris clair, très compacts, à cassure esquilleuse foncée, fétides, contenant parfois un fragment de bélemnite ou un aptychus et souvent des rognons de silex; calcaires coralligènes fétides à patine blanchâtre, montrant des coraux isolés, silicifiés, des fragments de brachiopodes et de lamellibranches; calcaires compacts à cassure claire et légèrement granuleuse, avec de petits foraminifères; calcaires à miliolites; calcaires légèrement spathiques, à patine grise et cassure presque noire, avec de petits débris d'échinodermes et de minuscules points de dolomie; calcaires plus grossièrement spathiques, à grosses entroques et graviers dolomitiques, contenant parfois de nombreux débris de coquilles silicifiées; calcaires siliceux à

patine rousse, etc. On trouve du reste tous les passages entre ces calcaires siliceux à patine rousse et les calcaires spathiques. Souvent des cailloux calcaires, pressés entre d'autres éléments, semblent avoir coulé dans les interstices et s'être moulés sur leurs voisins. Ils forment alors une sorte de pâte calcaire, sur laquelle les cailloux siliceux ou cristallins ressortent en relief. Les cailloux calcaires, surtout les plus gros, sont presque toujours entourés d'une coque siliceuse qui semble un exsudat des calcaires eux-mêmes. Les éléments calcaires sont généralement anguleux lorsqu'ils sont petits, et arrondis lorsqu'ils dépassent 3 à 4 cm de diamètre, et presque tous sont aplatis suivant la stratification. Il en est de même des très gros blocs, dont la majorité sont des calcaires à aptychus; au-dessus de 30 m³, je n'ai même vu que des calcaires à aptychus et à bélemnites. Ils sont en général lenticulaires, allongés dans le sens de la stratification.

Les éléments cristallins sont toujours abondants, et par places en quantité presque égale aux calcaires. Ils sont généralement anguleux, mais les galets arrondis ne sont pas rares. Les plus fréquents sont des morceaux d'un gneiss ou micaschiste assez feuilleté, à mica clair, brunâtre ou jaunâtre. On trouve aussi de nombreux granites, parmi lesquels les plus caractéristiques sont des granites verts porphyroïdes, très typiques. Jamais de granite rouge. Les aplites sont rares, mais les gabbros, plus ou moins décomposés et les autres roches vertes (serpentes, etc.) sont assez abondants.

On trouve partout, comme éléments de ces conglomérats, des cailloux de dolomie et des fragments de silex; ici et là des fragments de schistes argileux noirs ou verts. Très souvent, les bancs de conglomérat passent, à leur sommet, à des grès polygéniques, qui passent eux-mêmes à des calcaires roux, fort brusquement. Il arrive aussi que le calcaire roux repose directement sur le conglomérat.

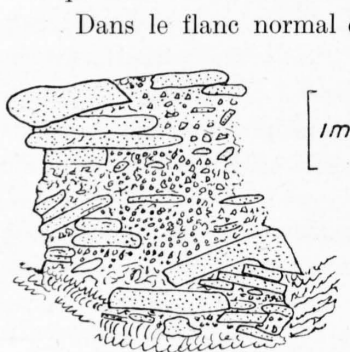


Fig. 17. Conglomérat intermédiaire à gros blocs de grès polygénique. Kleinstand près du Witenberghorn.

Dans le flanc normal du pli supérieur de la digitation de la Palette, ces conglomérats sont beaucoup plus riches en dolomie, dont les cailloux sont généralement plus nombreux que tous les autres. En outre, les bancs y sont plus épais et plus fréquents. Dans certaines couches, et surtout les plus épaisses, les éléments sont en moyenne plus gros que dans les autres parties de la nappe. Ces éléments s'individualisent mieux en surface et se déchaussent facilement. Parmi eux, on remarque par places, surtout à la base de la série, de gros blocs rectangulaires, comme des moellons, de grès polygénique clair, pareil à celui que l'on rencontre à la base du Flysch grésocalcaire dans cette même unité tectonique; ils ont généralement de 3 à 20 cm d'épaisseur, et leur longueur atteint souvent 1 à 2 m et peut même dépasser 5 m. Ils sont pour la plupart disposés selon les plans de stratification, mais aussi fréquemment obliques à l'intérieur du banc de conglomérat. Voir fig. 17.

§ 3. Les grès, les calcaires et les schistes

Ces roches, comme nous l'avons déjà mentionné, sont peu différentes dans le Flysch à gros bancs de conglomérat de ce que nous avons vu dans la série grésocalcaire. Mais ici, d'une façon générale, elles sont en couches plus épaisses, variant de 0,10 à 1 m, mais plus fréquemment voisines de 0,50 m.

Les grès sont toujours les grès polygéniques du Niesen, assez calcaires, à cassure bleuâtre. On y retrouve, exceptionnellement, d'assez gros fragments isolés de roches cristallines ou calcaires. Leurs bancs sont généralement bien lités, et ils forment aussi de petits lits parmi les schistes.

Parmi les calcaires, ce sont encore les calcaires roux qui prédominent; leurs couches atteignent parfois 2 à 3 m d'épaisseur, mais on les trouve aussi en minces lits dans les intercalations schisteuses. Les calcaires blancs sont rares, ce qui contraste avec le niveau suivant. Les calcaires gréseux gris ne sont pas fréquents, mais se rencontrent ici et là, surtout dans le flanc normal du grand pli de la Palette.

Les schistes sont presque exclusivement des schistes calcaires à patine claire; ils forment des intercalations qui atteignent souvent 1 m d'épaisseur, ou même 2 à 3 m. C'est presque toujours sur une de ces intercalations schisteuses que reposent les gros bancs de conglomérat.

§ 4. Variations verticales et régionales

De bas en haut de la série, les variations sont très faibles, dans le mode d'alternance, toujours irrégulier, de ces différentes roches. La seule variation constante, c'est que les gros bancs de conglomérats s'espacent de plus en plus vers le haut. Ils sont toujours séparés par des complexes de grès, de calcaires et de schistes de 1 à 5 m d'épaisseur, mais dans la partie supérieure du niveau, c'est de plus en plus souvent 5 m. Au-dessus du dernier gros banc de conglomérat polygénique, les calcaires blancs commencent de façon brusque.

Ce n'est aussi que dans le flanc normal du pli supérieur de la Palette que l'on remarque un changement dans le caractère des roches. Les conglomérats y sont plus dolomitiques, comme nous l'avons mentionné. Les grès également sont plus riches en grains de dolomie et plus clairs, par diminution des fragments de schistes noirs; leur cassure est cependant toujours bleuâtre.

Sur le plateau d'Oberer Meiel, au NE du Witenberghorn, vers le milieu de la série, on trouve sur 20 à 30 m d'épaisseur un grès polygénique particulier, contenant en assez grande abondance des cailloux épars, arrondis, de dolomie, de roches cristallines parfois anguleuses, de calcaires souvent entourés d'une coque siliceuse et surtout, ce qui est très caractéristique, une multitude de lentilles irrégulières d'un calcaire marneux blanc. Ces lentilles, qui ont jusqu'à 15 cm, sont allongées, étirées, et prennent des formes bizarres. Elles montrent souvent une stratification soulignée par des filets argilo-gréseux, qui peuvent être des prolongements de la roche encaissante. Ces lits dessinent des replis, parfois des retours complets sur eux-mêmes. Il semble que ce sont de petites poches de boue calcaire originellement dispersées dans le sable.

Sur une partie du même plateau, dans le Standgraben et sur le versant sud-est du Meielgrat, un calcaire gréseux gris clair prend un assez grand développement dans le haut de la série. Il ressemble au calcaire gréseux gris, mais contient par places une quantité de graviers anguleux, atteignant 1 cm de diamètre, de quartz, de dolomie, de fragments de grès et de calcaires. A d'autres places, il est presque dépourvu d'éléments détritiques. On y voit, au microscope, de nombreux bryozoaires et quelques foraminifères (rotalidés, miliolidés) brisés, qui semblent roulés. C'est également dans ces couches que nous avons trouvé les *Siderolites* dont nous parlerons plus loin.

Les calcaires blancs, comme dans la série gréso-calcaire, sont remplacés dans ce flanc normal du pli supérieur, par des calcaires jaunâtres, qui sont du reste rares, autant que les calcaires blancs dans les autres parties de la nappe. Pourtant, au Staldenhorn, les vrais calcaires blancs, qui caractériseront le niveau suivant, apparaissent déjà entre les derniers gros bancs de conglomérat polygénique, contrairement à ce qui se passe dans l'ensemble de la région.

Dans toute cette partie du flanc normal du pli supérieur de la Palette, qui s'étend au N du Witenberghorn et du Staldenhorn, l'épaisseur du conglomérat intermédiaire semble beaucoup plus grande qu'ailleurs et atteint probablement 200 m. Or la série gréso-calcaire n'y affleure qu'à la Wandfluh, au NE du Meielgrat, sur une hauteur d'une dizaine de mètres, faite uniquement d'une alternance de grès, de calcaires roux et de schistes, sans brèches feuilletées ni autres conglomérats, et avec un faciès des grès qui rappelle plutôt la partie inférieure de ce niveau. On peut alors se demander si les gros bancs de conglomérats dolomitiques n'apparaissent pas ici plus qu'ailleurs, et si ce faciès n'envahit pas déjà le haut de la série gréso-calcaire.

D'autre part, sur le versant sud du Staldenhorn et de l'Ammertenhorn, les gros bancs de conglomérat dolomitique diminuent peu à peu de grossièreté vers le NE et plusieurs d'entre eux passent latéralement à de gros bancs de grès grossier. De sorte que ce faciès devient beaucoup moins caractéristique à l'E de la Sarine, où, si les conglomérats polygéniques continuent à jouer un rôle important, il n'est cependant plus possible de distinguer ce niveau à gros bancs de conglomérat, si nettement individualisé dans notre région.

§ 5. Fossiles

Dans les niveaux du Flysch inférieur que nous avons décrits jusqu'ici, on n'a jamais encore découvert, dans notre région, aucun fossile permettant d'en déterminer l'âge. Dans le haut du conglomérat

intermédiaire, par contre, W. PAULCKE signalait en 1911 (54) des Nummulites et des Orbitoïdes qu'il avait récoltés dans un calcaire du Standgraben, sur le plateau d'Oberer Meiel (583,5/141,5). Nous avons retrouvé, non sans peine du reste, ce calcaire à foraminifères: c'est le calcaire gréseux gris clair que nous avons mentionné au paragraphe précédent. Nous avons pu ainsi reconnaître qu'il ne s'agissait pas de Nummulites, mais de divers Orbitoïdes, parmi lesquels on reconnaît à coup sûr *Siderolites Vidalii* Douv.

On sait que pareille confusion de *Siderolites* avec des Nummulites a été faite même par J. BOUSSAC, sur des échantillons du sommet du Niesen (LEUPOLD, 95, p. 311).

Nous avons trouvé les mêmes *Siderolites Vidalii* Douv. sur l'arête du Pic Chaussy, 100 m à l'E du sommet, également dans la partie supérieure du conglomérat intermédiaire, dans une couche de grès polygénique fin et très calcaire, qui contient une grande abondance de ces organismes. Une partie de ces échantillons du Chaussy ont été décrits et figurés par M^{lle} J. PFENDER (101). A ce propos nous devons relever une erreur dans la carte de E. ANDRAU (82): il a considéré les conglomérats du sommet du Chaussy comme appartenant au conglomérat moyen, alors qu'ils font nettement partie du Flysch inférieur, du niveau à gros bancs de conglomérat, qu'il nomme dans sa région: brèche polygénique intermédiaire. Nous verrons du reste que la distinction entre les conglomérats de ces deux niveaux est beaucoup plus difficile qu'il ne l'a cru.

Siderolites Vidalii est considéré comme une espèce caractéristique du Maestrichtien (cf. D. ANDRUSOV, 105).

Chapitre IX

Le Flysch à calcaires blancs

§ 1. Généralités

Le niveau à calcaires blancs, défini par M. LUGEON et E. ANDRAU dans le massif du Chaussy, est bien individualisé dans toute notre région. Les gros bancs de conglomérat de la série précédente cessent brusquement, et un ensemble beaucoup plus uniforme s'élève au-dessus d'eux. C'est une alternance de grès polygéniques, plus ou moins grossiers, de calcaires roux et de calcaires blancs, avec de rares bancs de brèches feuilletées (fig. 18). Les schistes jouent un rôle très subordonné dans ce complexe; ils ne forment que de minces délités entre les couches gréseuses et calcaires. L'ensemble de schistes marno-calcaires que M. LUGEON et E. ANDRAU distinguent au sommet de ce niveau (79, p. 293 et 82, p. 22 et 25) n'existe pas dans notre région.

A l'E de la Sarine, le niveau à calcaires blancs n'est plus nettement distinct du conglomérat intermédiaire, et M. DE RAAF réunit ces deux complexes dans son «niveau calcaréobréchoïde» (100, p. 14).

Les roches qui constituent le Flysch à calcaires blancs se trouvent toutes dans les séries précédentes et ont été décrites à leur propos. Les grès polygéniques sont toujours très calcaires, de teinte bleutée à la cassure, de patine rousse, et fort compacts. Ils sont en couches de 0,10 m jusqu'à 1 m, ou même plus souvent d'autant plus fortes que le grain est plus grossier, et généralement lités. Ils sont toujours micacés. Dans un même banc, on voit assez fréquemment des passages brusques, dans le sens vertical, de grès grossier à grain fin, de grès calcaire roux ou à calcaire blanc.

Les calcaires gréseux gris que nous avons rencontrés dans le Flysch gréso-schisteux ne sont pas très abondants et montrent

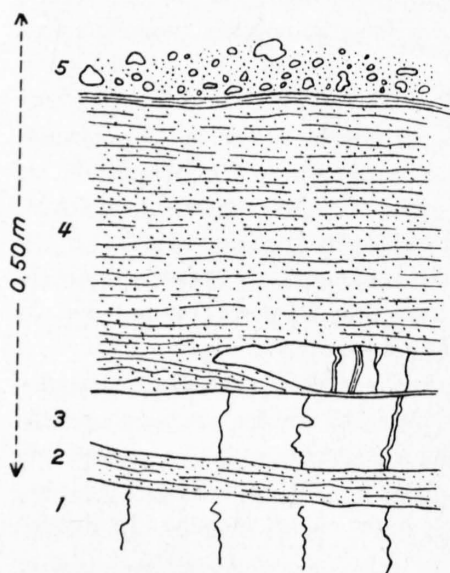


Fig. 18. Détail de stratification dans le Flysch à calcaire blanc de Meielgrat.

1 = Calcaire blanc compact à spongiaires. 2 = Calcaire roux très gréseux à grain très fin, bien stratifié. 3 = Comme 1. 4 = Comme 2. 5 = Brèche polygénique fine à ciment gréseux supportée par un délit schisteux.

de nombreux termes de passage entre les grès et les calcaires. Les calcaires roux restent semblables au type décrit dans la série grésocalcaire, mais ils ne prédominent plus et jouent ordinairement un rôle subordonné par rapport aux calcaires blancs, qui prennent la première place.

Les brèches feuilletées, absentes du niveau précédent, reparaissent ici telles que nous les avons vues dans le Flysch grésocalcaire, mais ne forment que des bancs isolés, peu fréquents. Le grain en est généralement fin, mais atteint localement 3 cm de diamètre.

Quant aux schistes, dont la quantité est ici très faible, ils sont calcaires ou marneux, souvent d'un brun verdâtre, presque toujours micacés.

L'épaisseur du Flysch à calcaires blancs oscille autour d'une centaine de mètres.

§ 2. Les calcaires blancs

Nous les avons déjà décrits dans la série grésocalcaire, où ils formaient de minces couches finement plaquetées. Ici, on les trouve généralement en couches de 1 à 2 m d'épaisseur, composées de lits de 2 à 10 cm, et ils sont prédominants sur les autres roches. Ce terme de «calcaire blanc», introduit par M. LUGEON et E. ANDRAU, est commode, et nous l'adoptons, bien qu'il ne soit pas rigoureusement exact, car ce calcaire est généralement d'un gris-bleu, de patine claire, mais foncé à la cassure. C'est sur le terrain, et par contraste avec les autres roches du Flysch, qu'il apparaît blanc. M. DE RAAF le nomme «calcaire compact» (100, p. 17), mais de nom ne lui convient pas toujours dans notre région, où il est souvent plaqueté, parfois de pâte granuleuse, ou envahi de traînées sableuses. En général, pourtant, la pâte est bien compacte, de grain très fin, à cassure finement esquilleuse.

Au microscope, ce calcaire se montre pétri de spicules d'éponges, toujours calcitisés, généralement couchés suivant la stratification. On y remarque aussi de rares foraminifères, où l'on reconnaît avec quelques doutes des globigérinidés, des rotalidés, etc. Il semble aussi qu'il y ait des radiolaires, entièrement calcitisés, mais nous n'avons trouvé aucune forme indiscutable.

Le calcaire blanc est localement assez riche en rognons de silex. Localement aussi, surtout lorsqu'une couche de grès lui succède directement, le calcaire contient des traînées sableuses, d'un grain moyen, micacées, en fins lits horizontaux ou obliques, irréguliers, qui divisent la pâte calcaire comme une fausse brèche.

Par places, on trouve en assez grande abondance, à la surface des plaques calcaires, *Helminthoidea crassa* SCHAFHÄUTL; *Chondrites affinis* STERNB. et *Ch. targioni* BRONGN. sont rares; nous n'avons trouvé qu'un exemplaire, mais fort beau, de *Gyrophyllites* sp. (GLOCKER).

§ 3. Mode d'alternance

Les diverses roches énumérées ci-dessus alternent de façon très variable et irrégulière dans la série. Une coupe détaillée, relevée à sa partie supérieure, donnera un bon exemple de ce complexe. Cette coupe est prise au SE du lac Lioson, sous la charnière synclinale du conglomérat moyen, au-dessus du point 1952 de la carte, c'est-à-dire dans l'un des plis couchés de la digitation du Chaussy, en série normale. On a de bas en haut:

1° 1 m. Grès polygénique.

2° 0,20 m. Calcaire roux gréseux.

3° 0,50 m. Brèche fine feuilletée.

4° 1,50 m. Grès polygénique irrégulièrement lité passant au sommet à un calcaire roux.

Délit de 0,02 m de schistes calcaires, puis

5° 0,40 m. Calcaires blancs bien lités de 0,02 à 0,05 m, avec intercalation de quelques lits de schistes calcaires micacés et de calcaires roux.

Délit de 0,02 m de schistes calcaires micacés, puis

6° 0,30 m. Banc de grès polygénique.

Délit de 0,02 m de calcaire gréseux finement plaqueté.

7° 0,30 m. Complexe assez finement lité de calcaire blanc et roux, en alternance.

- 8° 0,04 m. Marnes satinées brun-vert.
9° 1 m. Alternance de calcaire roux et blanc, avec calcaire gréseux au sommet.
10° 1,50 m. Grès polygénique avec lit de calcaire roux au milieu.
11° 2,50 m. Calcaires blancs en lits de 0,03 à 0,10 m, avec parfois de minces délits marneux, un lit de silex de 0,03 m et quelques lits de calcaires roux.
12° 0,20 m. Banc de grès grossier passant brusquement à un calcaire gréseux.
13° 0,30 m. Calcaires blancs et calcaires roux lités avec délits de schistes calcaires gréseux et un lit de 0,03 m de marnes satinées brun-vert.
14° 2 m. Alternance de calcaires roux en lits de 0,10 à 0,20 m et de petits lits de calcaires blancs avec délits de schistes calcaires et de marnes satinées.
15° 0,40 m. Grès polygénique grossier, plus fin vers le haut.
16° 1,80 m. Alternance de calcaires blancs et roux bien lités avec délits de marnes satinées et de schistes calcaires.
17° 2 m. Un banc de brèche feuilletée.
18° 1 m. Deux lits de calcaires roux séparés par du calcaire blanc.
19° 1 m. Banc de grès grossier avec grès fin au sommet.
20° 1 m. Alternance irrégulière de calcaires roux en lits de 0,02 à 0,05 m avec marnes satinées et schistes calcaires.
21° 1,50 m. Un banc de brèche feuilletée, avec éléments jusqu'à 3 cm de diamètre.
22° 0,10 m. Calcaires roux avec petits cailloux.
23° 0,50 m. Grès grossier contenant des cailloux à la base, plus fin vers le haut.
24° 5 m. Alternance de lits de grès de 0,20 à 0,40 m avec des calcaires blancs et roux, en petits lits; le calcaire blanc est divisé en lentilles ou traînées allongées par des filets gréseux (fausse brèche).
25° 1,50 m. Alternance de calcaires blancs et roux avec quelques délits de marnes satinées.
26° 2 m. Grès en lits de 0,10 à 0,30 m.
27° 1 m. Calcaire blanc en lits de 0,03 à 0,10 m.
Puis le conglomérat moyen débute brusquement.

§ 4. Variations verticales et régionales

On ne peut dégager aucune règle générale dans les variations verticales de cette série. Les variations locales sont très fréquentes, mais tout à fait irrégulières, et l'on ne peut, à la composition des couches, ni à leur mode d'alternance, reconnaître la partie inférieure, moyenne ou supérieure du Flysch à calcaires blancs. Par places, ces calcaires blancs manquent presque entièrement, mais non loin ils reprennent leur rôle prédominant et caractéristique. Par places aussi la limite supérieure du niveau est moins tranchée, et l'on a dans le haut une certaine alternance de bancs de conglomérat moyen avec des couches de calcaire blanc.

Dans le flanc normal du pli supérieur de la digitation de la Palette, ce niveau est bien développé et nettement reconnaissable, riche en calcaires blancs qui souvent sont en couches moins plaquetées, plus compactes; dans ces bancs plus compacts, le calcaire est généralement plus jaunâtre à la patine et légèrement magnésien, ce que l'on reconnaît facilement au microscope. On retrouve à ce niveau les calcaires gris clair, plus ou moins gréseux, que nous avons signalés dans le conglomérat intermédiaire. Il existe aussi des termes de passage entre calcaires roux et calcaires blancs, par exemple au Staldenhorn. A l'E du Staldenhorn, près du sommet de l'Ammertenhorn, on trouve dans la partie supérieure de la série, interstratifiés parmi des couches de calcaire blanc, des bancs de 2 à 3 m d'un conglomérat grossier, riche en éléments dolomitiques, avec des moellons isolés de grès analogues à ceux que nous avons décrits dans le niveau précédent à propos des conglomérats de cette même unité (64). Ces bancs diminuent d'épaisseur et de grossièreté vers le haut, et sont surmontés par des calcaires blancs. Comme on est ici dans le cœur d'un synclinal légèrement renversé et assez écrasé, où le Flysch moyen n'existe pas, on ne peut savoir quelles sont les relations de ces conglomérats dolomitiques avec le conglomérat moyen.

Le conglomérat moyen

§ 1. Généralités

Ce niveau du Flysch moyen tranche sur tout le reste du Flysch du Niesen, car il n'est formé que de gros bancs de conglomérat polygénique, qui déterminent généralement de belles parois à pic. Les autres roches, grès et calcaires, ne se trouvent qu'en débits peu importants entre ces conglomérats, et les schistes n'y jouent qu'un rôle presque nul. Il en résulte que ce niveau ressort, comme une assise plus rigide et massive, dans l'ensemble du Flysch, et qu'il dessine mieux qu'aucun autre les grands plis couchés des digitations de la nappe.

Malheureusement, ce niveau est localisé dans la région ici étudiée; il n'existe plus à l'E de la Sarine.

Dans le massif du Chaussy et de la Tornette, où le conglomérat moyen est bien développé, son épaisseur normale varie de 40 à 80 m.

§ 2. Le conglomérat

Si le niveau du «conglomérat moyen» est bien distinct dans l'ensemble du Flysch, la roche qui le constitue n'est pas essentiellement différente de celle qui caractérise le «conglomérat intermédiaire», et l'on peut aisément les confondre lorsqu'on n'en voit qu'une couche isolée ou que l'affleurement est très restreint (fig. 19).

C'est aussi un conglomérat compact, où les éléments sont pressés les uns contre les autres, presque toujours sans ciment (fig. 19). Tout au plus peut-on dire que la taille des éléments, très variable d'un banc à l'autre, ou même d'un niveau à l'autre à l'intérieur d'un même banc, peut rester constante sur une plus grande épaisseur.

On trouve aussi, dans le conglomérat moyen, d'énormes blocs isolés dans la masse d'un banc, blocs lenticulaires, aplatis suivant la stratification, et presque toujours constitués par des calcaires compacts à bélemnites et aptychus (fig. 20). Par exemple, il en existe plusieurs au SE de la Tornette, sur la grande surface (579/136,5), au-dessus du sentier qui monte au col de Seron. On en voit aussi de fort beaux au N du Tarent, quelques mètres au SE du chalet de Lévanchy, sur le sentier (577,5/138,5).

Nous pourrions du reste répéter ici tout ce que nous avons dit de la nature des éléments au sujet du conglomérat intermédiaire. Car l'on trouve, dans le conglomérat moyen, les mêmes calcaires, en général prédominants, les mêmes cailloux cristallins, dont les granites verts porphyroïdes sont si remarquables, les mêmes cailloux dolomitiques, siliceux ou schisteux.

E. ANDRAU, qui définit le premier le conglomérat moyen, insiste sur un caractère distinctif de cette roche, à savoir qu'elle contient en abondance des galets du calcaire blanc qui prédomine dans le haut du Flysch inférieur. Nous avons examiné attentivement ce conglomérat, sans jamais y voir un caillou de ce calcaire. Il y a d'autres calcaires clairs, en grande abondance, parmi les éléments de



Fig. 19. Conglomérat moyen.
Les éléments plus clairs sont des calcaires.

la roche, mais ce sont les mêmes que dans celle du conglomérat intermédiaire. D'autre part, on trouve des lits de calcaire blanc interstratifiés entre les couches du conglomérat moyen, avec des grès et des calcaires siliceux. Mais comme éléments de ce conglomérat, nous n'en avons jamais trouvé.



Fig. 20. Bloc de calcaire à *Aptychus* dans le conglomérat moyen.
Environs du lac Lioson.

§ 3. Les grès et les calcaires

Presque toujours les bancs de conglomérat sont accolés l'un à l'autre sans intercalations d'autres roches. Mais très localement on trouve dans la série, entre deux bancs, quelques couches alternantes de calcaires et de grès, sur une épaisseur de 1 à 3 m.

Les grès sont des grès calcaires polygéniques, tels que nous les avons vus dans les niveaux précédents. Ils sont plus rares ici que les calcaires : calcaires roux, calcaires blancs, parfois marneux, parfois à cassure plus foncée, comme nous les avons décrits dans le Flysch inférieur. En certains endroits, ces couches sont lenticulaires, mais toujours distinctes des éléments du conglomérat. Le plus souvent, ces couches sont bien continues sur une grande distance.

§ 4. Variations verticales et régionales

Nous avons vu que la grossièreté des bancs de conglomérat variait fort de l'un à l'autre. Mais il n'y a aucune régularité dans cette variation, et l'ensemble reste le même du bas en haut de l'étage. Le conglomérat moyen débute presque toujours très brusquement. En certains endroits seulement, il alterne à la base avec des couches de calcaires roux et blancs, sur quelques mètres. Alors, dans les bancs inférieurs du conglomérat, on remarque entre les éléments un ciment de calcaire gréseux. La limite supérieure de l'étage est aussi généralement nette et tranchée ; mais localement, les dernières couches de conglomérat alternent aussi avec les calcaires à *Nodosaires* du niveau suivant.

La variation régionale est beaucoup plus importante. Le conglomérat moyen est bien développé, tel que nous l'avons décrit, dans toute la digitation du Chaussy, jusqu'au plan de chevauchement de la digitation de la Palette. Dans le pli inférieur de la Palette, qui est dans l'ensemble assez écrasé, il existe également, normalement constitué. Mais dans le flanc renversé du pli supérieur de la Palette, le conglomérat moyen diminue de plus en plus du S au N. On le suit, tectoniquement réduit à une vingtaine ou une trentaine de mètres d'épaisseur, et plusieurs fois replié, tout le long de la paroi qui monte au-dessus d'Isenau, vers le NW, jusqu'au sommet de la Cape au Moine, puis au NE de cette montagne, toujours replié, mais moins écrasé, sur les pentes qui descendent vers la Torneresse. Mais plus au N il diminue sensiblement. Il n'existe pas sur l'arête sud de la montagne des Arpillés (579,6/138,5) ;

et l'on n'a pas l'impression que cette absence soit due à un laminage tectonique, car il semble que le Flysch à calcaires blancs passe stratigraphiquement aux couches à Nodosaires. Pourtant le conglomérat moyen reparait au N et l'on peut le suivre, entre les couches à Nodosaires et le niveau à calcaires blancs, sur le versant droit de la vallée de l'Eau Froide jusqu'au haut du grand cône torrentiel qui s'étale des Tommes vers le N. Sur ce versant, le conglomérat moyen est réduit à 10 ou 15 m d'épaisseur, mais normalement constitué. Sur le versant gauche de la même vallée, où on le retrouve symétriquement au SE de la Corne de Brenleires, il a une vingtaine de mètres; mais entre les bancs de conglomérat, relativement peu épais et rares, les intercalations calcaires et gréseuses se développent anormalement. La coupe suivante est relevée à l'W du chalet de Tommes (1246), à l'altitude d'environ 1400 m. Dans la série renversée, on a du haut en bas:

1° Alternance de calcaires roux, de calcaires blancs et de grès polygénique. Flysch à calcaires blancs.

2° 1 m. Conglomérat compact, passant vers le bas à un grès polygénique.

3° 0,50 m. Calcaire gréseux.

4° 2 m. Conglomérat compact, à éléments de 1 à 3 cm de diamètre en moyenne, parfois jusqu'à 10 cm.

5° 3 m. Calcaires roux et calcaires blancs en alternance.

6° 4 m. Conglomérat compact grossier, passant vers le bas à du grès.

7° 8 m. Calcaires blancs, calcaires roux et grès polygénique en alternances.

8° 1 m. Conglomérat compact à éléments de 5 à 10 cm de diamètre.

9° Calcaires un peu gréseux, à Nodosaires.

A la base de chacun des quatre bancs de conglomérat, les éléments sont épars dans un ciment gréseux.

Dans la partie sud-ouest de cette bande, au-dessus de la Rite, la série est encore un peu différente: sur une hauteur d'une cinquantaine de mètres, des bancs de conglomérat diversement grossier, de 0,50 à 1 m d'épaisseur, sont séparés par des alternances de calcaires blancs, de calcaires roux et de grès, de 1 à 4 m de puissance.

Tout cela est situé dans le flanc renversé du pli supérieur de la digitation de la Palette. Dans le flanc normal de ce même pli, le conglomérat n'existe presque plus. On n'en trouve qu'une petite lentille dans une des ondulations de cette carapace, au SE du col de Jable, dans un couloir rocheux du versant gauche du cirque de Wasserschüpfe, vers l'altitude de 2100 m. Là, entre le Flysch à calcaires blancs et les couches à Nodosaires, existe une couche lenticulaire, de 5 m d'épaisseur, d'un conglomérat très riche en éléments dolomitiques et contenant des moellons de grès mesurant jusqu'à 1 m³, tout comme dans les gros bancs du conglomérat intermédiaire de la même unité tectonique (64).

Enfin, nous avons déjà mentionné, au chapitre précédent (76), les bancs de conglomérat dolomitique interstratifiés dans le haut du Flysch à calcaires blancs près du sommet de l'Ammertenhorn. Peut-être doit-on les considérer comme l'équivalent stratigraphique du conglomérat moyen. On retrouve ces mêmes couches près de l'arête du Meienbergli, 800 m environ au NNE de l'Ammertenhorn, à l'W et au-dessous du point 1921.

A part ces exceptions, fort localisées, le conglomérat moyen n'existe pas dans le flanc normal du pli supérieur de la Palette. Sans doute ne s'y est-il pas déposé. Non qu'il y ait ici une lacune de sédimentation, mais ce faciès s'effile vers le S du bassin où se déposait le Flysch, et s'y trouve relayé par d'autres couches, probablement de la série du Flysch à calcaires blancs.

Le Flysch à Nodosaires

§ 1. Généralités

Le complexe qui fait suite au conglomérat moyen s'en distingue très nettement. C'est un ensemble fort uniforme de calcaires sableux, plus ou moins marneux, parfois schistoïdes, d'un gris-bleu foncé. Généralement la limite est bien tranchée entre les deux niveaux; rarement le passage se fait, sur 5 ou 10 m, par une alternance des deux faciès. Du reste on trouve ici et là, dans la série du Flysch à Nodosaires, des bancs isolés de conglomérat polygénique, généralement de poudingue, de 1 à 2 m d'épaisseur. La limite au haut du complexe est beaucoup moins nette: il passe graduellement, sur une dizaine de mètres ou davantage, au Flysch supérieur.

L'épaisseur du Flysch à Nodosaires varie de 100 à 200 m environ.

§ 2. Composition lithologique

La roche qui constitue en majorité le Flysch à Nodosaires est un calcaire légèrement marneux, et finement arénacé, c'est-à-dire parsemé d'une infinité de minuscules débris de quartz, de calcaires, de petits organismes, la cassure est d'un bleu foncé. La patine est d'un gris-bleu, terne ou blanchâtre, et l'on voit en saillie des grains de quartz et de petits organismes silicifiés, parmi lesquels les Nodosaires, qui, à vrai dire, ne sont pas très nombreux, mais qui sont les plus caractéristiques. Le Flysch est toujours micacé, parfois très finement. Presque toujours il est plaqueté, localement en plaquettes sonores et cassantes, et à la surface des feuillets les grosses lamelles de muscovite sont abondantes. Assez rarement, des grains de glauconie parsèment la pâte du calcaire.

Au microscope, la pâte de calcite finement granuleuse apparaît pétrie de débris organiques, en général méconnaissables, mais où l'on peut discerner des fragments de bryozoaires et de foraminifères, dont nous avons parlé plus haut. Les éléments étrangers, qui sont nombreux, sont surtout de petits grains de quartz, de feldspaths, souvent associés au quartz, de calcaires divers, de dolomie, avec de rares muscovites. Les grains de quartz, informes, sont assez clairs quoique renfermant de nombreuses inclusions. Ils sont pour la plupart entourés d'une auréole de calcite fibreuse secondaire. Les feldspaths sont très attaqués, généralement par la calcite; il n'en reste souvent que des ombres.

Fréquemment, le faciès est plus grossier. Le fond calcaire reste le même, mais les débris sont plus grands, atteignant ou dépassant 1 mm de diamètre. On passe même localement à de fines brèches à ciment calcaire, où se reconnaissent des débris de roches cristallines, gneissiques et granitiques, de quartzites, de jaspe rouge, de calcaires divers et de dolomie.

Parfois, le calcaire devient plus marneux, plus schisteux et passe à de vrais schistes; le plus souvent ces schistes restent grossièrement feuilletés, en lamelles irrégulières, mais ils peuvent aussi être finement plaquetés, en plaquettes calcaires et cassantes, avec de minces lits marneux intercalés. Ces schistes sont toujours sombres, parfois noirs. Parfois, ces couches schisteuses forment des intercalations importantes, quelquefois coupées de lits plus calcaires et plus durs, mais l'on n'a presque jamais une alternance régulière de couches dures et tendres comme dans le Flysch inférieur ou le Flysch supérieur. Il arrive aussi que le faciès schisteux envahisse une grande partie de la série. En général, cependant, il est nettement subordonné au faciès plus calcaire et arénacé.

§ 3. Les conglomérats

Localement, des bancs de conglomérat de 1 à 3 m d'épaisseur s'intercalent dans la série calcaire. Ils sont le plus souvent isolés, comme par exemple au sommet de la Cape au Moine, mais il arrive qu'il y en ait plusieurs proches les uns des autres, comme dans le ravin du torrent descendant de Seron (au N de la Cape au Moine) vers la Torneresse, à l'altitude de 1500 m.

Ce n'est jamais un conglomérat compact, semblable au conglomérat moyen. Le ciment, de calcaire sableux schisteux, est toujours bien développé et les éléments bien arrondis. Ils sont généralement mal assortis, variant de 2 à 30 cm de diamètre. On en trouve de plus gros, mais ne dépassant guère 50 cm de diamètre. Et nous n'avons observé qu'en un point une lentille de 3 m de longueur sur 0,20 m d'épaisseur, de schiste cristallin vert du type des «schistes de Casanna», en élément dans ce poudingue: c'est près du chalet de L'Audalle, au N de la Tornette.

Comme éléments, les calcaires prédominent: calcaires compacts ou spathiques, parfois à rognons de silex; les silex isolés se trouvent aussi parmi les éléments. Nous n'avons jamais observé de morceaux des calcaires blancs du Flysch inférieur. On a des cailloux de grès et des cailloux granitiques, de granites blancs ou verdâtres, presque toujours très décomposés.

Dans certains bancs, le conglomérat passe graduellement, vers le haut, à un grès, puis au calcaire gréseux et sableux, constituant normal du Flysch à Nodosaires.

§ 4. La faune

Les organismes se trouvent en assez grande abondance dans les calcaires de ce niveau. Les bryozoaires prédominent, et de beaucoup; au microscope, on se rend compte qu'ils constituent une bonne partie de la pâte calcaire de la roche. Parfois ils sont bien développés, le plus souvent ce ne sont que des débris.

A côté des bryozoaires, nous n'avons trouvé que des foraminifères, soit entiers, soit brisés. Le microscope en révèle toujours une assez grande quantité dans la pâte de la roche. Localement, lorsque la surface des couches a subi longtemps l'action sélective de l'altération atmosphérique, ces foraminifères, ainsi que les débris de bryozoaires, se voient en relief parmi les grains de sable du calcaire.

M. REICHEL, le grand spécialiste bâlois en foraminifères, a communiqué à M. LUGEON les résultats de courtes recherches sur des échantillons prélevés par lui aux environs du lac Lioson. Il a reconnu *Globotruncana Stuarti* LAPP., *Gb. Linnei*. ORB. plus rares, *Orbitoides indet.*, *Textularia*, *Rotalia*, bryozoaires, puis plus rares présences de *Siderolites*.

L'appellation de Flysch à Nodosaires vient du fait que lorsque ce niveau fut précisé par LUGEON et ANDRAU dans la colline du Quart, près du col des Mosses, des plaquettes montraient des Nodosaires en abondance.

§ 5. Variations régionales

Le Flysch à Nodosaires est à peu près uniforme sur toute son épaisseur, ou du moins les variations qu'il présente dans le sens vertical sont purement locales. Les bancs de conglomérat n'appartiennent pas à un niveau défini.

Les variations régionales de ce complexe sont aussi très peu marquées: on le retrouve, avec les mêmes caractères, dans toute notre région. Le Flysch à Nodosaires remplit les synclinaux des grands plis couchés dessinés par le conglomérat moyen. C'est surtout remarquable dans la digitation du Chaussy. Mais le profond synclinal qui sépare les deux plis principaux de la digitation de la Palette en est aussi rempli, et on le retrouve sur le flanc normal du pli supérieur, même après la disparition du conglomérat moyen, toujours avec les mêmes caractères. Tout au plus peut-on remarquer l'absence de bancs de conglomérats, dont nous n'avons jamais vu trace sur ce flanc normal. Mais comme ces bancs de conglomérat sont exceptionnels dans les autres plis de la nappe, on ne peut insister sur ce caractère négatif.

Il est intéressant, par contre, d'observer le passage du Flysch à calcaires blancs au Flysch à Nodosaires là où le conglomérat moyen fait défaut. On le voit sur l'arête sud de la montagne des Arpilles (80), dans le flanc renversé du pli supérieur de la Palette. On le voit plus clairement encore sur l'arête qui monte du col de Jable, vers le SSE, au Rothorn, non loin de la lentille isolée de conglomérat moyen que nous avons décrite (82). Là, le passage se fait sur une dizaine de mètres d'épaisseur. Le Flysch à calcaires blancs est ici constitué par une alternance de grès, de calcaires blancs et de calcaires gréseux gris clair.

Peu à peu les calcaires gris clair deviennent plus marneux, plus schisteux, plus sombres et se transforment en calcaires sableux typiques des couches à Nodosaires. En même temps les calcaires blancs disparaissent, les grès diminuent dans l'alternance et cessent d'exister lorsque la transformation des calcaires gris est accomplie. On constate donc que ce n'est pas à un laminage tectonique qu'est due l'absence du conglomérat moyen, et qu'il n'y a pas ici de lacune dans la série stratigraphique.

Il semble donc qu'à l'E de la Sarine, il faille chercher l'équivalent de notre Flysch à Nodosaires dans le niveau schistoïde que M. DE RAAF décrit dans le Lauibach près de Trom (100, p. 20 et 21). L'épaisseur de la série y serait moindre et ses caractères lithologiques un peu différents, l'ensemble devenant plus schisteux. Mais la position stratigraphique est bien la même, avec passage graduel au Flysch inférieur, et DE RAAF mentionne, dans son complexe schisteux, des lentilles d'un calcaire sableux très analogue à celui qui constitue, dans notre région, le Flysch à Nodosaires.

* * *

Nous devons signaler quelques particularités tout à fait locales du Flysch à Nodosaires.

Dans la paroi du Luex-Bot, qui domine à l'E le lac Lioson, un synclinal de Flysch à Nodosaires détermine une grande vire herbeuse entre deux parois de conglomérat moyen (digitation du Chaussy). Dans les couches de ce synclinal se trouve intercalée une grande lentille, de 20 m de long sur 2 m d'épaisseur, d'une roche verte très curieuse, qui semble être une roche volcanique profondément altérée. A l'œil nu, cette roche ressemble à une prasinite; sous le microscope, elle se montre formée d'un très grand nombre de petits cristaux d'albite, bien maclés, moulés par une quantité de lamelles de chlorite. On voit également de nombreux amas opaques d'un produit d'altération épigénisant un minéral à clivage net, sans contours propres et non déterminable, peut-être un pyroxène ou une amphibole. Comme les cristaux d'albite sont très clairs, et que la roche est fort attaquée par de la calcite, cette albite doit être secondaire.

Cette lentille n'est pas une lame tectonique, ce doit être ou une petite coulée de lave sousmarine contemporaine de la sédimentation des couches à Nodosaires, ou un bloc glissé parmi ces sédiments, quelque intercalation des couches de la nappe du Grand St-Bernard.

Au NW du pâturage de La Croix, entre les chalets de Toumalay et de Seron, au N de la Cape au Moine, nous avons observé, parmi les calcaires à Nodosaires, un banc de grès quartzité blanc, peu épais. Nous n'en avons vu de semblable nulle part. Mais sous le point 2080 (Carte Siegfried, soit au S du point 2019,2 de la Carte nationale) de l'arête nord-est de la Cape au Moine existe une lentille de 5 m de long sur 1 m d'épaisseur d'un quartzite blanc, paraissant très pur. Il passe aux calcaires encaissants par l'intermédiaire d'un grès plaqueté.

Ces deux intercalations sont très nettement des particularités de la sédimentation, singulières et locales.

Chapitre XII

Le Flysch supérieur

Le Flysch supérieur, qui fait suite aux couches à Nodosaires, est un complexe où alternent des grès calcaires et des schistes marneux, gris foncé, toujours micacés. L'alternance est généralement très régulière, en couches de 0,20 à 0,30 m; ailleurs elle est beaucoup plus capricieuse. Les schistes jouent toujours un rôle important; on y voit quelques *Chondrites*. Les grès, plus ou moins calcaires, sont de grain fin, leur cassure a un aspect huileux et leur surface, nettement plane et micacée, est parfois couverte de hiéroglyphes. Ils sont quelquefois plaquetés.

Ce faciès du Flysch est beaucoup plus banal que celui des autres niveaux. On trouve de tel Flysch dans toutes les unités tectoniques des Préalpes et des nappes ultra-helvétiques. Ce qui fait que l'on est rarement sûr qu'il s'agisse réellement de la partie supérieure de la série normale du Flysch du Niesen.

E. ANDRAU, qui, le premier, a défini ce Flysch supérieur, émet des doutes sur sa position stratigraphique (82, p. 30). Dans une note infrapaginale, il annonce même que nos recherches semblent montrer que ce Flysch ne couronnerait pas la série normale, mais appartiendrait à une autre unité que celui du Chaussy.

Il y a là un certain malentendu: nous ne doutons pas de l'existence d'un Flysch supérieur, mais c'est le Flysch des Mosses qui appartiendrait à une autre unité tectonique.

Ce qui a fait penser à ANDRAU que le Flysch supérieur n'appartenait pas à la nappe du Niesen est la présence de Trias, près du col des Mosses, en position assez singulière entre du Flysch à Nodosaires et le Flysch supérieur. Plus tard, en compagnie de E. GAGNEBIN (110), nous avons découvert, non loin du col, soit dans les montagnes de Brenlaires, une semblable petite lame de Trias entre le Flysch à Nodosaires renversé et le Flysch banal dit Flysch supérieur.

A la suite de ces découvertes, LUGEON et GAGNEBIN en ont tiré la conclusion que le Flysch supérieur n'appartenait pas à la nappe du Niesen. Ils y voient une fenêtre dite grande fenêtre mitoyenne constituée par des masses appartenant à l'Ultra-helvétique.

Il est évident que les arguments avancés par MM. LUGEON et GAGNEBIN paraissent bien montrer que le Flysch des Mosses appartiendrait à une unité tectonique autre que celle du Niesen, mais ailleurs et non loin il me paraît que le Flysch supérieur est bien la suite normale du Flysch à Nodosaires de la nappe du Niesen.

En deux endroits de notre région, on peut observer le passage stratigraphique du Flysch à Nodosaires au Flysch supérieur, ce qui donne la preuve de leur succession normale.

On le voit très clairement dans le flanc renversé du pli supérieur de la digitation de la Palette, au S de la Corne des Brenlaires. Lorsqu'on suit le sentier qui mène de la Rite, dans la vallée de l'Eau Froide, vers Pra Cornet, on traverse, juste avant d'arriver au col 1677 (Carte Siegfried), une centaine de mètres de Flysch supérieur certainement en place. Sur l'arête au NE de ce col, vers le point 1723 (1715,1 de la Carte nationale), on voit le passage de ce Flysch aux couches à Nodosaires. La zone de passage a une dizaine de mètres d'épaisseur. Le Flysch supérieur perd sa régularité et présente par exemple deux gros bancs de 2 à 4 m d'épaisseur, de calcaire gréseux, marneux et schisteux, séparés par plusieurs mètres de schistes. Puis viennent les calcaires gréseux et schisteux du Flysch à Nodosaires, formant une petite paroi.

Non loin de cette coupe, on peut constater le passage du Flysch à Nodosaires de la digitation du Chaussy, en série normale, à un semblable Flysch supérieur, qui remplit sans doute le grand synclinal entre les deux digitations. La zone de passage se voit sur le sentier qui, du chalet de la Rite, se dirige vers le S, vers le torrent des Fonds. Elle se compose de schistes marneux finement micacés, gris avec des bandes marneuses brunes, contenant en alternance irrégulière des couches de grès à hiéroglyphes, grossièrement micacés, et des bancs de 0,50 à 2 m d'un calcaire siliceux à cassure foncée qui ressemble aux calcaires à Nodosaires. Après la traversée du ruisseau, on trouve un petit sentier non marqué sur la carte, qui se dirige vers Maulatreys. Il longe cette zone de passage, mais les affleurements ne sont pas bien visibles. Mais peu au-dessus, au N de Fodéra, les couches à Nodosaires affleurent nettement.

Au front de la digitation de la Palette, il est probable que le Flysch supérieur fait également suite aux couches à Nodosaires, mais il est très difficile d'en être aujourd'hui certain. Il semble donc qu'une partie du Flysch supérieur appartiendrait à la nappe du Niesen.

Cette banalité de faciès, ainsi que la plasticité de ce complexe, constamment plissé, empêche que l'on puisse évaluer l'épaisseur normale du Flysch supérieur.

Conclusion sur la stratigraphie du Flysch du Niesen

§ 1. Définition du Flysch

Le terme Flysch a été introduit par B. STUDER en 1827 (5, p. 259; 7, p. 110 et surtout 10, p. 81-84); il dérive d'un mot employé dans le Simmental pour indiquer des couches schisteuses et STUDER le compare au Flötz des Allemands et au Fleeze des Scandinaves. Il nous faut tenter une définition du terme. Nous l'emploierons pour indiquer un faciès détritique très particulier et facilement reconnaissable qui peut envahir des couches d'âges très divers.

Le Flysch est essentiellement une alternance répétée de lits de grès calcaires, micacés, assez compacts et de schistes marno-calcaires micacés; cette alternance donne en général à l'ensemble un caractère mou. Le Flysch contient dans la nappe du Niesen des bancs de conglomérats polygéniques souvent compacts et de gros blocs exotiques. Les calcaires zoogènes sont très rares et localisés; ils sont le plus souvent sableux ou gréseux; mais des calcaires compacts à spongiaires généralement plaquetés et couverts d'helminthoïdes sont connus et prennent un grand développement dans certains niveaux du Flysch du Niesen, ils passent verticalement, de façon brusque, dans le même banc, sans solution de continuité, à un grès. La faune du Flysch est toujours très appauvrie, et sauf à de très rares endroits où les foraminifères sont nombreux, les seuls fossiles sont ordinairement des *Chondrites*, des *Helminthoïdes* avec d'autres pistes, et dans la microfaune, des foraminifères et des bryozoaires assez dispersés.

Le caractère de la sédimentation du Flysch est donc d'être à la fois détritique et saccadé, et MARCEL BERTRAND (22) a précisé que c'est un faciès lié à la fermeture des géosynclinaux qui précède immédiatement les grandes orogénèses. Le Flysch du Niesen présente une plus grande variété de roches que le Flysch banal de la plupart des unités alpines, mais il démontre à plus forte raison que c'est un faciès d'orogénèse.

§ 2. Caractère du Flysch du Niesen

Nous pouvons mettre en évidence les principaux caractères de cette énorme série dont nous avons décrit les niveaux successifs.

Il faut d'abord faire ressortir l'unité et la continuité de la série du Flysch du Niesen. De la brèche de base au Flysch supérieur elle se poursuit sans discordances, sans lacunes, non certes sans modifications importantes et même brusques, mais avec des caractères constants sur les 800 à 1000 m d'épaisseur qu'elle mesure. Les éléments des grès et des conglomérats, par exemple, sont les mêmes du bas en haut du Flysch du Niesen, et certains faciès calcaires se retrouvent à presque tous les niveaux.

Cette série est nettement transgressive. Nous avons vu la brèche de base reposer normalement tantôt sur le Trias, tantôt sur des schistes supérieurs à des calcaires tithoniques, du noyau mésozoïque de la nappe. Là où la brèche de base n'existe pas, on ne peut décider si le repos du Flysch sur son substratum est normal ou tectonique, vu l'écrasement intense que manifeste presque partout la base de la nappe. Mais les coupes au-dessus de la route de Gsteig et du Sulzgraben suffisent à établir indubitablement la transgressivité du Flysch.

Au point de vue de la sédimentation, le trait le plus frappant du Flysch du Niesen est son caractère détritique, manifesté par l'abondance des grès et des conglomérats. Mais ces dépôts détritiques sont toujours accompagnés de sédiments fins, schisteux et de calcaires en majeure partie organogènes. La proportion de ces trois faciès varie, comme nous l'avons vu, d'un niveau à l'autre, et leur succession est souvent d'une brusquerie étonnante. Parfois aussi ils se mélangent et donnent naissance soit à ces fausses brèches si typiques, soit aux calcaires sableux et gréseux qui prédominent dans le Flysch à Nodosaires, mais dont certains termes se retrouvent à peu près partout.

Parmi les faciès détritiques, les plus remarquables sont les conglomérats. A part la brèche de base proprement dite, qui est très localisée, les conglomérats grossiers sont surtout développés dans le

conglomérat intermédiaire et dans le conglomérat moyen. Dans le reste de la série on rencontre à certains niveaux des conglomérats plus sporadiques, moins compacts, ou plus fins, mais c'est uniquement dans ces deux étages que des conglomérats grossiers jouent le rôle principal.

Si nous considérons leur extension, nous constatons qu'elle est, dans les deux niveaux, considérable, mais cependant plus faible pour le conglomérat moyen. Celui-ci semble cesser peu à peu, avec quelques exceptions locales, vers l'E d'une part et d'autre part au flanc normal de la digitation supérieure, c'est-à-dire vers le S du bassin de sédimentation. Les gros bancs de conglomérat du Flysch inférieur montrent une tendance au même phénomène, mais avec un décalage important; ils sont en effet très développés sur le flanc normal du pli supérieur de la Palette, jusqu'au S du Staldenhorn et de l'Amertenhorn, où leur grossièreté diminue et où plusieurs d'entre eux passent latéralement à des grès. Il n'en reste pas moins que ces gros bancs de conglomérat grossier s'étendent, continus et uniformes, sur des aires extrêmement vastes, avec entre eux des intercalations très régulières de calcaires, de schistes et de grès. En déroulant les plis des digitations de la Palette et du Chaussy, sur notre territoire, l'on se rend compte que cette extension, par le travers du bassin de sédimentation, dépasse certainement une vingtaine de kilomètres.

Or, en certains endroits, nous avons vu que ces conglomérats renferment d'énormes blocs, toujours lenticulaires, dont le volume varie en général autour de 30 m³, mais peut atteindre une centaine ou même un millier de mètres cubes. La distribution de ces blocs est très remarquable, car on les trouve sur toute l'aire occupée par les conglomérats, aussi bien dans le conglomérat intermédiaire que dans le conglomérat moyen. Dans le Flysch à gros bancs de conglomérat, le plus énorme de ces blocs est au S du col de Jable, sur le flanc normal du pli supérieur de la Palette. Mais dans le flanc renversé de ce pli, il s'en rencontre aussi de considérables, sur la montagne des Arpilles, dans le pâturage de Sazième, à la Chaux, etc.; puis dans la digitation du Chaussy, on en voit de magnifiques sur l'arête de l'Echarvaz, au S du Tarent, au sommet même du Taron, au-dessus du col de la Chenau, etc. Dans le conglomérat moyen, il en est de même: nous avons signalé déjà ceux de la surface au SE de la Tornette, dans le flanc normal du pli inférieur de la Palette, et ceux du chalet de Lavanchy, dans un des plis supérieurs du Chaussy. Mais on en trouve également dans les plis inférieurs de cette digitation, par exemple autour du lac Lioson.

Cette distribution des gros blocs lenticulaires, dans le bassin de sédimentation, restreindra de façon précieuse le champ des hypothèses possibles sur le mode de formation de ces conglomérats.

Parmi les caractères de notre Flysch, il importe enfin d'insister sur la faune très spéciale qu'on y trouve. Les seuls organismes qui pullulent à certains niveaux sont les éponges siliceuses et les bryozoaires (sans parler des *Chondrites* et des *Helminthoides*, dont on connaît mal la nature). On n'a jamais trouvé aucun mollusque, à part des débris d'*Inoceramus*, ni brachiopode, sauf lorsque le faciès Flysch envahit le Jurassique moyen comme au Sépey (107). Pourtant les faciès calcaires ne manquent pas. Parmi les foraminifères, nous n'avons trouvé que quelques formes: globigérines, textulaires, rotalidés, nodosaires, qui sont ubiquistes et vivaient dans n'importe quelle zone bathymétrique. La seule exception, dans notre territoire, est la présence de *Siderolites* au sommet du conglomérat intermédiaire (68). Mais nous traiterons cette question à la fin de ce chapitre, au sujet de l'âge du Flysch du Niesen.

§ 3. Conditions de sédimentation

L'idée que le Flysch s'est déposé dans l'avant-fosse d'une cordillère géanticiinale en mouvement, telle que l'ont précisée les travaux de MM. LUGNON et ARGAND est confirmée par toutes les observations que nous avons faites. Elle nous semble même la seule qui permette de comprendre les caractères du Flysch du Niesen.

Le Flysch de notre territoire semble avoir été déposé sur le versant nord-ouest de la fosse géosynclinale, car si on déroule les plis, on voit le conglomérat moyen diminuer d'épaisseur et disparaître vers le SE. Dans les plis autour du lac Lioson, le conglomérat est épais de 80 m, tandis que dans la Cape au Moine il n'a que quelques mètres et n'existe plus à l'E de la Torneresse.

Les conglomérats intermédiaires continuent bien plus loin vers le SE, en déroulant les plis, mais sur le versant droit de la Sarine la grossièreté de leurs éléments est beaucoup diminuée.

La formation des conglomérats, vu leur extension et leur continuité, exception faite de la brèche de base très localisée, ne peut guère s'expliquer que par des écroulements répétés de falaises mobiles, dont les matériaux sont ensuite répartis sur une très grande surface par les courants marins. Il ne peut donc s'agir d'une mer peu profonde, épicontinentale et à fond plat. La pente du talus géantoclinal devait être assez forte.

On peut imaginer une accumulation temporaire dans la zone littorale, de matériaux grossièrement détritiques, soit apportés par des cours d'eau torrentiels, soit entassés par la désagrégation des falaises, puis un mouvement du géantoclinal qui accuserait la pente du fond marin et déverserait ces amas vers le large, où les actions des courants contribueraient à les étendre. Ce phénomène se serait répété fréquemment à certaines époques. Mais on comprendrait que ces mouvements ne soient pas continus, et qu'il suffise d'une pause entre deux pulsations orogéniques pour que la sédimentation redevienne gréseuse, schisteuse ou calcaire. Nous avons mentionné que les grès de la série grésocalcaire contiennent localement des cailloux isolés, parfois assez gros. Cela manifeste l'instabilité du talus, même en période relativement calme.

Les gros bancs de conglomérat d'un ou deux mètres de puissance du niveau des conglomérats intermédiaires s'étendent sur des distances d'un kilomètre ou davantage sans changer d'épaisseur. C'est un caractère qui semble dû au remaniement des éléments sur le talus du géosynclinal par des courants marins assez forts.

L'existence, dans les conglomérats, d'énormes blocs lenticulaires, à plus de 20 km du rivage, témoigne dans le même sens: ils n'ont pu que glisser sur le fond, jusqu'à une aussi grande distance. Et nous rappellerons que M. DE RAAF a signalé des blocs analogues, également lenticulaires, englobés dans des sédiments fins (100, p. 50), ce qui est encore plus démonstratif.

Les passages brusques, dans un même banc, d'un conglomérat à un grès ou à un calcaire, que nous avons vus si fréquemment dans la série du Flysch inférieur, ainsi que les fausses brèches et les traînées subites de sable dans une couche calcaire, sont également l'indice d'une mobilité saccadée, dont l'effet peut être étendu par l'action des courants.

Cette mobilité, bien entendu, correspondrait à une avancée de la ride géantoclinale vers le N ou le NW. Et l'on en aurait la marque dans le fait que le conglomérat moyen s'étend moins loin vers le S du bassin de sédimentation que les gros bancs du conglomérat intermédiaire.

La faune de notre Flysch nous semble témoigner également d'une mer profonde: c'est une faune extrêmement appauvrie, puisque malgré l'abondance des calcaires à certains niveaux, l'on n'y trouve aucun mollusque, ni aucun foraminifère néritique (à l'exception des *Siderolites* dont nous reparlerons au paragraphe suivant). Les éponges siliceuses, dont les débris sont très nombreux parmi les calcaires roux et les calcaires blancs du Flysch inférieur, et les bryozoaires qui pullulent dans les calcaires à Nodosaires sont des formes qui peuvent vivre à des grandes profondeurs. Evidemment, les conditions bathymétriques ne sont pas le seul facteur de l'appauvrissement de la faune, puisque dans le Flysch éocène du Meilleret, où les Nummulites sont par places en grand nombre, on ne trouve pas non plus de mollusques.

Ainsi, toutes les particularités qui nous ont frappé dans la série du Flysch du Niesen nous ramènent à cette notion d'une sédimentation d'orogénèse, dans l'avant-fosse profonde d'une ride géantoclinale en mouvement.

§ 4. L'âge du Flysch du Niesen

Nous avons déjà abordé cet important problème à propos des *Siderolites Vidali* Douv. trouvés dans le haut du conglomérat intermédiaire. Rappelons que ce foraminifère fut signalé pour la première fois par BECK et LEUPOLD sous le nom de *Siderolites heracleae*, au sommet même du Niesen où il n'avait pas été retrouvé. En réalité, ce que nous signale M. LUGEON, c'est qu'il abonde dans les grès à pâte calcaire entre l'auberge et le sommet lui-même, mais n'est visible que dans les plaques minces.

Nous l'avons donc trouvé admirablement conservé dans le haut du Flysch inférieur du Pic Chaussy où il fut déterminé par J. PFENDER; puis je l'ai encore ramassé à Oberer Meiel.

Dès lors, après la fin de nos études, de nombreuses plaques minces ont été examinées par LUGEON et GAGNEBIN qui m'autorisent à mentionner leurs résultats.

Siderolites a été trouvé par eux dans le bas du Flysch, sur la route de Gsteig, non loin de la lame de schistes cristallins de l'écaille de Murgaz. Ils en ont constaté dans la brèche basale de Champ Pélerin, le long de la route de la vallée des Ormonts, non loin du Sépey. Puis *Siderolites* est signalé dans le Flysch à Nodosaires, en particulier par REICHEL. Là *Siderolites* accompagne *Globotruncana Stuarti* (Lapparenti).

En 1942, AUGUSTIN LOMBARD (111) aborde la question de l'âge du Flysch du Niesen. Il signale à ce propos la présence de *Siderolites* en plusieurs points de la partie orientale de la chaîne. On sait que celle-ci a fait l'objet d'une étude due à BORNHAUSER (85). Il divisait la masse du Flysch en deux séries, une inférieure dite «Frutigenserie» et la supérieure appelée «Albristserie». A mi-hauteur de l'épais complexe inférieur, au niveau dit «des ardoises», W. LEUPOLD (95) a déterminé *Siderolites heracleae* qui n'est vraisemblablement que *S. Vitali*.

Il n'est alors pas impossible que la base de la série de Frutigen soit jurassique et cela par analogie à ce que nous a montré le Sulzgraben près de Gsteig.

Comme le sommet du Niesen est compris dans la partie haute de l'Albristserie, on arrive à la conclusion que la plus grande partie du Flysch du Niesen serait maestrichtienne.

Mais en 1946 (117) dans la partie la plus élevée, assez près de la masse recouvrante de la nappe de la Brèche, LOMBARD a trouvé des Nummulites incontestables. On est ici dans le Flysch dit supérieur, caractérisé par des alternances de grès et de schistes. J'ai montré plus haut que ce Flysch passait insensiblement au niveau à Nodosaires certainement maestrichtien de par la présence de *Siderolites* et de *Globotruncana*.

Il apparaîtrait, en conséquence, que le Flysch du Niesen se terminerait par du Paléocène très probablement.

La même année, AUGUSTIN LOMBARD découvrant dans des grès près de Matten (Simmental) des Orbitolines n'hésite pas à déclarer la présence du Cénomanien dans le Flysch du Niesen. J'ai le regret de ne pas partager cette opinion par le fait d'observations qui me sont communiquées par M. LUGEON et E. GAGNEBIN qui estiment que les Orbitolines ne peuvent être que des fossiles remaniés. En effet, dans le Flysch basal de Champ Pélerin près du Sépey (Ormonts), LUGEON a rencontré en plaque mince une très belle Orbitoline dans un grès séparé, par quelques mètres de conglomérats, d'un autre banc de grès contenant *Siderolites*. La même observation a été faite dans le Flysch inférieur qui domine la lame cristalline de Gsteig. Il est vrai qu'à Gsteig et à Champ Pélerin, on se trouve dans la digitation du Chaussy de la nappe et qu'à Matten on est dans la digitation de la Palette, mais il nous paraît toutefois, malgré cette différenciation tectonique, que l'hypothèse de foraminifères charriés doit prévaloir. Je rappelle à ce propos la présence fréquente de cailloux, parfois de blocs, de calcaires à Orbitolines signalés dans le conglomérat maestrichtien d'Aigremont et qui ont été trouvés également dans le conglomérat basal de Champ Pélerin, ce qui démontre le transport de roches barrémiennes ou cénomaniennes. Enfin, à Aigremont, M. LUGEON montre la présence de blocs de Turonien. Il est alors assez difficile d'admettre une sédimentation cénomanienne au voisinage de conglomérats contenant des fossiles charriés dans ce Cénomanien.

En résumé, le Flysch proprement dit du Niesen, si l'on supprime dans la base des couches jurassiques, parfois conglomératiques, telles celles des environs du Sépey, débiterait par transgression maestrichtienne et se terminerait vraisemblablement avec le Nummulitique paléocène.

Chapitre XIV

Tectonique

§ 1. Généralités

Comme nous l'avons indiqué au premier chapitre, la masse principale du Flysch du Niesen se divise, dans notre territoire, en deux grandes digitations: celle du Chaussy, s'épanouissant à l'W, et au-dessus celle de la Palette, qui prend vers l'E un développement considérable.

C'est la descente axiale de l'ensemble, d'environ 15° vers l'ENE, qui fait se succéder ces deux digitations sur l'arête faîtière de la Tornette. Cette descente n'a pas partout la même inclinaison: de 10° à 15° dans les plis du Chaussy, elle est en moyenne de 15° pour la digitation de la Palette, mais peut localement atteindre 20°. Elle est moins forte sur le versant méridional, de la Palette à Gsteig, mais se marque bien dans la partie frontale de la nappe, du Witenberghorn à la Sarine.

Chacune de ces digitations est formée de plis couchés ou plongeants, superposés les uns aux autres, et affectés encore de nombreux replis secondaires. Les plis couchés des deux digitations n'ont pas la même direction axiale. L'axe des plis du Chaussy est dirigé N 80° E, tandis que l'axe de la digitation de la Palette se dirige N 40° E. La descente axiale du Chaussy donne à la masse de la Palette la place de s'avancer davantage dans la région orientale, tandis que du côté occidental le Chaussy fait obstacle et freine cette avancée. Le grand pli de la Palette, qui a dépassé vers le NW ceux du Chaussy et les enveloppe, a donc pivoté tout en progressant, d'où la direction différente de son axe.

Ce phénomène tout local ne trouvera naturellement sa signification que dans des considérations plus étendues sur la tectonique régionale.

La digitation de la Palette, comme nous l'avons déjà indiqué du reste, est faite de deux grands plis anticlinaux couchés, dont l'inférieur est très écrasé et considérablement débordé par le supérieur. L'anticlinal inférieur repose sur la digitation du Chaussy par un plan de chevauchement admirablement net sur la paroi sud de la Tornette, et que l'on peut suivre, sur le versant méridional de la chaîne faîtière, vers l'ESE puis vers le NE, jusqu'à la vallée de la Sarine, et même jusqu'à la Lenk, comme l'a montré M. DE RAAF.

Vers le N, ce pli inférieur de la Palette vient buter contre la masse du Chaussy; son front anticlinal forme le sommet de la Tornette et se poursuit, en direction N 40° E, dans la paroi qui descend de ce sommet vers Toumalay. Le plan de chevauchement est net, entre les deux digitations, tout le long de cette paroi (fig. 21).

Dans le massif de la Tornette, ce pli inférieur de la Palette est un véritable pli-faille par rapport à la digitation du Chaussy: à son front, c'est son conglomérat moyen qui bute contre le conglomérat moyen de la digitation inférieure; plus bas ce sont les deux Flysch à calcaires blancs qui sont en contact, puis les deux conglomérats intermédiaires et les deux complexes gréso-calcaires. Mais la différence de direction axiale entre les digitations accentue de plus en plus, vers l'E, l'intensité du chevauchement.

Le pli supérieur de la Palette, beaucoup plus ample, s'avance par-dessus le pli inférieur et le dépasse considérablement. Il dépasse même les plus couchés du Chaussy et constitue, en avant d'eux, la Corne des Brenleires. Vers l'E et le NE, depuis la montagne des Arpillen et la Cape au Moine, toute la surface est occupée par ce pli supérieur de la Palette, jusqu'à la Sarine.

Toute la masse principale du Flysch du Niesen est affectée par une grande faille-décrochement, qui traverse la chaîne méridionale faîtière à Voré, entre la Palette et le Seeberghorn, à peu près suivant la limite des cantons de Vaud et de Berne, et se poursuit vers le N ou le NNW, jusqu'à la partie frontale de la nappe. Tout le paquet oriental est avancé de 800 à 900 m par rapport à la masse occidentale. En même temps, ce paquet oriental s'est affaissé considérablement dans sa partie frontale et légèrement relevé dans sa partie radicale. Cette faille-décrochement, que nous appellerons «décrochement de Voré», est sans doute en relation avec le phénomène de «pontage» que nous avons signalé ci-dessus, et n'en est qu'une des manifestations.

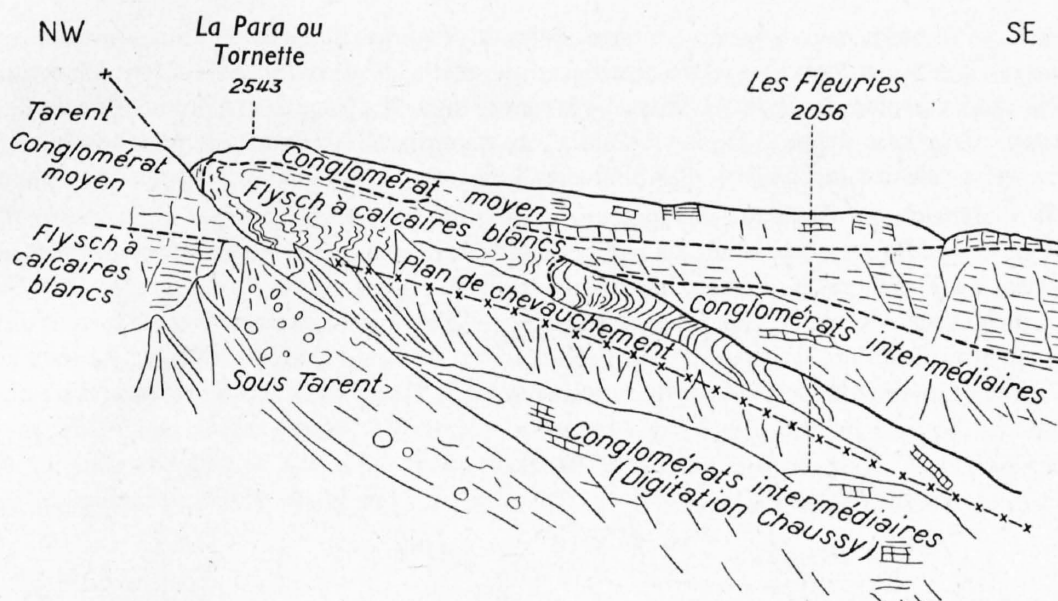


Fig. 21. Versant sud-ouest de la Tornette, montrant le chevauchement du pli inférieur de la digitation de la Palette sur la digitation du Chaussy.

§ 2. La digitation du Chaussy

La digitation du Chaussy est formée, à l'E du lac Lioson, par quatre grands plis couchés, d'amplitude différente, superposés l'un à l'autre. La descente axiale, vers l'ENE, les fait apparaître successivement à la surface.

A l'W du lac Lioson, le plus bas de ces plis se raccorde naturellement à ceux qu'a dessinés et décrits E. ANDRAU (82), avec cette différence que nous avons déjà signalée que le grand synclinal de conglomérat moyen au-dessous de notre pli inférieur ne s'étend pas jusqu'au sommet du Pic Chaussy. Ce sommet est en effet constitué par des bancs du conglomérat intermédiaire, et la charnière synclinale du conglomérat moyen doit donc être reportée plus au N. On la voit du reste sur l'arête au NNE du Pic Chaussy, au point 2126. Nous avons exprimé cette différence dans nos coupes.

Comme dans la région étudiée par ANDRAU, les grands plis couchés, dans notre région, sont surtout marqués par le conglomérat moyen, niveau plus résistant et plus compact entre des masses relativement molles et plastiques. Ce conglomérat est en quelque sorte l'armature des plis, il en détermine la forme et la dimension. Dans le noyau de Flysch inférieur, tant de replis secondaires affectent les couches que les grandes lignes apparaissent mal. Il en est de même du Flysch à Nodosaires qui remplit les synclinaux.

Des quatre grands plis qui se superposent à l'E du lac Lioson, le premier, en comptant de bas en haut, et le troisième sont les plus importants. Le front anticlinal de leur conglomérat moyen s'avance, légèrement plongeant, environ 2 km au N de l'arête faîtière du Châtillon et du Tarent.

Le synclinal qui raccorde le pli n° 2 au pli n° 1 est admirablement visible sur la paroi qui domine à l'E le lac Lioson. Le front de l'anticlinal n° 2 constitue le sommet de la Vieille Chaux (2339 m) et son conglomérat dessine trois replis remarquables. Le raccord entre les plis n° 2 et n° 3 est caché par le glaciaire, mais les relations entre les plis n° 3 et n° 4 sont très analogues à celles des plis n° 1 et n° 2. L'anticlinal n° 3 s'avance jusqu'au Lévançhy, tandis que le front du n° 4 n'atteint pas le Villard (P. 2257); le synclinal de raccord est aussi admirable, sur la paroi occidentale de l'Aiguille. Mais c'est ici le flanc normal du pli n° 4 qui montre des replis, jusqu'au sommet du Tarent qu'il constitue. Son conglomérat moyen, dans le Tarent, est encore tordu en synclinal par la poussée du pli inférieur de la digitation de la Palette, qui vient buter contre lui. La différence de direction axiale entre ces deux plis (N 80° E pour l'anticlinal n° 4 du Chaussy, N 40° E pour l'anticlinal inférieur de la Palette) déforme ce synclinal, que coupe obliquement le plan de chevauchement séparateur des digitations (fig. 22).

Ce plan de chevauchement est mal visible au SSE du Tarent, car le conglomérat moyen ne s'y continue pas. A l'E de Marnex d'en Haut, c'est le complexe du conglomérat intermédiaire du pli inférieur

de la Palette qui recouvre le conglomérat intermédiaire du Chaussy. Dans la pente de Fribaude, au SSE de la Tornette, ce sont les deux Flysch gréso-calcaires qui viennent en contact. C'est donc ici, comme nous l'avons déjà noté, un plan de pli-faille. Mais il s'accroît vers l'E. Sous Meitreile, une bande de Flysch gréso-schisteux, à la base du pli inférieur de la Palette, marque mieux le recouvrement: elle repose sur le complexe gréso-calcaire du Chaussy, et la limite est bien nette: c'est celle d'un plan de chevauchement.

A l'W de Meitreile, les détails de la tectonique du noyau du Chaussy sont presque entièrement cachés par les terrains glaciaires. En gros, cependant, on voit une bande de Flysch gréso-calcaire surmonter normalement l'épaisse masse du Flysch gréso-schisteux du Chaussy, qui forme les pentes du Lavanchy et de La Ville.

A l'E de Meitreile, le plan de chevauchement descend d'abord obliquement vers le torrent d'Ayerne; sur le versant droit du ravin, il disparaît sous l'éboulis vers 1640 m d'altitude. Puis, caché sous les cônes d'éboulis, il remonte quelque peu, car on le retrouve entre la Cruz et Isenau à 1750 m, d'où on le suit

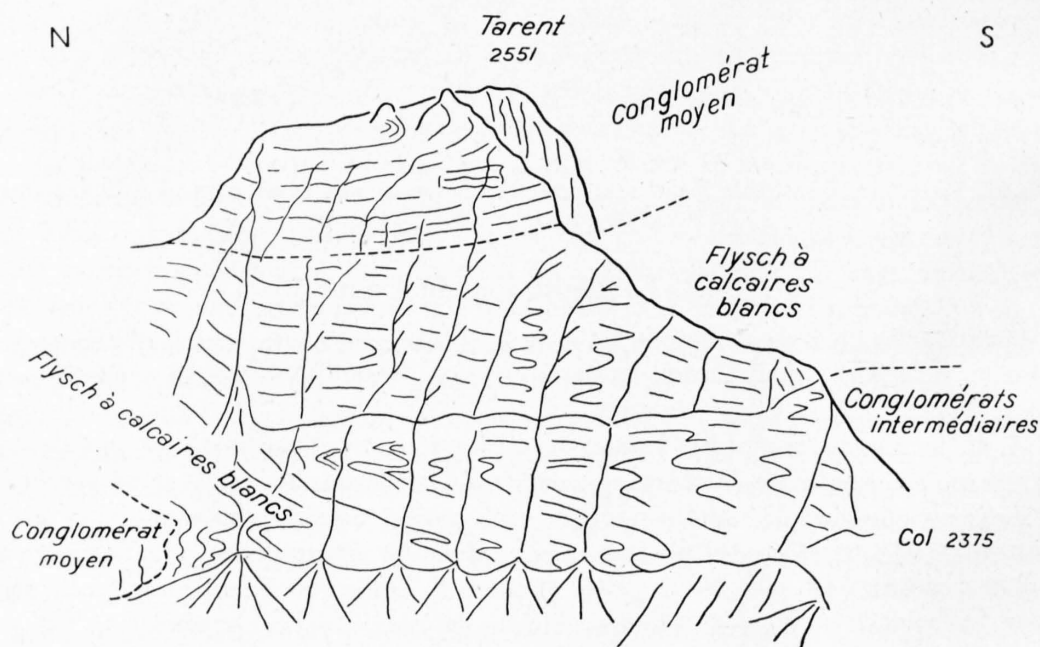


Fig. 22. Paroi du Tarent, vue du sommet du Taron ou Châtillon. On voit la charnière de l'anticlinal supérieur (n° 4) de la digitation du Chaussy dessinée par les gros bancs des conglomérats intermédiaires. Le conglomérat moyen du sommet du Tarent montre le synclinal dû au charriage de la digitation de la Palette.

clairement jusqu'à l'arête sud-ouest de la Palette où il arrive à 1890 m d'altitude. C'est toujours le Flysch gréso-schisteux de la digitation supérieure qui repose sur le complexe gréso-calcaire du Chaussy. Dans le bas de la paroi au SE de la Palette et au NW de La Marche, la trace du plan de chevauchement descend un peu de l'W à l'E, puis elle est voilée par l'éboulis jusqu'au grand décrochement-faille de la frontière des cantons.

Jusqu'ici, l'on peut distinguer nettement les différents niveaux du Flysch inférieur de la digitation du Chaussy, que le plan de chevauchement de la Palette coupe obliquement les uns après les autres. Les éboulis du Luex de Retaud et de Cougnon cachent pour finir le Flysch gréso-schisteux et le complexe basal, mais le niveau gréso-calcaire est bien typique au NW de La Marche. On se rend compte, malgré les éboulis, que la digitation du Chaussy diminue graduellement d'épaisseur à l'E d'Ayerne. Au-dessus de l'Aalénien affleurant à La Marche, elle a au maximum une centaine de mètres de puissance. Or cette diminution, étant donnée la direction axiale des plis, se produit non seulement vers l'E, mais vers la partie radicale de la digitation.

Au-delà du plan de décrochement-faille de Voré, qui relève de 60 à 80 m les terrains du Chaussy, on se trouve dans une zone encore plus radicale de cette digitation, puisque tout le paquet oriental s'est avancé vers le N. A partir de cette ligne, le complexe du Chaussy est réduit à une bande de 100 à 200 m d'épaisseur, que l'on suit sur le versant méridional de la chaîne faîtière, jusqu'à la Sarine.

Et, comme nous l'avons vu à la fin du chapitre III, cette bande est constituée par un ensemble stratigraphiquement indivisible de grès roussâtres, de schistes et de conglomérats, qui nous semble appartenir tout entier au complexe basal du Flysch. Le développement qu'y prennent la brèche de base proprement dite et le faciès des «schistes brillants» nous inclinent particulièrement vers cette interprétation. Et il serait fort compréhensible que dans une partie plus radicale de la digitation ce complexe basal soit particulièrement bien conservé, alors que les niveaux supérieurs, poussés en avant par la masse de la Palette, se sont accumulés dans la région frontale.

§ 3. La digitation de la Palette

Nous avons donc vu que cette digitation est formée de deux plis anticlinaux principaux, dont l'inférieur est très écrasé sous la masse beaucoup plus considérable et plus étendue du pli supérieur.

Le pli inférieur se voit particulièrement bien sur le versant méridional de la chaîne faîtière, qui le coupe obliquement. Nous avons suivi la trace de son plan de chevauchement sur la digitation du

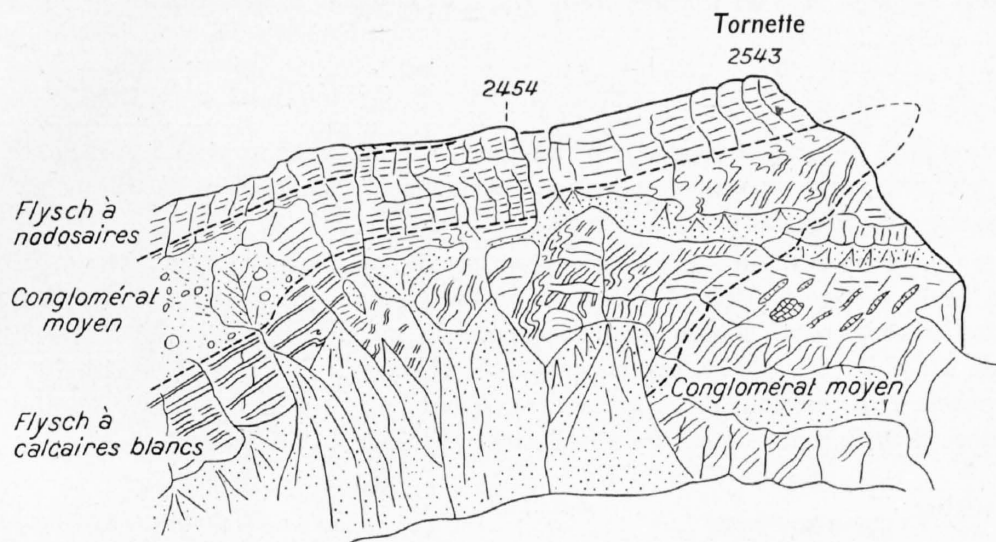


Fig. 23. Paroi nord de la Tornette vue du point 1872 près Toumalay, montrant la charnière du pli inférieur de la digitation de la Palette.

Chaussy, descendant de la Tornette à Meitreille, puis remontant vers Isenau et la Palette pour redescendre vers La Marche. L'ensemble du pli inférieur monte donc du SE au NW, de Meitreille à la Tornette, où son front bute contre les terrains du Chaussy. C'est un pli déjeté plutôt que couché, mais sans flanc renversé, et son plan axial s'incline d'environ 20° sur l'horizontale. A mesure que l'on suit cette montée vers son front, on voit s'écraser successivement les niveaux du Flysch inférieur de cette série normale. La brèche de base n'est nulle part visible sur le plan de chevauchement; le Flysch grésoschisteux s'écrase au-dessous de Meitreillaz; le Flysch grésocalcaire disparaît sous l'éboulis au N de Fribaude et ne reparaît pas au-delà. Le conglomérat intermédiaire montre de multiples replis au N des Fleuries, mais ne s'étend pas plus haut, et c'est le Flysch à calcaires blancs, très replié lui aussi, qui forme la plus grande partie de la paroi au S du sommet de la Tornette. Le conglomérat moyen, qui constitue ce sommet, se recourbe en anticlinal frontal, admirablement visible sur la paroi méridionale, et s'écrase contre le conglomérat moyen du Chaussy, qu'il rebrousse en synclinal devant lui (fig. 23).

On peut suivre très clairement ce front du pli inférieur vers le NE. Le conglomérat moyen de son flanc renversé forme toute l'arête qui descend, suivant la descente axiale, dirigée N 40° E, du sommet de la Tornette vers Toumalay; il se recourbe en charnière frontale à l'W de Toumalay et se forme vers Le Stef (fig. 24). Les couches à Nodosaires des chalets de Toumalay sont la couverture normale de ce conglomérat moyen du flanc normal: elles se poursuivent vers le S jusqu'au col de Seron et jusqu'au point 2459 à l'E de la Tornette. Le noyau de ce pli frontal est formé, dans cette région au N de

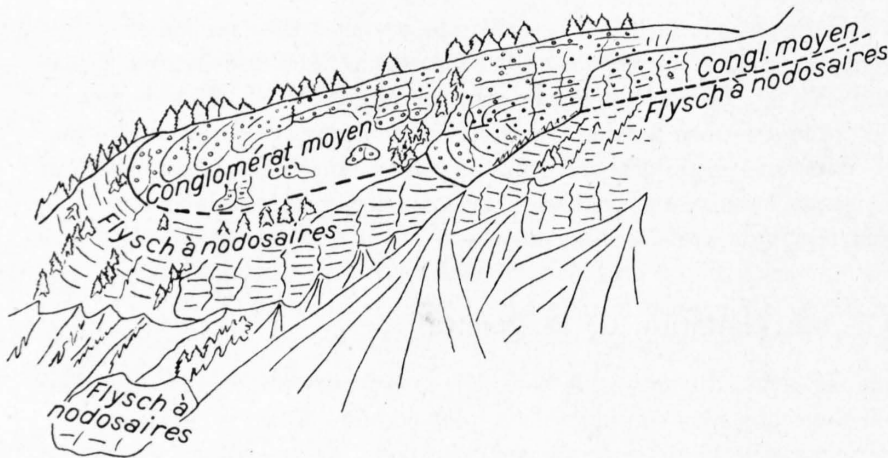


Fig. 24. Le Stef, haute vallée de l'Eau Froide, montrant la charnière frontale du pli inférieur de la Palette.

l'arête faîtière, par le Flysch à calcaires blancs, qui constitue tout le fond du cirque du Gour. A La Case, il arrive tout près des couches à Nodosaires: sans doute une petite faille, cachée par l'éboulis, interrompt-elle le conglomérat moyen. Plus au N, il est probable que sous l'accu-

mulation morainique ce noyau de Flysch inférieur se poursuit jusqu'au lac du Gour (1835). Le front de ce pli inférieur disparaît sous les Rochers-des-Rayes, sous la masse du pli supérieur.

* * *

Le synclinal de raccord entre le pli inférieur et le pli supérieur peut être suivi sur le versant méridional de l'arête faîtière, laquelle est presque constamment formée, à l'E de la Cape au Moine, par le flanc renversé du pli supérieur.

La carapace du pli inférieur forme la grande surface de conglomérat moyen, avec ses énormes blocs ici et là, au SE de la Tornette. Plus à l'E elle est hachée par une série de failles normales, qui abaissent successivement le conglomérat moyen jusqu'au-dessous d'Arpille. Une faille suivante relève ce conglomérat moyen à l'W du Veÿ (2098), une nouvelle faille l'abaisse à l'E, et la fermeture synclinale de ce niveau est tranchée par un petit décrochement qui la fait buter contre le Flysch à calcaires blancs du même synclinal, dont la charnière est des plus nettes au NW de la Palette.

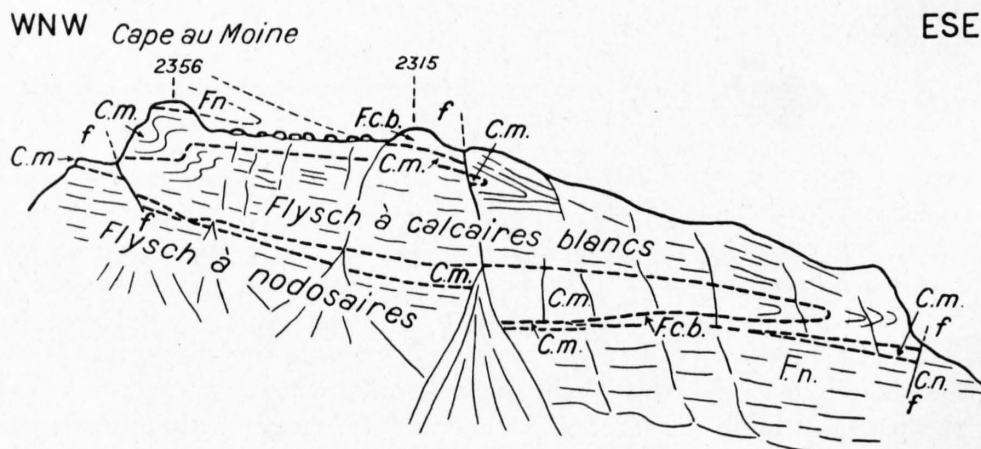


Fig. 25. La Cape au Moine, vue du WSW. Replis du flanc renversé du pli supérieur de la digitation de la Palette.

F. n. = Flysch à Nodosaires. C. m. = conglomérats moyens. F. c. b. = Flysch à calcaires blancs. f = faille.

Au-dessus des couches à Nodosaires de ce synclinal de raccord, qui montrent aussi une belle charnière au-dessous de la Chaux (2262), le flanc renversé du pli supérieur, cassé par des failles, présente de longs replis anticlinaux, très effilés, qui se détachent de sa base. Un de ces replis amène un lambeau de couches à Nodosaires, en synclinal, au sommet de la Cape au Moine. Dans un autre de ces replis, au SE de la Cape au Moine, le conglomérat moyen s'écrase entièrement sous le noyau anticlinal de Flysch à calcaires blancs.

Le Flysch à gros bancs de conglomérat du synclinal de raccord s'avance vers le SE jusque près du sommet de la Palette et s'abaisse en descente axiale jusque dans le ravin d'Aiguecorbaz, où le coupe le grand décrochement. Le Flysch grésocalcaire, dont la série normale forme la pyramide de la Palette, cède bientôt la place, plus à l'E, sur l'arête faîtière, au Flysch grésoschisteux qui donne à cette arête son caractère plus mou. Mais les bancs grésocalcaires reviennent au sommet du Seeberghorn, au Studelistand, et se ferment, en synclinal très obliquement coupé par la pente, sous l'arête orientale du Blattistand. Le sommet du Blattistand et celui du Studelistand sont constitués par le Flysch grésoschisteux du flanc renversé du pli supérieur.

* * *

Suivons maintenant ce flanc renversé au N de la Cape au Moine. Les couches à Nodosaires du synclinal de raccord forment d'abord la plus grande partie de la paroi qui, de ce sommet, descend vers le NE. De petites failles ramènent le conglomérat moyen du flanc renversé sur le point 2120, puis sur toute la hauteur de la paroi qui continue à s'abaisser en déterminant le Pas, jusqu'à la Torneresse. A l'E du Pas, une petite bande effilée de couches à Nodosaires marque un repli synclinal de ce flanc renversé, le même repli sans doute qui forme la pointe de la Cape au Moine. Sur le versant droit de la Torneresse, ce flanc renversé disparaît sous l'éboulis (fig. 26).

Mais c'est le flanc renversé du pli supérieur qui constitue toute la montagne des Arpillés. Le conglomérat intermédiaire, affecté de divers replis, couronne son arête et forme la Tête à Josué. Au-dessous, les Rochers-des-Rayes, ainsi que les Raides, montrent la tranche du Flysch à calcaires blancs, et nous avons mentionné son passage graduel au Flysch à Nodosaires, sur l'arête sud, en l'absence du conglomérat moyen. Le conglomérat moyen, du reste, reparait au N du Rocher-des-Rayes, et nous l'avons déjà suivi depuis le chalet des Vouanes sur les deux versants de la vallée de l'Eau Froide.

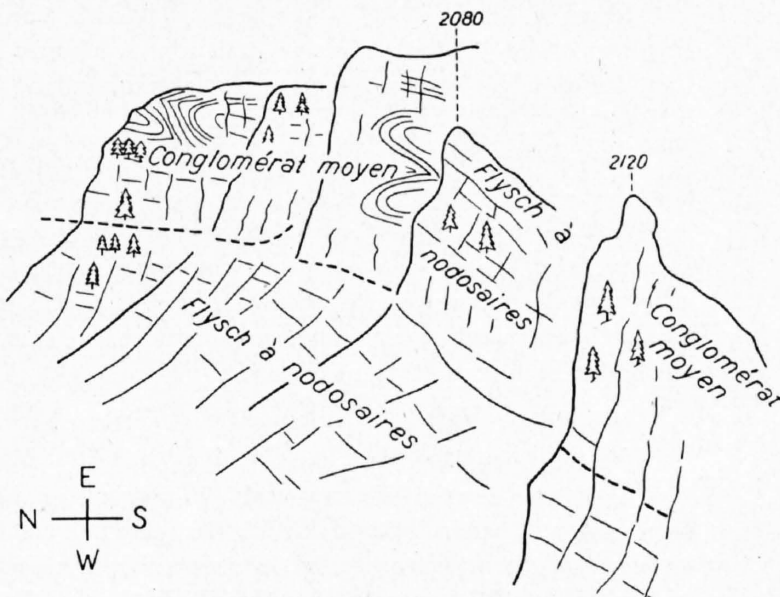


Fig. 26. Paroi de la Cape au Moine-Le Pas. Replis dans le conglomérat moyen du flanc renversé du pli supérieur de la digitation de la Palette.

C'est également le flanc renversé du pli supérieur qui forme la Corne des Brenleires, au N des plis couchés du Chaussy. Mais des complications tectoniques interviennent ici, que nous n'avons pas entièrement élucidées. Le sommet de la Corne est taillé dans une bande de conglomérat intermédiaire, plongeant de 50° au NW. Cette bande repose, en série renversée, sur le Flysch à calcaires blancs qui domine le conglomérat moyen. Le Flysch grésocalcaire repose à son tour sur le Flysch à gros bancs de conglomérat du sommet, avec un petit repli transversal qui donne au contact des deux séries une allure singulière, et le Flysch grésocalcaire est recouvert au NW du sommet par le complexe grésoschisteux qui forme la croupe descendant sur l'Hôtel des Bains de l'Etivaz. On retrouve ce complexe dans le torrent de Manrieds, avec ses grès quartzites bien typiques, et dans le torrent qui traverse la grande route, entre les Bains et le Contour, à l'E du point 1185. La série renversée est donc, pour le Flysch inférieur, bien complète dans la Corne des Brenleires.

Mais si l'on suit vers le SW la bande de conglomérat intermédiaire qui forme le sommet, on voit buter contre elle, venant du N, des calcaires dolomitiques du Trias, verticaux et dirigés N 20° W. Ces calcaires s'effilent en coin vers le S, au point 1723 de l'arête. Plus à l'W, la colline 1731 de cette arête est formée d'un Flysch gréseux et schisteux, qui bute également vers le S contre le conglomérat intermédiaire. Enfin ce Flysch est flanqué, vers l'W, de couches à Nodosaires, verticales elles aussi ou plongeant fortement à l'E et dirigées N 20° W, constituant la butte 1793, à l'angle nord-est de la carte levée

par ANDRAU. Celui-ci figure et mentionne (82, p. 57) du conglomérat moyen au versant ouest de cette butte: nous pensons plutôt qu'il s'agit ici d'un banc de conglomérat tel qu'il s'en intercale parfois dans le Flysch à Nodosaires.

Mais cela ne simplifie pas la question: d'où vient cette série de Trias, de Flysch banal et de couches à Nodosaires, qui bute si brutalement, avec une direction méridienne, contre la série renversée du pli supérieur de la Palette, dirigée NE-SW? Plus au N on trouve la suite de ces couches à Nodosaires immédiatement sous l'Hôtel des Bains de l'Etivaz, formant une petite paroi sur la grande route: ce sont des calcaires gréseux, englobant aussi un banc de conglomérat. Ils plongent fortement au SE et leur direction est N 40° E. Il nous semble que ce Flysch à Nodosaires ne peut être qu'un fragment du flanc normal du pli supérieur de la Palette, écrasé et tordu. Dans ce cas, le Trias du S ou point 1723 et le Flysch banal du point 1731 seraient un repli de ce que nous avons appelé la zone submédiane, encapuchonnant ce pli supérieur et apparaissant ici en fenêtre. Nous ne considérons pas la question comme entièrement résolue, car les pentes de l'Etivaz sont couvertes de glaciaire, d'écroulements et de glissements qui rendent très obscures les relations tectoniques, mais cette solution nous paraît la plus probable.

Dans les Siernes de Pra Cornet, au SW de la Corne des Brenleires, le flanc renversé de notre pli supérieur disparaît sous la moraine. Mais il ne doit certainement pas continuer bien loin dans cette direction, car on n'en retrouve pas trace. Nous sommes donc ici à l'extrémité occidentale de la digitation de la Palette.

Nos maîtres MM. M. LUGEON et E. GAGNEBIN ont repris cette région dans leur importante note sur la géologie des Préalpes romandes. Leur coupe diffère quelque peu de la nôtre: ils assimilent par exemple le Flysch de notre ancienne zone submédiane aux Préalpes internes qui réapparaîtrait ici dans la Grande Fenêtre mitoyenne. Nous acceptons comme très heureuse cette notion de fenêtre préalpine et nous attribuons dorénavant le Flysch des Mosses et la plus grande partie du Flysch du Jable aux Préalpes internes; cependant nous voulons maintenir notre attribution au Flysch inférieur des couches de la Corne des Brenleires et de l'Etivaz.

* * *

Le flanc normal de ce grand pli supérieur se développe largement dans la partie nord-est de notre région, à partir de l'arête du Witenberghorn au col de Jable. Sa carapace est ondulée de trois larges replis anticlinaux déjetés que la descente axiale fait apparaître successivement. Le premier, en comptant de l'W à l'E, se marque bien entre le Rothorn et le col de Jable, où sa direction est N 40° E. Mais vers le Meielsgrund cette direction change et devient parallèle au bord radical des Préalpes médianes, soit presque W-E. Le dos de ce vaste repli forme la grande surface d'Oberer Meiel, toute en conglomérat intermédiaire qui prend ici, comme nous l'avons vu, une très grande épaisseur. Dans le Furggenspitz se voit admirablement, dans le même conglomérat intermédiaire, la charnière anticlinale, légèrement déjetée, du second pli. La couverture du Flysch à calcaires blancs du Staldenhorn (Staldenflühe de la Carte nationale) en représente le dos. Mais ces couches se redressent à la verticale immédiatement à l'E, et même se renversent quelque peu: c'est l'amorce du troisième repli, qui seule en est conservée. Ces couches très redressées forment toute l'arête qui descend du point 2162,8 de la Carte nationale.

En étudiant les affleurements singuliers de Meielsgrund nous verrons qu'elles se cantonnent dans les replis synclinaux de cette carapace.

* * *

Au S, tout le bassin du lac d'Arnon et le Tschertzistal qui en descend, sont taillés dans le noyau du pli supérieur, noyau de Flysch grés-schisteux et grés-calcaire, déterminant des pentes généralement molles avec d'énormes masses tassées ou écroulées et de grands glissements de terrains. Ce sont deux glissements convergeants qui, en barrant la vallée, ont donné naissance au lac. C'est dans le cœur de ce noyau que se développe la partie inférieure du Flysch grés-schisteux qui, en l'absence de grès quartzites, prend un caractère banal, analogue au Flysch des autres unités préalpines ou helvétiques.

Ces complexes grésocalcaires et grésoschisteux du noyau du pli supérieur s'étendent sur le versant droit de la vallée de la Torneresse et se raccordent aux séries du flanc renversé qui forment la montagne des Arpillés.

Lorsqu'on veut suivre à l'W du col de Jable le flanc normal de ce pli supérieur, on se heurte à de grandes difficultés. Les couches à Nodosaires qui, sur l'arête au S du col de Jable, sont fortement inclinées au NW suivant la courbure du premier repli anticlinal, s'incurvent nettement dans les rochers du Ratzè, où elles dessinent un synclinal faillé. Puis elles se poursuivent presque horizontalement vers le NW au-dessus de Bronze et de Sous Jable. Mais au-dessus de Bronze, dans le ravin qui descend du col de Jable, ces couches à Nodosaires butent contre une faille qui les met en contact avec le Flysch grésoschisteux, à grès quartzites typiques, du noyau du pli. Cette faille est peut-être la suite du grand décrochement de Voré que nous avons vu couper la chaîne faîtière à la limite des cantons.

Plus à l'W, les relations sont fort obscures: on ne retrouve ni les couches à Nodosaires, ni le Flysch à calcaires blancs, ni aucun niveau nettement reconnaissable du Flysch inférieur: toute la pente du versant nord de l'Etivaz, au-dessous des grands rochers triasiques et jurassiques des Préalpes médianes, est faite d'un Flysch d'aspect banal, intensément replié. On y voit pourtant, dans la partie inférieure des pentes, des grès polygéniques clairs à fragments de schistes noirs et de dolomie qui semblent bien être nos grès quartzites caractéristiques du Flysch grésoschisteux. C'est pourquoi nous estimons que le Flysch plus banal qui domine pourrait être la partie inférieure du Flysch grésoschisteux qui s'accumule ici de façon anormale, le noyau du pli s'étant avancé jusqu'au bord radical des Médiannes. Le flanc normal serait entièrement écrasé entre deux, et l'on n'en retrouverait des restes, fort laminés, réduits à des couches à Nodosaires, qu'aux Bains de l'Etivaz, et au N de Pra Cornet, comme nous l'avons vu précédemment. Mais à vrai dire nous ne pouvons pas donner de solution satisfaisante à ce problème, car après notre travail de détail dans la stratigraphie du Flysch inférieur nous n'avons pas encore eu le loisir de compléter l'étude de ce versant de la vallée de l'Etivaz qui est donc à reprendre.

Dans le fond de la vallée de l'Etivaz, environ 500 m en amont de la confluence de l'Eau Froide avec la Torneresse, on trouve des Flysch à bancs de calcaires jaunes, du niveau grésocalcaire, semblables à ceux de l'arête du Witenberghorn. Puis, plus en amont, des affleurements de Flysch grésoschisteux typiques, à grès polygéniques clairs. Ces couches à calcaires jaunes, dans notre interprétation, feraient partie du flanc renversé du pli supérieur.

Quant au Flysch qui forme l'arête du N du col de Jable et vers l'W les pentes du Gros Jable, il est aussi d'aspect banal. Ce peut être soit le Flysch supérieur, couverture normale des couches à Nodosaires, soit un paquet du Flysch appartenant à la Grande Fenêtre mitoyenne de LUGEON et GAGNEBIN.

§ 4. Conclusions

Cette masse énorme de Flysch du Niesen nous apparaît donc, maintenant, nettement structurée, avec ses deux digitations qui se relaient, formées elles-mêmes de plis couchés ou plongeants dont chacun a son allure particulière, et dont l'importance varie longitudinalement. Les rapports d'un pli à l'autre, et leurs variations, sont évidemment dépendantes de relations plus générales, avec le bord radical des Préalpes médianes qui opposait sa résistance et avec les nappes inférieures qui participaient à la même poussée.

DEUXIÈME PARTIE

Le soubassement de la nappe du Niesen

Chapitre premier

Les zones d'Oudiou et de Brand

§ 1. Généralités

Sous la zone de Murgaz que nous avons analysée au début de cette monographie et qui constitue le noyau de la digitation du Chaussy de la nappe du Niesen, nous avons déjà vu, à l'W et au SW de Gsteig, affleurer des schistes noirs, plus ou moins calcaires, d'âge liasique. Le ravin du Sulzgraben (première partie, chapitre II, § 4) nous a donné l'occasion de les décrire, puis nous avons mentionné qu'ils forment, au pied du Seeberghorn, les grandes éraillures rocheuses de Brand ¹⁾.

Dans notre note préliminaire de 1929 (86, p. 98) nous appelions écaille de Brand l'ensemble des terrains de cette série. Toutes les observations faites depuis lors, et toutes les discussions sur le terrain que nous avons eues avec nos maîtres et nos collègues, MM. M. LUGEON, E. GAGNEBIN, H. BADOUX, AUG. LOMBARD ont confirmé l'idée que cette zone de Brand est identique au complexe liasique des Blaue Schüpfe, décrit par M. DE RAAF (100, p. 57 et 61) à l'E de la Sarine.

Ce complexe fait peut-être partie des Préalpes internes. Il se présenterait alors sous forme d'une grande écaille, ainsi que le suggérait notre appellation de 1929. Nous préférons cependant utiliser ici le terme plus neutre de zone de Brand qui ne préjuge en rien de sa disposition tectonique.

Vers le SW et vers l'W, cette zone de Brand ou bien s'écrase ou bien constitue l'une des bandes de l'ensemble si compliqué formant les pentes qui s'élèvent au N du col du Pillon. Plus à l'W encore, dès le plateau des Moilles qui fait suite au replat du lac de Rétaud, la zone de Brand semble relayée par une autre série, de faciès aussi analogue, qui se développe beaucoup au pied du Pic Chaussy: c'est la série qu'ANDRAU avait nommée, en 1929 (82), lame d'Oudiou. Il la rattachait, ainsi que celle de Murgaz, aux Préalpes internes.

Dans notre note préliminaire de la même année (86), nous montrions que la zone de Murgaz est le noyau de la digitation du Chaussy, et nous la séparions donc de celle d'Oudiou, considérés toujours comme une partie des Préalpes internes (nappe de Bex-Laubhorn).

Mais en 1938, notre maître M. LUGEON publiait une note importante (107) pour la région qui nous occupe. Nous aurons à y revenir souvent dans les chapitres qui suivent. Rappelons seulement ici qu'il démontrait la liaison stratigraphique de l'Aalénien d'Oudiou avec le Flysch du Niesen qui constitue la colline de Barbère (ou Barbéraz ²⁾), au SW du Pic Chaussy. Ainsi les écailles de Murgaz et d'Oudiou seraient toutes deux le noyau de la même digitation de la nappe du Niesen; M. LUGEON parlait de «double écaille» et considérait que le chevauchement de l'une sur l'autre, Murgaz sur Oudiou, avait dû précéder le Maestrichtien.

¹⁾ Nous avons déjà dit que ce nom de Brand, qui figure sur la Carte Siegfried au 1:25 000 (feuille de la Tornettaz, n° 471) a disparu sur la Carte nationale au 1:50 000. Nous le conservons néanmoins, car rien ne le remplace.

²⁾ Sur la Carte nationale au 1:50 000, cette colline est appelée Les Champs.

Il eût donc été logique de décrire la zone d'Oudiou, sur le territoire de notre étude, avec celle de Murgaz, dans la première partie de ce mémoire. Mais les relations de la zone d'Oudiou avec celle de Brand ne sont pas claires; et non plus les relations de ces deux unités avec les Préalpes internes, dans la région du col du Pillon. Dès les premières lignes de sa note de 1938 (107), M. LUGEON le soulignait: «ces étranges contrées, disait-il, extrêmement compliquées, qui réservent peut-être encore bien des surprises, malgré que je crois les avoir parcourues en tous sens».

Il nous a donc paru préférable, dans notre exposé, de grouper le résultat de nos recherches sur tous les éléments tectoniques inférieurs à la zone de Murgaz. Celle-ci, nous l'avons vu, se rattache indubitablement, dans le secteur de notre étude, à la digitation du Chaussy, comme la zone du Wallegg se rattache à la digitation de la Palette. Nous ne pouvions les séparer de la description de la nappe du Niesen. Dans le secteur de notre étude aussi, la zone d'Oudiou est bien distincte de celle de Murgaz, avec des faciès nettement différents, qui se rapprochent davantage de ceux des Préalpes internes. Pour les recherches futures, il sera plus commode de trouver ici nos analyses de la série d'Oudiou, avec celles des séries sous-jacentes; car dans la région du Pillon, elles sont par places difficiles à distinguer.

A la fin de cette partie, nous reviendrons sur le problème de leurs relations réciproques. Il faut d'abord exposer les faits. Et pour nous raccorder aux descriptions d'ANDRAU, nous commencerons par la coupe du torrent du Plan, proche du village des Diablerets. C'est aussi la coupe la plus complète de la zone d'Oudiou sur notre territoire. Nous cheminerons donc, dans notre étude, de l'W à l'E puis au NE, du village des Diablerets à celui de Gsteig.

§ 2. Le torrent du Plan

C'est le torrent qui descend d'Ayerne, au NE du village des Diablerets et rejoint la Grande Eau au NW de ce village, au hameau du Plan. Sa partie inférieure figure sur la feuille des Diablerets de l'Atlas géologique de la Suisse au 1 : 25 000.

La coupe de ce torrent a été brièvement décrite déjà par E. ANDRAU (82, p. 4-5); mais son importance est telle que nous la reprendrons ici plus en détail. Nous partons, comme E. ANDRAU, du pont de Follaz, à 1205 m d'altitude (sur la feuille des Diablerets), et remontons le ravin.

Dans une petite butte à l'W de ce pont, juste au-dessous du chemin de la Gergilland, affleure du Flysch à bancs de brèche polygénique, qui appartient à la nappe du Meilleret.

Sur ce Flysch reposent des schistes argileux noirs de l'Aalénien, bien visibles sur le chemin, rive droite du torrent. Ils ont 5 m d'épaisseur.

Puis vient, sur une épaisseur de 30 m, une série marno-calcaire, schisteuse, avec des couches calcaires de 0,10 à 0,40 m, en alternance irrégulière, sans limite nette entre calcaires et schistes. Les calcaires ont une patine gris roussâtre et une cassure finement spathique, d'un gris d'ardoise. Les schistes, d'un gris plus ou moins foncé, sont très variables, tantôt argileux, tantôt plus calcaires, montrant alors aussi des débris d'encrines à la cassure, parfois un peu siliceux. Le sentier qui suit la rive droite du torrent est taillé sur une centaine de mètres dans ce complexe qui plonge d'environ 45° vers le N. Vers le haut, les couches calcaires sont plus compactes et mieux délimitées.

Au-dessus, on a 5 m de calcaires gris en lits irréguliers de 0,05 à 0,20 m, séparés par de minces délits schisteux. Le calcaire est légèrement magnésien, à pâte assez compacte d'un gris foncé ou noirâtre, parfois finement spathique, avec très rarement de plus gros débris d'encrines; il montre un peu partout de petites mouches de pyrite. Certaines parties sont vaguement lumachelliques, avec débris de mollusques indéterminables et de pentacrines. Ces calcaires correspondent nettement au Rhétien daté que nous allons trouver au-dessus du Trias. Ils sont surtout bien visibles sur la rive gauche, où ils sont surmontés par les calcaires dolomitiques du Trias.

Ces calcaires dolomitiques, avec bancs de dolomie à patine jaune, sont d'abord très schisteux, sur 3 ou 4 m d'épaisseur, verts ou rouges, et passent localement à de vrais schistes bariolés. Dans le lit même du torrent, vers 1230 m d'altitude, le Rhétien bute par faille contre les calcaires dolomitiques, et les schistes sont peu visibles. En face, rive droite, de gros bancs de dolomie gris clair à patine jaune

forment une barre que contourne le sentier. Ils ont environ 5 m d'épaisseur et sont surmontés par de la cornieule.

Sur cette cornieule, au-delà du premier pont, à 1240 m d'altitude, affleurent de nouveau des calcaires dolomitiques, en bancs irréguliers séparés par des schistes gris ou verts. Ils sont visibles sur 10 à 15 m d'épaisseur. Disons dès maintenant que la cornieule forme le cœur d'un anticlinal, avec flanc renversé vers l'aval, flanc normal vers l'amont.

Au-delà du second et dernier pont, à 1450 m, revient le Rhétien, très redressé, d'une épaisseur de 3 à 4 m, débutant par quelques bancs assez spathiques. M. LUGEON y a trouvé une *Avicula contorta*, comme le signale déjà ANDRAU.

Puis c'est de nouveau la série marno-calcaire. Elle débute par un complexe de 6 à 7 m, où les couches de calcaire compact, de 0,05 à 0,20 m, sont irrégulièrement espacées de 0,10 à 0,50 m et séparées par des schistes finement micacés, gris foncé, parfois assez compacts. Au-dessus, la série est plus schisteuse, sur environ 5 m, tendre, sombre, avec de rares nodules de calcaires compacts noirs très pyriteux. C'est cette partie très feuilletée qui forme le bas de la cascade du Dar.

Le torrent cascade sur des schistes semblables, mais avec des intercalations plus compactes qui passent à des couches calcaires. Le tout sur environ 50 m d'épaisseur.

Au-dessus de la cascade, à 1300 m, les schistes deviennent plus calcaires et les calcaires plus siliceux. Le torrent y coule dans une gorge difficilement accessible, mais on peut y descendre à 1330 m et 1350 m; là on touche la même série, mais plus siliceuse, avec des bancs calcaires plus épais, jusqu'à 0,50 m.

Sur le versant droit dominant ce point, on voit cette série passer peu à peu, vers 1370 m d'altitude, à des calcschistes spathiques très siliceux, mais finement siliceux, à cassure gris-bleu montrant des entroques nettes et des grains dolomitiques jaunes. La patine est roussâtre et rude. De place en place s'intercale une couche plus calcaire, d'environ 0,10 m, montrant une trame assez serrée de silice à patine scoriacée, avec de rares rognons de silex dont les bords se prolongent en un rayonnement irrégulier dans la roche. Cet ensemble, qui plonge de 20° vers le N, monte dans le versant jusqu'à 1400 m. Nous y avons trouvé une bélemnite fort allongée, du type de *Belemnites acuarius*. Il est surmonté par les schistes argileux noirs de l'Aalénien, mais la limite entre les deux est cachée par l'éboulis.

Nous avons donc traversé, sur le Flysch du pont de Follaz, une série renversée d'Aalénien, de marno-calcaires et de Rhétien, puis un noyau anticlinal triasique et une série normale de Rhétien, de marno-calcaires, de calcschistes spathiques siliceux et d'Aalénien.

Les complexes encadrés par le Rhétien et l'Aalénien sont évidemment liasiques; la présence de *Belemnites cf. acuarius* dans les calcschistes spathiques permet de les considérer comme toarciens. Nous trouverons de nouvelles preuves paléontologiques dans une coupe voisine, au torrent de la Créta.

§ 3. Le torrent de la Créta

La série normale que nous avons traversée dans le torrent du Plan se continue vers l'E où elle forme la pente raide que dominant les chalets de la Créta. Une petite complication tectonique ramène le complexe marno-calcaire par-dessus le complexe siliceux et fait descendre l'Aalénien dans un ravin à l'W des chalets cotés 1502 sur la Carte Siegfried au 1 : 25 000 (ce ravin est sur le «La» du mot La Créta, sur la Carte nationale au 1 : 50 000). Mais le torrent qui descend à l'E de ces chalets montre de nouveau une série normale complète que nous étudierons brièvement de bas en haut, en partant de 1400 m d'altitude où commencent les affleurements. Sur la feuille des Diablerets (109) où la partie inférieure de ce torrent est marquée, il est à l'E du chalet coté 1394. Les affleurements débutent par les calcaires dolomitiques du Trias. Mais dans les pentes à l'E du torrent, les marno-calcaires du flanc renversé apparaissent, sous lui, très écrasés.

La coupe du torrent est la suivante:

1° 4 m visibles. Calcaires dolomitiques en gros bancs.

2° 5 m. Calcaires légèrement magnésiens, en petits lits de 0,05 à 0,10 m, à pâte compacte foncée et à patine blanchâtre. Rhétien.

3° 10 m. Schistes marno-calcaires avec calcaires marneux compacts en lits de 0,10 m.

4° 25 m. Schistes marno-calcaires et argilo-calcaires gris foncé, très micacés, fissiles et friables, à petites *Rhynchonelles*.

5° 30 m. Schistes marno-calcaires, avec lits de calcaires marneux compacts, bleu foncé. Nous y avons trouvé trois exemplaires d'*Arietites cf. bisulcatus*.

6° 20 m. Schistes marno-calcaires, avec calcaires moins marneux, plus durs.

7° 10 m. Calcaires siliceux et spathiques, en lits de 0,10 à 0,20 m, alternant avec des calcschistes siliceux et parfois spathiques. Les couches calcaires sont traversées par un réseau de parties très sili-
ceuses, à patine rousse, en saillie comme des veines.

8° 10 m. Calcschistes gris foncé, durs, avec intercalations, vers le haut, de couches de calcaires sili-
ceux et spathiques à patine roussâtre.

9° Schistes argileux noirs, très micacés, à rognons pyriteux, de l'Aalénien.

La série, du Rhétien à l'Aalénien, semble tout à fait continue. Le niveau n° 5 est certainement siné-
murien, et c'est dans le complexe n° 8 que nous avons trouvé, dans le torrent du Plan, *Belemnites cf. acua-
rius*. Entre deux, les calcaires siliceux et spathiques doivent sans doute représenter le Lias moyen.

§ 4. Les Moilles

L'escarpement dominé par les chalets de la Créta, dont nous venons de voir la coupe, s'efface
bientôt vers l'E et sa pente s'incurve vers le NE. Cette particularité morphologique correspond à un
accident tectonique. En effet, à la lisière orientale du bois qui revêt cet escarpement, au S du chalet
coté 1593 sur la Carte Siegfried, on suit une mince bande de Trias, fait de calcaire dolomitique en gros
bancs, montant du SW au NE, de 1470 m d'altitude à 1540 m environ, et plongeant fortement vers le
NW. Contre ce Trias viennent buter obliquement, de l'W, les schistes marno-calcaires du Lias inférieur,
puis, dans l'angle nord-est du bois, les calcaires silico-spathiques du Lias moyen.

Le tout disparaît bientôt sous la moraine. Mais dans le ravin du ruisseau qui descend environ
150 m plus à l'E, on voit constamment affleurer les schistes argileux noirs de l'Aalénien, depuis le
point 1443 (feuille des Diablerets) où le sentier des Moilles le traverse, jusqu'à l'altitude de 1600 m. Et
plus haut encore, sur son versant droit, entre 1610 et 1630 m, et dans son lit même entre 1625 et 1635 m,
se montre le même Aalénien.

Au-dessus de ces deux derniers affleurements, dans le versant nord de la dépression marécageuse
d'où vient à ce ruisseau un petit affluent droit, on trouve du Trias, cornieule à la base, puis gros bancs
de calcaires dolomitiques, surmontés de 4 à 5 m de minces couches calcaires légèrement magnésiennes,
à patine blanchâtre et cassure foncée, avec de fins délits schisteux, qui semblent bien être le Rhétien.
Les calcaires, en effet, montrent par places des parties lumachelliques. Au-dessus viennent les marno-
calcaires du Lias inférieur, bien typiques.

Ce ne peut être que la suite de la zone d'Oudiou, très écrasée, tandis que l'Aalénien du ruisseau
prête à discussion quant à son attribution tectonique. C'est lui que dans sa note de 1938 (107, p. 4),
M. LUGEON a nommé l'Aalénien des Moilles.

Une autre complication tectonique affecte la zone d'Oudiou. Car au SW de ce dernier affleure-
ment, sur la pente des Crêtes, en trois endroits émergent du glacière les couches marno-calcaires du
Lias inférieur. Sur le sentier des Crêtes, qui suit la croupe, ces mêmes couches sont visibles un peu au-
dessous du chalet coté 1648 (Carte nationale), vers 1640 m d'altitude. Devant le chalet lui-même affleurent
les calcschistes siliceux du Toarcien. Et le chalet repose, comme nous l'avons vu, sur les calcaires dolo-
mitiques de la zone de Murgaz. D'autre part, sous ces pointements isolés de Lias inférieur, les chalets de
la Créta reposent sur l'Aalénien. Il y a donc ici, probablement, un repli dans la série d'Oudiou, repli
que l'extension de la moraine ne nous permet pas d'étudier davantage.

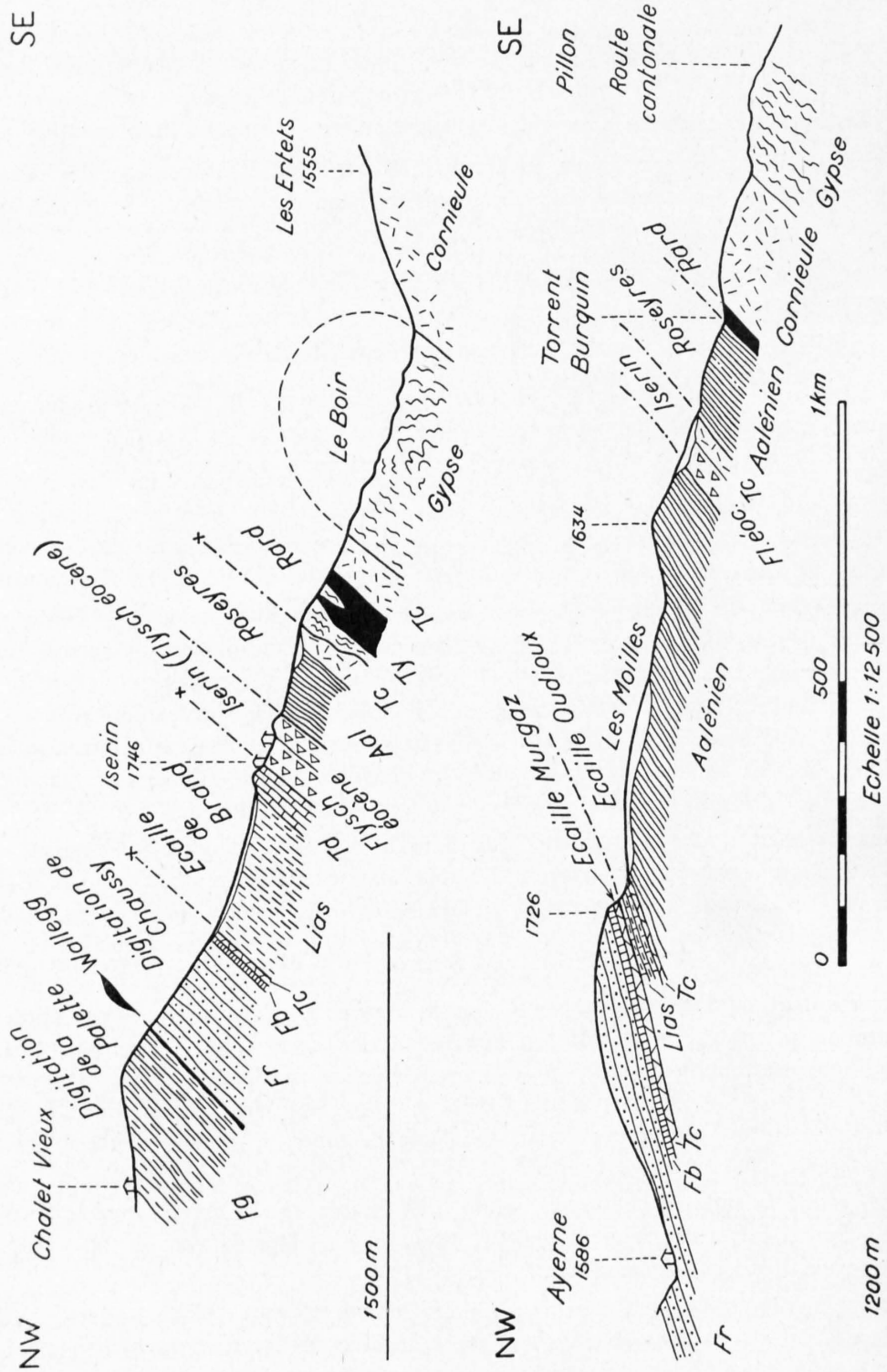


Fig. 27. Coupes à travers le soubassement de la nappe du Niesen.

Fig = Flysch gréséo-calcaire. Fr = Flysch gréséo-schisteux. Fb = Flysch basal. Te = Trias cornieule. Td = Trias calcaire. Ty = Trias gypse.

La suite vers le NE de la zone d'Oudiou, ou du moins de son repli supérieur que nous venons de constater, se voit sous le point 1726 de la Carte Siegfried, à l'W du plateau des Moilles. Dès l'altitude de 1670 m, on relève en montant la coupe suivante:

1° Cornieule du Trias, visible sur quelques mètres.

2° 3 à 4 m. Fines couches de calcaire compact, foncé à la cassure, à patine blanchâtre avec de très minces délits schisteux. Probablement Rhétien.

3° 5 m. Schistes marno-calcaires gris, tendres.

4° 15 m. Schistes marno-calcaires avec couches de calcaire gris clair à cassure ardoisée, à pâte légèrement siliceuse avec de petites entroques.

5° 5 m. Calcaires siliceux et spathiques alternant avec des schistes siliceux. Ils plongent NNE, de 40°.

6° 2 à 3 m. Cornieule de la zone de Murgaz.

7° Série des schistes argileux du Flysch, à minces lits de brèche (complexe basal du Niesen).

Les niveaux 3 et 4 sont les marno-calcaires typiques du Lias inférieur de la zone d'Oudiou; le niveau 5 représente probablement, fort écrasés, le Lias moyen et le Toarcien.

Cette série liasique se poursuit vers l'E, au-dessus du Plateau des Moilles, avec par places le Trias à sa base et en un point une lentille de schistes aaléniens au-dessus d'elle, jusqu'au-dessous du chemin qui descend de Crétet à la Cara (dit aussi Marnèche) sur le lac de Rétaud. Là, de part et d'autre de la butte cotée 1750 sur la Carte Siegfried, cette zone est affectée de cinq petites failles verticales ou décrochements, qui la découpent comme les touches d'un clavier assez compliqué. La grande différence de composition d'un paquet à l'autre (dans l'un domine l'Aalénien, dans un autre les marno-calcaires du Lias inférieur) fait penser, plutôt qu'à des failles dont le rejet ne pourrait être que très faible, à des décrochements avec une composante horizontale importante. Puis la zone disparaît sous les éboulis de la Palette.

Le plateau marécageux des Moilles s'étend sur une épaisse masse de schistes noirs aaléniens; nous venons de dire que son attribution tectonique est pour nous douteuse. Nous en discuterons plus loin. Adoptons le terme commode d'Aalénien des Moilles, proposé par M. LUGEON (107, p. 4) pour désigner cette masse.

Ce que nous voulons relever ici, c'est qu'à sa partie inférieure cet Aalénien passe graduellement, sans limite nette, à un complexe différent. Les schistes deviennent plus calcaires, moins menus, moins foncés, ils sont plus fermes, plus tachetés, et jamais l'on n'y trouve de ces miches ou nodules de calcaire pyriteux, si caractéristiques de l'Aalénien. Il s'y intercale de petits lits de calcaire gréseux. Ces couches ont un aspect assez analogue à celles que, dans la zone de Brand, nous pourrions assimiler au Toarcien. Sur la feuille des Diablerets (109) comme dans sa note de 1938 (107), M. LUGEON n'a pas séparé ce complexe de l'Aalénien vrai, auquel il passe vers le haut. Nous estimons cependant qu'il en est distinct. Et ce n'est pas sans importance, car il en résulterait que l'Aalénien des Moilles serait en série normale et non pas renversée.

Ce présumé Toarcien est assez différent de celui de la zone d'Oudiou, tel que nous l'avons décrit dans le torrent du Plan. Ici l'ensemble est moins siliceux; les schistes ne sont pas siliceux; les calcaires sont plus gréseux mais ne montrent pas la fine trame siliceuse à patine scoriacée que nous avons signalée dans le torrent du Plan. Les lits de calcaire gréseux ne jouent ici du reste qu'un faible rôle dans les schistes.

Ces schistes calcaires se voient surtout dans le torrent qui descend des Moilles à l'E du chalet coté 1682 sur la Carte Siegfried, à l'W du point coté 1680 sur la Carte nationale au 1 : 50 000. Ce torrent passe à l'Ex du chalet 1634 de la Carte Siegfried, chalet qui est encore sur l'Aalénien typique. C'est plus bas dans le torrent, vers 1615 m d'altitude, que le faciès change. Du torrent, on arrive à suivre les schistes calcaires vers l'ENE, dans la forêt, jusqu'au ruisseau qui sépare le plateau des Moilles de la croupe occupée par le chalet coté 1681 sur la Carte Siegfried (1685 sur la Carte nationale), à l'W du lac de Rétaud. L'Aalénien est encore visible sous ce chalet, puis tout disparaît vers l'E sous le glacier de Rétaud.

§ 5. Iserin et Brand

Franchissons maintenant la limite cantonale pour passer sur territoire bernois, au replat d'Iserin. En décrivant la zone de Murgaz (première partie, chapitre II, § 5) nous avons déjà mentionné un couloir qui descend sur les chalets supérieurs de ce pâturage (Iserin-Dessus de la Carte Siegfried, cote 1719). Les éboulis occupent la partie inférieure de la pente, mais vers 1780 m d'altitude apparaissent, dans le couloir, sur une vingtaine de mètres d'épaisseur, des schistes marno-calcaires fins, bleu foncé, avec des lits de calcaire siliceux à grain très fin, montrant de petites entroques disséminées. Les couches plongent NNE, de 15° à 20°. Elles sont surmontées par les schistes argileux verdâtres du Trias de Murgaz, qui déterminent un fléchissement de la pente.

Nous avons considéré cet affleurement comme la dernière manifestation, vers l'E de la zone d'Oudiou, et c'est ce que laisse entendre le texte de notre note préliminaire (86, p. 98). Dès lors nous avons vu qu'il s'agit plutôt du début de la zone de Brand. En effet, sur la croupe garnie de quelques sapins qui s'allonge suivant la pente, une cinquantaine de mètres au NE de ce couloir, affleurent, vers 1750 ou 1760 m d'altitude, des schistes foncés identiques, qui se rattachent évidemment à l'ensemble des éraillures de Brand, au flanc sud-est du Seeberghorn.

Ce sont de vastes escarpements constitués, sous le Trias de la zone de Murgaz, par des schistes calcaires, tendres, limoneux au toucher, d'un bleu foncé avec une patine plus claire et mate, légèrement argentée. Ces schistes sont très finement micacés et très fissiles; ils se présentent souvent en plaquettes, avec une bordure de décomposition jaune.

A certains niveaux s'intercalent des parties plus calcaires formant des couches mal distinctes, plutôt des traînées irrégulières, se fondant de toutes parts dans les schistes plus argileux.

L'ensemble est assez uniforme. La base des escarpements est à 1650 m d'altitude, et l'on peut en étudier la coupe aisément dans un couloir très accessible, assez étroit et raide dans le bas, mais qui s'ouvre vers 1700 m; c'est vers 1790 à 1800 m que le Trias de Murgaz recouvre le tout, dont l'épaisseur est donc d'environ 150 m. Les couches, dans le couloir, plongent très régulièrement N 10° NE, d'environ 30°.

Dès 1700 m, les traînées calcaires ont une pâte plus siliceuse, finement grenue, mais le fonds schisteux prédomine, toujours pareil. Les filonnets de calcite sont abondants; vers 1730, dans le couloir, ils sont disposés lit par lit dans les schistes foncés. A la partie supérieure, dès 1760 environ, les parties calcaires finement siliceuses sont plus fréquentes et plus différentes des schistes, mises en saillie par l'altération et le ruissellement. Sur les dix derniers mètres apparaissent des couches plus franches de calcaire gris très gréseux, à patine roussâtre et surface micacée, irrégulièrement distribuées dans les schistes avec des épaisseurs de 0,05 m à 0,20 m.

Dans cette série, surtout à la base, les bélemnites ne sont pas rares. Certaines, extrêmement allongées, sont nettement du groupe *Belemnites acuarius*. Le 9 juin 1946, lors d'une excursion que nous faisons avec les laboratoires de Genève, Fribourg et Lausanne, conduits par MM. ED. PARÉJAS, J. TERCIER et E. GAGNEBIN en a trouvé une superbe, de grande taille, dans les éboulis couvrant le pied des escarpements. Nous avons récolté autrefois aussi un débris d'ammonite, bien misérable à vrai dire, mais dont les côtes pourraient être d'un *Dactylioceras*. Ces indications paléontologiques suffisent pour estimer probable que l'ensemble est d'âge toarcien.

Nous avons déjà mentionné, à propos de la zone de Murgaz, que l'inclinaison axiale des schistes foncés de Brand est différente, un peu plus accusée, que celle du Flysch du Niesen surincombant. De sorte que le Trias basal du Niesen coupe obliquement, du NE au SW, des assises de plus en plus basses de la série de Brand. Vers l'extrémité sud-ouest des escarpements, les couches se relèvent légèrement, plongeant au NE d'environ 40°, et une partie plus profonde de la zone apparaît à la base. De loin cette partie inférieure paraît d'un bleu moins foncé, plus jaunâtre, mais ce n'est qu'un effet de l'altération plus accentuée, grâce à une dénudation moins intense; les schistes sont les mêmes qu'au bas de notre couloir.

L'ensemble de ces schistes de Brand s'amincit donc vers le SW, dans la direction d'Iserin, où tout disparaît sous l'éboulis. C'est pourquoi les relations précises de la zone de Brand avec celle d'Oudiou restent hypothétiques; une distance de plus de 1500 m sépare en effet l'affleurement d'Iserin des dernières apparitions de la zone d'Oudiou que nous avons décrites au NW du lac de Rétaud.

Mais les schistes calcaires que nous avons distingués à la base de l'Aalénien de Moilles, sous l'extrémité orientale de la zone d'Oudiou sont, nous l'avons mentionné, très analogues à ceux de Brand; tout au plus les couches de calcaire gréseux y sont-elles plus distinctes des schistes, mais ces lits ne sont pas abondants. Il n'est donc pas impossible que l'Aalénien des Moilles soit la suite de la zone de Brand. Mais, encore une fois, sa position tectonique est douteuse et nous en discuterons plus loin.

Vers le NE, la série de Brand disparaît aussi bientôt sous les éboulis du large cirque de Grundberg, sous des masses glissées, pour ne reparaître que 1500 m plus loin, dans le ravin du Sulzgraben.

§ 6. Du Sulzgraben à Gsteig

Dans la première partie de ce mémoire, en décrivant la zone de Murgaz (chapitre II, § 4), nous avons analysé en détail, à l'aide de la fig. 4, la coupe du ravin du Sulzgraben, y compris les terrains qui appartiennent à la zone de Brand. Nous ne répéterons pas ces pages. Mais il convient ici de les rappeler et de les résumer brièvement.

De bas en haut, à partir de 1400 m d'altitude, on distingue:

1° Un ensemble de 175 m d'épaisseur de schistes marno-calcaires bleu foncé, très semblables à ceux de Brand, mais où s'intercalent des couches bien distinctes de calcaire gréseux, micacés à la surface. Rares et minces à la base, ils augmentent de fréquence vers le haut. De mauvais débris de *bélemnites* indéterminables ont été trouvés dans la partie inférieure.

2° Sur 50 m d'épaisseur, au-dessus, avec passage graduel, les schistes deviennent plus calcaires et plus gréseux, les couches de calcaire gréseux denses et durs plus nombreuses, plus importantes. Plusieurs fragments d'ammonites où l'on reconnaît des *Dactylioceras*. Passage graduel mais rapide à

3° Aalénien typique, schistes argileux noirs, finement micacés, à miches calcaréo-pyriteuses, sur environ 20 m, directement recouvert par le Trias de Murgaz.

Cette série, dans sa partie inférieure, est très analogue à celle des escarpements de Brand. La seule différence appréciable, c'est que les couches calcaires sont ici mieux distinctes de la masse schisteuse qui constitue le fond.

Environ 250 m au NE des affleurements inférieurs du Sulzgraben, une centaine de mètres au NE du chalet coté 1397 sur la Carte nationale et au niveau de ce chalet, des schistes marno-calcaires foncés apparaissent dans la niche d'arrachement d'un petit glissement de terrain. Des couches de calcaires finement gréseux s'y intercalent. C'est la suite directe de la série décrite au Sulzgraben.

Sur les pentes herbeuses ou boisées entre Äussere Gründ et Furren, les mêmes schistes foncés percent en divers endroits sous la mince couverture des terrains superficiels, éboulis ou moraine.

C'est d'abord dans le couloir d'Äussere Gründ, où nous avons décrit la coupe de la zone de Murgaz (première partie, chapitre II, § 3 et fig. 3). Au-dessous de la cornieule basale de Murgaz, on observe de bas en haut, dans le couloir, dès 1420 m environ d'altitude:

1° Sur 30 m d'épaisseur, des schistes marno-calcaires bleu foncé, avec de petits lits de calcaire gréseux.

2° Sur 50 m, dans les mêmes schistes, les couches calcaires deviennent plus abondantes et plus épaisses.

3° Sur 30 m, schistes argileux noirs de l'Aalénien typique, avec miches de calcaires ferrugineux. Cet Aalénien détermine un léger replat dans la pente.

C'est donc une série tout à fait pareille à celle du Sulzgraben. On retrouve les mêmes schistes, à la même hauteur à peu près, 200 m au NE de ce couloir, dans la pente boisée. La bande aalénienne du sommet descend obliquement vers l'E, dans la direction de Furren.

A un niveau inférieur, les schistes noirs liasiques affleurent sur le bon sentier menant d'Äussere Gründ à Furren, et au-dessous, dans la niche d'arrachement d'un large glissement de terrain descendant jusqu'au Reuschbach, là où la route du Pillon le traverse.

Un dernier affleurement présente, bien qu'il soit très indistinct, un grand intérêt tectonique. Nous l'avons mentionné brièvement déjà en parlant de la zone de Murgaz et de la célèbre coupe qu'en présente la route de Gsteig à Gstaad (première partie, chapitre II, fin du § 2).

C'est en effet au-dessus de cette route, à l'W, à l'altitude d'environ 1200 m, une centaine de mètres au S du ravin méridional descendant de Vorder Wallegg, qu'on peut observer cet affleurement. Pour l'atteindre, le plus sûr est de prendre le sentier qui monte de Gsteig à Schüdelen en traversant la paroi de Flysch basal du Niesen. Ce sentier part de la grande route, à la sortie nord du village de Gsteig. Il atteint le Flysch basal à 1260 m, à l'entrée de la forêt. De là on peut descendre vers l'ENE en suivant le bord du bois, contourner son angle et suivre horizontalement la lisière vers le N. La brèche de base du Flysch est bien développée dans la forêt. On arrive bientôt à un petit couloir où affleurent, au bord du bois, les schistes cristallins de type «Casanna», surmontés de quartzites du Trias et de calcaires dolomitiques. C'est la base de la zone de Murgaz.

Au-dessous des schistes cristallins, une pente herbeuse descend, très inclinée, jusqu'à un petit bourrelet morainique. Lorsque l'herbe est bien fauchée, on voit percer dans le bas de la pente quelques têtes de couches de calcaire très gréseux et ferrugineux et des schistes argileux noirs aaléniens.

Au-dessus de ces couches liasiques, la pente d'herbe montre de nombreux débris de Flysch, grès micacés et schistes, sans que la roche apparaisse vraiment en place. Il est cependant manifeste qu'ici du Flysch s'intercale entre l'Aalénien de la zone de Brand et les schistes cristallins de celle de Murgaz.

Nous verrons que ce fait prendra une assez grande importance lorsque nous discuterons des rapports entre les zones d'Oudiou et de Brand, entre la zone de Brand et la nappe du Niesen.

Chapitre II

La zone du Flysch d'Iserin

(nappe du Meilleret)

§ 1. Généralités

Dans le pâturage d'Iserin, sur la frontière cantonale, deux petites parois rocheuses émergent de la pente régulière, faite d'éboulis. Le rocher supérieur, à 1740 m d'altitude, est de calcaire dolomitique; il a de 3 à 4 m de hauteur. Le rocher inférieur, une vingtaine de mètres plus bas, s'allonge immédiatement au NE du chalet coté 1735 sur la Carte nationale et atteint 5 m de hauteur. Il est fait d'une brèche polygénique grossière, très analogue à certaines brèches du Flysch du Niesen. Entre les deux rochers affleure du Flysch schisteux, banal, avec des lits de grès calcaire gris.

Le rocher inférieur domine une pente herbeuse où affleurent les schistes argileux noirs de l'Aalénien, qui déterminent un marécage sur territoire vaudois. Au-dessus du rocher supérieur, c'est l'extrémité sud-ouest de la zone de Brand que recouvrent les éboulis, et il n'est pas impossible que le calcaire dolomitique en représente la base.

Nous avons donc ici, entre deux masses liasiques, une zone de Flysch d'une trentaine de mètres d'épaisseur.

Dans une note préliminaire de 1929 (86, p. 98), nous l'avons appelée zone d'Iserin, et nous la considérons comme un repli inférieur de la nappe du Niesen. Nous la poursuivions vers l'W en lui adjoignant les brèches polygéniques du village des Diablerets, celles des pentes dominant au S Vers-l'Eglise (où nous signalions une Nummulite). Dans son article de 1938 (107), M. LUGEON assimile toute cette zone à son Flysch du Meilleret. Flysch éocène souvent riche en Nummulites, rattaché aux nappes ultra-helvétiques, et tout à fait différent, malgré les grandes similitudes lithologiques, du Flysch du Niesen, d'âge maestrichtien. Sur la feuille des Diablerets, publiée en 1940, et dans la Notice explicative

qui l'accompagne, M. LUGEON distingue même une nappe du Meilleret, associée du reste à celle de Bex-Laubhorn. Et dans une note de 1946 (119), où il précise la superposition des unités ultra-helvétiques, il en fait la plus haute.

De part et d'autre d'Iserin, l'abondance des terrains superficiels ne permet pas de suivre cette zone de façon continue; mais on en trouve par places des affleurements localisés qui en attestent l'existence.

Nous décrirons d'abord en détail la coupe très claire d'Iserin, puis nous chercherons la suite de la zone, de part et d'autre.

§ 2. L'affleurement d'Iserin

La brèche polygénique constituant le rocher inférieur d'Iserin est fort remarquable. C'est une brèche grossière, presque sans ciment, où les éléments sont pressés les uns contre les autres. Elle forme une seule masse, non litée. Les éléments, de taille très variable, ne sont nullement assortis ou calibrés: des blocs de 5 m de longueur voisinent avec des cailloux et des graviers. La plupart des cailloux ont de 10 à 20 cm de diamètre. Ils sont moulés par places par des schistes argileux verts.

Parmi les éléments, les roches cristallines prédominent de beaucoup. Les plus abondantes sont des roches vertes, prasinites, serpentines, schistes cristallins du type «Casanna» et des granites verts très typiques, à grain moyen, riches en chlorite, avec des quartz rosés ou légèrement violacés. On trouve aussi des micaschistes divers, blanchâtres ou verdâtres, et de plus rares cailloux de calcaire marmoréen ou de calcaire spathique rouge.

Les éléments sont anguleux pour la plupart, surtout les prasinites; les granites sont fréquemment bien roulés.

La brèche est surmontée par une vingtaine de mètres de Flysch schisteux, surtout bien visible dans le ruisseau qui descend de la dépression marécageuse bordant le rocher supérieur (et coté 1746 sur la Carte Siegfried). A la base, ce sont des schistes argileux verdâtres, souvent vert pomme. Ils renferment de minces lits de grès calcaire blanchâtre, piqué de petits points jaunes et verts, fréquemment réduits en lentilles qui apparaissent comme des miches entourées d'une pellicule schisteuse luisante. Ces schistes renferment aussi quelques petits lits de brèches. Plus haut ce sont des schistes marneux gris, plus ou moins argileux, avec des couches de grès calcaire et de conglomérats riches en schistes cristallins verts du type des «schistes de Casanna».

A environ 200 m à l'W du chalet coté 1735 (Carte nationale) descend à l'E du chalet oriental de La Marche un ruisseau qui, sur une trentaine de mètres, donne une excellente coupe du Flysch d'Iserin. En 1935, en compagnie de M. LUGEON, j'ai ramassé dans le bas de la chute que fait le ruisseau un morceau errant de grès avec Nummulites. Dès lors la coupe a été revue par M. LUGEON. On y voit une alternance de grès et de schistes avec deux bancs de grès blanc. En haut de la coupe les grès montrent au microscope d'abondantes lithothamies ainsi que des Orthophragmines. En bas existe un gros bloc de conglomérat qui représenterait la suite, vers l'W, du conglomérat du chalet 1735.

Ainsi il est bien démontré que le Flysch d'Iserin est éocène et appartient à l'unité supérieure des Internes, soit à la nappe du Meilleret.

Le rocher supérieur, qui surmonte ces schistes et qui porte le chalet coté 1746 sur la Carte Siegfried, est formé de calcaire dolomitique finement grenu, souvent très bréchoïde, en gros bancs. Il a 4 ou 5 m d'épaisseur et plonge de 45° au NNE. Ce Trias appartient peut-être à la base de la zone de Brand; rien ne permet de l'affirmer.

Ce rocher triasique a environ 200 m de longueur et disparaît sous l'éboulis qui le recouvre. Sous lui, les schistes du Flysch s'étendent de part et d'autre sur plus de 500 m de longueur. Vers le NE, au-delà de la masse écroulée portant les chalets d'Iserin-Dessus, ils reparaissent sur une longueur d'environ 200 m, avec leurs grès et leurs conglomérats, et des schistes argileux verts renfermant des lits et lentilles de grès blanc, sous la série liasique de Brand et sans interposition de Trias; mais la brèche polygénique grossière ne s'y montre pas.

Et c'est là le dernier affleurement vers l'E de la zone d'Iserin. Plus loin, jusqu'à la Sarine, tout est caché par des masses écroulées. Mais entre la Sarine et la Simme, M. DE RAAF a décrit, dans le Flysch d'Ochsenweid (100, p. 51), un conglomérat granitique très analogue à notre brèche d'Iserin, passant à une fine brèche où pullulent de petites nummulites. Il est très probable que cette zone d'Ochsenweid est partiellement du moins la suite de notre zone d'Iserin, comme l'admet M. LUGEON (107, p. 17).

§ 3. Suite de la zone d'Iserin vers le SW

Vers le SW la zone d'Iserin se cache sous un écroulement du Flysch de la Palette qui occupe la pente jusque près de La Marche. Au-delà, la région du lac de Rétaud est toute couverte de moraines.

Dans la pente boisée au-dessous du plateau des Moilles, entre les deux ruisseaux qui descendent à l'E et à l'W du bastion coté 1680 sur la Carte nationale (c'est-à-dire, sur la Carte Siegfried, entre le ruisseau qui descend à l'W des chalets 1681 et celui qui descend à l'E du chalet 1682), on retrouve des affleurements, du reste fort douteux, qui semblent représenter le Flysch d'Iserin. Une grosse traînée de cornieule venant du lac de Rétaud, occupe la rive gauche du premier de ces ruisseaux dès l'altitude de 1635 m environ. Vers 1620 m, ledit ruisseau traverse cette cornieule, qui se poursuit vers l'WSW dans la forêt. Et c'est au-dessus d'elle que l'on voit par places des grès micacés et des brèches polygéniques, essentiellement cristallines, analogues à celles d'Iserin.

Un ruisseau non cartographié, qui descend de la dépression 100 m à l'E du point 1680 de la Carte nationale (sur la Carte Siegfried, 250 m à l'E du chalet 1682), et creuse un petit ravin, montre assez bien, au-dessus de la cornieule, des schistes argileux cassants, légèrement brillants, jaunâtres ou verdâtres, contenant des petits lits et des banes de 1 à 2 m d'épaisseur de conglomérats polygéniques, peu compacts, mais sans ciment visible, avec des éléments de 5 à 10 cm de diamètre, mal assortis, mais assez arrondis. Ce sont surtout des roches granitiques, blanchâtres et verdâtres, des gneiss, des calcaires et des débris de schistes argileux ou marneux. On trouve aussi une brèche fine très calcaire.

Au-dessus percent par places les schistes marno-calcaires d'un gris mat, avec petits lits de calcaire gréseux, du Lias soutenant l'Aalénien des Moilles.

Dans le profond ravin du ruisseau qui descend des Moilles à l'W du point 1680 (à l'E des chalets 1682 et 1634 pour la Carte Siegfried), on voit clairement les schistes marno-calcaires liasiques, passant vers le haut à l'Aalénien des Moilles. Au-dessous d'eux, vers 1590 m, affleure la cornieule, sans que ses relations avec ces schistes soient nettes. Mais sur le versant droit du ravin, vers 1600 m, émerge un petit rocher fait de brèche polygénique analogue à celle du ruisseau précédent. Cette brèche paraît bien se placer entre les schistes liasiques et la cornieule sous-jacente. Quelques mètres plus bas, sur la rive gauche, un mauvais affleurement montre des grès calcaires micacés, de faciès Flysch et des schistes verdâtres.

M. LUGEON cite cet affleurement dans sa note de 1938 (107, p. 4) et le dessine sur la coupe inférieure de sa fig. 1 (p. 3), l'assimilant au Crétacique-Flysch du torrent Burquin (dont nous parlerons au chapitre suivant). Sur la feuille des Diablerets, l'affleurement est indiqué en Turonien de la nappe de la Plaine Morte.

Mais nous n'avons pas trouvé de calcaires à Rosalines en cet endroit, et la présence de brèche polygénique nous porte à y voir plutôt un équivalent du Flysch d'Iserin, c'est-à-dire de la nappe du Meilleret. La position tectonique, d'ailleurs, est équivalente.

Quant à la cornieule sous-jacente que l'on suit vers l'ENE, en montant jusqu'au bord du lac de Rétaud, il est possible qu'elle se rattache aussi à la zone d'Iserin, qu'elle soit le soubassement mésozoïque sur lequel transgresse le Flysch du Meilleret.

C'est à la même zone que nous rapportons, d'accord là-dessus avec M. LUGEON, le bel affleurement de brèche polygénique, depuis longtemps connu, que coupe la route du Pillon dans le village des Diablerets, à Vers-chez-Guelien (96, p. 427). C'est une brèche grossière, à éléments essentiellement cristallins, tout à fait analogue à celle du rocher inférieur d'Iserin, avec les mêmes granites verts à quartz légèrement violacés ou rosés.

C'est également à cette zone que nous rattachons le Flysch que nous avons mentionné dans le torrent du Plan, à l'W du pont de Follaz, sous l'Aalénien du flanc renversé de la zone d'Oudiou.

Chapitre III

Le complexe du Pillon

§ 1. Généralités

Entre le lac de Rétaud et le col du Pillon s'étend un complexe formé de gypse, de cornieule, d'épaisses bandes de schistes noirs aaléniens, liasiques ou bajociens, où s'intercalent par places de minces zones de Flysch avec des lentilles de calcaires crétacés et de quartzites verts. Les schistes aaléniens ont tendance à glisser en masse et, sur ces pentes boisées, même dans les ravins qui les coupent, il est souvent très délicat de distinguer ce qui est réellement en place.

Ce complexe est à cheval sur la feuille topographique de la Tornettaz (n° 471 de l'Atlas Siegfried au 1 : 25 000)¹⁾, dont nous avons levé la géologie, et sur celle du Pillon (n° 478), qui fait partie de la feuille des Diablerets de l'Atlas géologique de la Suisse au 1 : 25 000 (109), publiée en 1940 par notre maître M. LUGEON. Nous y avons travaillé séparément, nous y avons fait de nombreuses courses ensemble et avec M. E. GAGNEBIN. Malgré ces recherches, nul ne peut prétendre que tout soit éclairci dans cette région si compliquée.

En 1929, dans une communication préliminaire (86), nous avons tenté d'analyser les divers éléments de ce complexe et proposé une interprétation générale, qui doit être aujourd'hui modifiée sur plusieurs points. En 1938, en effet, M. LUGEON, dans la note (147) que nous avons déjà bien souvent citée, apportait des précisions et des distinctions nouvelles, par comparaison avec les contrées voisines. Il dessinait, de ce complexe, une série de coupes au 1 : 12 500 (fig. 1), des plus intéressantes. Dans la notice explicative de la feuille des Diablerets (109, pl. I, coupe A), c'est une coupe schématique de l'ensemble qu'il présente, avec, sous la nappe du Meilleret, une triple intrication des nappes de Bex-Laubhorn et de la Plaine Morte.

Dans ces conditions, le plus utile nous paraît aujourd'hui d'exposer les faits que nous avons observés, en notant aussi scrupuleusement que possible ce qui nous semble établi et douteux. Dans un dernier chapitre, nous discuterons avec prudence les corrélations et les interprétations.

Pour décrire ce complexe de la façon la plus claire, nous le diviserons en segments transversaux, dont chacun nous donnera une coupe de l'ensemble. Et nous étudierons ces segments du SW au NE.

§ 2. Segment de Roseyres

Commençons par remonter le torrent que la grande route du Pillon traverse sur le Pont Bourquin, sur la feuille des Diablerets coté 1346 m. C'est l'émissaire du lac de Rétaud. Nous l'appellerons, comme M. LUGEON dans son article (107, p. 2), le torrent Bourquin, et nous partirons de ce pont. Le ruisseau coule d'abord entre le gypse, formant au S de belles pyramides au Sex blanc, et la cornieule. Environ 200 m en amont du pont Bourquin, le ravin tourne et se met à traverser, très obliquement, la cornieule, sur une longueur de 450 ou 500 m de son cours, jusqu'à l'altitude de 1470 m.

De ce point-là, jusqu'à 1510 m d'altitude, le ruisseau montre sur son versant gauche un complexe particulier, formant une zone étroite, d'une dizaine de mètres d'épaisseur, intercalés entre la cornieule et l'Aalénien qui occupe le versant droit. C'est ce que nous avons nommé, dans notre communication préliminaire (86, p. 99), le Flysch du torrent Bourquin. Sur la feuille des Diablerets, il est figuré par une lentille de Turonien de la nappe de la Plaine Morte.

Ce sont des schistes argileux gris foncé, noirs ou verdâtres, à surfaces parfois un peu brillantes, mais généralement micacées. Ils renferment un grand nombre de petits lits de grès calcaire sombre et des bancs de calcaire gréseux, blanchâtre et grenu. Par endroits, ces schistes contiennent des paquets de schistes argileux vert pomme, vert pâle ou jaunâtres; il s'y intercale de petites miches de grès

¹⁾ La Carte nationale suisse au 1 : 50 000 a repris ce territoire sur sa feuille normale 525, Rochers-de-Naye-E. C'est sur un agrandissement de cette nouvelle topographie qu'a été dessinée la carte en noir jointe à ce mémoire.

quartzitique blanc à points jaunes, et de marbres blancs, jaunâtres ou verdâtres, miches entourées d'une pellicule schisteuse. Les marbres forment aussi des lentilles plaquetées, dont les plaquettes sont séparées par des filets de schistes vert pomme. Les marbres contiennent par places de petits cristaux de pyrite. Et l'on y voit nettement, au microscope, des roselines (*Globotruncana linnei*).

A l'altitude de 1500 m environ, un important affluent de droite arrive dans notre ruisseau; il descend, du N au S, du plateau des Moilles à l'E des chalets 1682 et 1634 (à l'W du point 1680 sur la Carte nationale), et nous l'avons déjà rencontré en étudiant l'Aalénien des Moilles, puis en suivant la zone d'Iserin. En le remontant à partir du confluent, on traverse d'abord des schistes noirs aaléniens, jusque vers 1530 m d'altitude, puis de la moraine jusqu'à 1580 m. Et là apparaît la cornieule du lac de Rétaud. Elle est flanquée, au N, de couches assez analogues à celles de la zone du torrent Burquin. L'affleurement, sur la rive gauche, à 1590 m, n'est pas des plus clairs; on y voit des couches de grès calcaire à grain très serré, couverts d'une pellicule de schistes luisants verdâtres et micacés. C'est quelques mètres plus haut qu'affleure, sur le versant droit, le petit rocher de brèche polygénique.

Redescendons jusqu'au confluent et reprenons la montée du torrent Bourquin, jusqu'au lac de Rétaud. Dès l'altitude de 1510 m, nous sommes dans les schistes noirs de l'Aalénien, nettement en place. A 1600 m, nous entrons dans la cornieule que le ruisseau traverse, puis longe jusqu'à son origine, c'est-à-dire jusqu'au bord du lac de Rétaud.

Nous avons donc, dans ce segment, constaté la superposition suivante, du haut en bas, au-dessous du Flysch d'Iserin:

1^o Cornieule du lac de Rétaud; nous inclinons à la considérer comme le soubassement mésozoïque du Flysch d'Iserin, se rattachant comme lui à la nappe du Meilleret.

2^o Aalénien, formant une bande d'environ 200 m d'épaisseur. Nous pouvons l'appeler, comme nous l'avons fait dans notre note préliminaire (86, p. 99), bande de Roseyres. M. LUGEON lui a du reste conservé ce nom (107). Elle semble bien appartenir, comme l'indique M. LUGEON (notice explicative, 109), à la nappe de Bex-Laubhorn.

3^o Couches du torrent Bourquin, d'une dizaine de mètres d'épaisseur, avec ses schistes et ses lentilles de marbre à roselines.

4^o Cornieule, immédiatement accolée au

5^o Gypse des pyramides du Sex blanc.

La bande aalénienne de Roseyres se continue jusqu'au S du lac de Rétaud, formant une croupe parallèle à celle de la cornieule qui la surmonte, croupe où la roche est nettement en place, et une grande pente boisée irrégulière, flanc méridional de cette croupe, où ses schistes argileux sont presque partout plus ou moins glissés. De vastes glissements s'observent, entre autres, sur le versant méridional du bastion qui s'avance au S du lac de Rétaud. Une niche d'arrachement est particulièrement bien visible au SSE de ce lac, vers 1650 m d'altitude. Là, au milieu de la série aalénienne, on distingue une zone de schistes plus calcaires, plus gris, à patine jaunâtre, limoneux au toucher, avec de rares lits de calcaire marneux et tacheté, de 1 à 3 cm d'épaisseur. Les schistes de cette série sont très analogues à ceux du Toarcien de la zone de Brand, mais contiennent beaucoup moins de couches calcaires. Nous avons trouvé ici plusieurs débris d'ammonites, malheureusement indéterminables, mais par analogie avec la zone de Brand nous estimons que cette série est peut-être toarcienne et qu'elle représente peut-être le noyau anticlinal de la bande aalénienne de Roseyres.

A l'W de ces grandes masses glissées affleure, au-dessous de l'Aalénien, dans la forêt, un ensemble de roches triasiques: cornieule, calcaires dolomitiques, avec une assez grande lentille de gypse. La nouvelle route du Pillon au lac de Rétaud traverse ce complexe, qui donne lieu à de belles dolines à l'E du pâturage des Moilles-Durand (voir feuille des Diablerets, 109).

Des grandes masses glissées au SSE du lac de Rétaud émerge, vers 1600 m d'altitude, une petite colline allongée et boisée, immédiatement à l'W du point 1593. La nouvelle route du lac de Rétaud contourne cette colline et coupe sa partie occidentale, montrant un bel affleurement. C'est la protubérance et l'affleurement que M. LUGEON a décrit (107, p. 2). Il a pu observer l'affleurement tout frais, pendant la construction de la route, en 1936.

Cette colline est en gypse, séparé de la grande masse de gypse du Pillon par une étendue partiellement marécageuse où l'on ne voit que des débris de schistes argileux probablement glissés. Mais le gypse de cette colline est flanqué, au N et au NW, par des schistes argilo-terreux, fort irréguliers, contenant des grès durs, olivâtres, micacés, et de belles lentilles d'un calcaire compact, blanchâtre, riche en *rosalines* (*Globotruncana linnei*). La nouvelle route coupe ces schistes, et pour la construire on a dû exploiter d'assez grandes masses de ces calcaires à rosalines. Les schistes rappellent ceux de certains Flysch, mais M. LUGEON estime que c'est de l'Aalénien broyé. Sur la feuille des Diablerets, il indique cet affleurement par une lentille de Turonien, flanquée de gypse, entre la masse glissée et l'éboulis.

§ 3. Segment des Beys

A l'E de la pente de Roseyres, deux ruisseaux descendent, parallèlement, du NNW au SSE, pour se perdre dans des entonnoirs de gypse au N du col du Pillon. Ce sont les ruisseaux des Beys ¹⁾. Ils creusent l'un et l'autre des ravins assez profonds, montrant des coupes intéressantes, tandis que sur la pente boisée qui les sépare, de 150 à 200 m de largeur, les glissements de schistes aaléniens ne permettent aucune observation précise.

Chose curieuse, les coupes que montrent ces deux ruisseaux si voisins sont très différentes l'une de l'autre, et l'on est livré à des hypothèses pour tenter de les raccorder. Nous les décrirons de haut en bas, en commençant par le ruisseau occidental.

Le ruisseau occidental des Beys débute par une belle source émergeant de la moraine, environ 150 m au SE du lac de Rétaud, vers 1685 m d'altitude. Puis il coule sur l'Aalénien bien typique, suite directe de la bande de Roseyres. Un de nos camarades, M. FERNAND AUBERJONIS, y a trouvé, non loin de la source, lors d'une excursion dirigée par M. LUGEON, une *Ludwigia murchisonae* admirablement conservée.

A 1650 m, s'intercale dans l'Aalénien une zone d'une dizaine de mètres d'épaisseur de ces schistes plus calcaires que nous attribuons au Toarcien. C'est aussi la suite directe de la zone semblable mentionnée au paragraphe précédent. Tout ce complexe plonge fortement au NNW. Au-dessous reprend l'Aalénien, jusque vers 1630 m.

Là, le ruisseau coupe une bande de cornieule, bien visible du chemin montant aux chalets de Rard, qu'elle domine. On peut suivre cette cornieule vers le SW, où elle forme une pente raide, jusqu'à l'ancien chemin du lac de Rétaud, au-dessus du point 1593. Elle figure juste encore sur la feuille des Diablerets, à son bord nord, à l'W du méridien 582. Mais vers le NE, sur le versant gauche du ravin, on ne peut suivre la cornieule que quelques mètres: elle cesse, assez brusquement, sans que l'on puisse voir comment, sur cette croupe boisée envahie de débris aaléniens glissés.

Sous la cornieule, on voit affleurer sur le chemin de Rard et dans le ruisseau juste en aval, des schistes argilo-gréseux, sombres, à gros micas blancs, se débitant en morceaux irréguliers à facettes conchoïdales souvent polies et brillantes. Ces schistes contiennent des couches de calcaire gréseux légèrement échinodermique, sombre, et des calcaires marneux tachetés.

Au-dessous, tout est envahi par des éboulis ou des masses glissées, jusqu'au gypse du Pillon où le ruisseau se perd dans un entonnoir.

Quelles sont ces couches affleurant sous la cornieule? Sur la feuille des Diablerets, M. LUGEON les a marquées en Aalénien; mais elles nous paraissent en différer. Peut-être sont-elles toarciennes. D'autre part, elles nous semblent présenter des analogies avec celles qui flanquent la petite colline de gypse à l'W du point 1593 (feuille Diablerets), avec celles aussi que nous verrons plus loin, dans le segment de

¹⁾ Ce nom figure sur la feuille de la Tornettaz de l'Atlas Siegfried et sur le bord de la feuille du Pillon, lequel bord a été coupé sur la carte géologique des Diablerets. Sur la Carte nationale, les deux ruisseaux des Beys prennent naissance à l'E du lac de Rétaud sur le mot «Rétaud» qui désigne les chalets. Sur la feuille des Diablerets, les deux dolines où viennent se perdre les ruisseaux sont indiquées de part et d'autre du méridien 582.

Rard, également liées au gypse ou à la cornieule, et que nous appellerons la zone de Rard. Pourtant, la solution la plus probable est que ces schistes sont d'âge toarcien ou aalénien, et qu'ils sont tectoniquement liés à la cornieule qui les surmonte.

* * *

Le ruisseau oriental des Beys débute environ 350 m à l'E du lac de Rétaud, vers 1700 m d'altitude, par la réunion de plusieurs petits filets d'eau. Là affleure nettement l'Aalénien, tandis qu'en aval s'étend une dépression marécageuse, remplie probablement d'Aalénien glissé.

Cette dépression est fermée vers le S par une barre de cornieule que le ruisseau entame vers 1665 m d'altitude, où elle plonge fortement vers le NNW. On peut suivre facilement cette cornieule vers l'ENE. On l'y voit bientôt accompagnée, au N, par une masse de gypse qui affleure sur la croupe séparant notre ravin du torrent occidental de Rard. Ce gypse forme une lentille, de 15 m d'épaisseur au maximum, et l'on voit l'Aalénien s'appliquer directement contre son bord supérieur. La cornieule continue jusque près des chalets de Rard, où nous la retrouverons.

Vers l'W, on peut aussi suivre cette cornieule, très nettement, sur une certaine distance. Elle forme une croupe à pente raide, en forte saillie, aboutissant au grand replat qui sépare les deux torrents des Beys. Il semble qu'elle est surmontée directement par l'Aalénien qui constitue ce replat. Mais environ 150 m à l'W de notre ruisseau, la cornieule cesse brusquement, comme coupée par une faille verticale. Et le ravin profond, tout proche, du ruisseau occidental, est occupé dans le prolongement de cette bande de cornieule par le complexe Aalénien-Toarcien, bien régulier, avec son fort plongement au NNW.

Quel phénomène interrompt si subitement cette bande de cornieule, c'est ce que nous discuterons plus loin. Pour le moment, poursuivons notre coupe.

La cornieule est traversée par le ruisseau entre 1665 et 1650 m environ. Au-dessous se trouve, bien en place, profondément taillé par le ravin, un complexe comprenant une faible épaisseur d'Aalénien, puis une bande de schistes plus gris et plus calcaires, comme ceux que nous avons attribués au Toarcien dans le torrent occidental; cette bande traverse le ruisseau vers l'altitude de 1640 m. Puis reviennent les schistes noirs aaléniens, jusqu'au chemin de Rard (point 1617 de la feuille de la Tornettaz), où ils affleurent nettement et continuent en aval.

Vers 1590 m, dans le fond du ravin, cet Aalénien semble passer graduellement à un ensemble différent, fait d'une alternance assez régulière de schistes marneux, terreux, fortement micacés, en couches de 0,10 à 0,20 m, et de lits calcaires de 0,05 à 0,10 m d'épaisseur. Les calcaires sont marneux, grenus, brunâtres, tachetés. Cet ensemble forme un bel affleurement sur le versant gauche du ravin. Nous y avons trouvé, avec M. LUGEON, des *Zoophycos* ou *Cancellophycus*, des débris de *bélemnites* et plusieurs fragments d'ammonites qui semblent se rapporter à *Stephanoceras humphriesi*. Ces couches seraient donc bajociennes. Elles plongent d'environ 45° au NNW et se dirigent, en remontant le versant gauche, tout droit vers la masse de gypse du Pillon qui se dresse en aval. Ces couches bajociennes doivent sans doute buter contre le gypse: elles n'en sont séparées, vers le haut du versant, que par une langue d'éboulis de 10 à 15 m de largeur.

Dans le fond du ravin, cet éboulis s'étale et sépare davantage l'affleurement bajocien de la masse gypseuse où se perd le ruisseau.

Pour M. LUGEON, il n'y a aucun doute que ces couches bajociennes ne se relient stratigraphiquement à l'Aalénien qui les surmonte et que ce ne soit là une série renversée continue. Quant à nous, dans notre note préliminaire (86, p. 100) nous avons rattaché cet ensemble, probablement bajocien, à la zone de Rard, ce complexe lié au gypse, que nous avons déjà rencontré dans la colline isolée sous Roseyres avec les lentilles de calcaire à roselines, et que nous avons mentionné à propos des schistes affleurant sous la cornieule dans le ravin occidental, sur le grand chemin. Mais à part la position tectonique de ces couches, qui sont au même niveau que la zone de Rard, nous n'avons pas de raisons sérieuses pour confirmer cette hypothèse et, comme pour les schistes du ravin occidental, nous croyons devoir abandonner notre première interprétation.

* * *

Ces deux torrents nous ont donc montré, le premier:

- 1° une masse d'Aalénien-Toarcien;
- 2° une bande de cornieule;
- 3° un complexe indéterminé, peut-être liasique, peut-être représentant la zone de Rard;
- 4° le gypse du Pillon.

Le ruisseau oriental:

- 1° une masse d'Aalénien;
- 2° une bande de cornieule, accompagnée de gypse vers l'E;
- 3° une masse d'Aalénien-Toarcien;
- 4° des couches bajociennes;
- 5° le gypse du Pillon.

Comment raccorder ces deux coupes? Les deux bandes de cornieule, n° 2 de nos coupes, n'en font-elles qu'une, coupée par une faille? Celle du torrent occidental s'arrête, sur la rive gauche, juste à l'aplomb du point où, 40 m plus haut, s'arrête celle du ruisseau oriental. Il est bien tentant de voir là plus qu'une coïncidence fortuite.

Mais on peut aussi admettre que l'interruption si brusque de la bande supérieure de cornieule est due à ce qu'elle représente l'extrémité d'une tête anticlinale, qui serait coupée obliquement par la topographie. Ce que nous verrons aux abords des chalets de Rard semblerait confirmer cette hypothèse. C'est aussi l'interprétation à laquelle M. LUGEON donne la préférence (107, p. 2).

Quant à nous, il nous semble plus probable que les deux bandes de schistes calcaires toarciens, celle du torrent occidental au-dessus de la cornieule et celle du torrent oriental au-dessous de la cornieule, sont la suite l'une de l'autre. Et donc que les deux traînées de cornieule ne se raccordent pas. Elles seraient bien, l'une et l'autre, tranchées par une faille, ou même par un décrochement, mais le paquet oriental, loin d'être surélevé qu'une quarantaine de mètres, serait affaissé par rapport à l'autre. La cornieule du torrent oriental serait ainsi la continuation de la cornieule du lac de Rétaud, et celle du torrent occidental cesserait d'exister plus à l'E; elle devrait passer virtuellement, dans notre interprétation, entre les couches bajociennes du torrent oriental et le gypse du Pillon, ou bien si ces couches supposées bajociennes appartenaient à la zone de Rard, entre elles et l'Aalénien qui le surmonte.

Le complexe aalénien-toarcien sous-jacent à la cornieule du torrent oriental serait ainsi la suite de la bande de Roseyres. Et son épaisseur très réduite à l'E de la faille s'expliquerait par une composante horizontale de décrochement, comme nous l'avons vu dans les cassures qui hâchent la zone d'Oudoux au-dessus du plateau des Moilles.

L'Aalénien surmontant cette cornieule ne pourrait être, dans cette interprétation, que l'Aalénien des Moilles, dont nous avons parlé à propos des zones d'Oudoux et de Brand, et dont nous discuterons plus loin la position tectonique.

Et cette cornieule elle-même, nous l'avons considérée dans le segment de Roseyres comme le sous-bassement mésozoïque du Flysch d'Iserin.

Bien entendu, ce n'est qu'une hypothèse que nous proposons ici. Elle nous semble cependant permettre de coordonner mieux qu'une autre la complexité des faits.

§ 4. Segment du Rard

Les chalets de Rard occupent une croupe (cotée 1691 sur la feuille Siegfried de la Tornettaz, et 1680 sur la Carte nationale) limitée de part et d'autre par des ravins. Nous aurons donc ici, comme dans le segment des Beys, deux ruisseaux dont nous étudierons la coupe, puis nous tenterons de proposer les raccords.

Le ruisseau occidental de Rard sort de la masse écroulée qui limite à l'W l'affleurement du Flysch d'Iserin. Il coule d'abord dans des couches aaléniennes, constituant un replat. Puis, à l'W des chalets, il est dévié par une croupe de cornieule qu'il traverse. Cette cornieule est nettement la suite de celle du torrent oriental des Beys. Vers l'E, elle s'interrompt avant d'atteindre les chalets de Rard qui

reposent sur l'Aalénien. Mais immédiatement à l'E des chalets, la butte cotée 1691 sur la Carte Siegfried est de nouveau en cornieule.

Disons tout de suite que, selon l'interprétation proposée au paragraphe précédent, ces deux cornieules n'appartiendraient pas à la même bande. Celle que traverse le ruisseau serait coupée par un décrochement à l'W des chalets de Rard et n'existerait plus à l'E de cet accident: elle passerait virtuellement sous le Flysch d'Iserin. Et la masse aalénienne qui s'étend au N des chalets de Rard ne serait pas homogène: à l'W du ruisseau ce serait l'Aalénien des Moilles, à l'E du ruisseau ce serait la bande de Roseyres. Naturellement, aucune ligne de dislocation n'est visible dans cette masse de schistes argileux noirs. Pourtant, à côté du chalet méridional de Rard, ces schistes aaléniens montrent une direction N-S. Le décrochement que nous supposons ici serait la prolongation vers le S du décrochement de Voré, qui affecte le Flysch du Niesen à l'E de la Palette, sur la limite cantonale.

Reprenons la descente de notre ruisseau. Sous la cornieule, le fond du ravin montre nettement des couches aaléniennes, ainsi que le versant droit, tandis que le versant gauche est encombré de cornieule éboulée. Ces schistes aaléniens affleurent dans le thalweg jusque vers 1640 ou 1630 m d'altitude. Là se rejoignent les masses glissées qui occupent les pentes adjacentes au torrent, et plus bas le lit du ruisseau en est encombré.

A l'W du ruisseau, au-dessus de grands talus qui sont des niches d'arrachement, se trouve un petit affleurement de gypse, bien caché dans la pente boisée et buissonneuse, vers 1620 ou 1630 m d'altitude. C'est M. LUGEON qui l'a découvert et nous l'a montré lors d'une excursion. Ce gypse est tout à fait isolé au milieu des masses aaléniennes glissées. Peut-être n'est-il pas en place lui-même et provient-il de la lentille qui surmonte la cornieule à l'E du ruisseau oriental des Beys.

Lorsque le lit du ruisseau arrive au-dessous de 1600 m, son versant droit est formé par la masse du gypse du Pillon, qui se dresse en pente très forte, puis en parois abruptes jusqu'à la grande route cantonale.

Ce gypse est flanqué au N par un complexe de couches qui affleurent très nettement dans le versant gauche du ravin, une vingtaine de mètres au-dessus du thalweg. On peut toucher leur contact avec le gypse, contre lequel elles occupent une bande d'une trentaine de mètres de largeur. Ce sont des schistes argilo-terreux brunâtres, en lamelles assez grossières, contenant en lentilles des roches très diverses. On y trouve surtout, ici, des grès fort durs, micacés, à grain fin, et des calcaires sombres finement spathiques, sableux à la surface, avec de rares petits débris dolomitiques. On y trouve aussi des quartzites glauconieux, tout semblables aux «Ölquartzite» du Wildflysch des Préalpes inférieures. Dans le ruisseau, au pied de l'escarpement, nous avons récolté des débris éboulés qui semblent bien provenir également de ces couches, car on n'en trouve nulle trace plus en amont. Outre les roches précitées auxquelles ils sont mêlés, ce sont de gros blocs d'un grès grossier, à éléments anguleux mal assortis, comprenant des débris de schistes cristallins verts, du type des «schistes de Casanna»; ce sont des morceaux de calcaires compacts à globigérines et rosalines, des morceaux de calcaires oolithiques à miliolles, englobant dans leur pâte des fragments de «schistes de Casanna», etc.

C'est ce complexe très curieux, lié au gypse ou à la cornieule, que nous appelons la zone de Rard. Nous la trouverons, encore mieux développée, dans le ravin du ruisseau oriental.

* * *

Le ruisseau oriental de Rard sort d'un petit marécage qui s'allonge au N du rocher triasique d'Iserin. Il traverse le Flysch d'Iserin, dont il nous a montré la coupe, puis divague quelque peu dans les schistes aaléniens sous-jacents, jusqu'à la croupe occupée par les chalets de Rard. Là, le ruisseau s'encaisse peu à peu et creuse un ravin qui montre de beaux affleurements. Entre 1675 et 1665 m d'altitude, le thalweg est formé de schistes aaléniens nettement en place, tandis que le sommet de la petite butte 1691, qui le domine à l'W, est en cornieule triasique. L'Aalénien est donc ici manifestement dessous. Cette cornieule descend dans le ruisseau qui le traverse de 1665 à 1640 m environ; on la voit poursuivre quelques mètres sur la rive gauche, où elle disparaît bientôt sous une masse glissée d'Aalénien.

Dès l'altitude de 1640, le ruisseau côtoie, du SW au NE, une petite croupe boisée qui émerge de la pente et s'allonge dans la même direction. Après un coude brusque, vers 1620 m, le ruisseau coupera cette colline en un ravin profond. Cette croupe boisée est constituée par les roches de la zone de Rard. On y retrouve les schistes argilo-terreux que nous avons décrits dans le ravin occidental, avec leurs grès, leurs calcaires silico-spathiques en lentilles, de magnifiques blocs de quartzite glauconieux et des couches écrasées de calcaire blanc à roselines. Ces roches sont bien visibles dans la tranchée du sentier cartographié qui entaille cette croupe pour descendre la forêt de Sous le Rard (ce sentier n'est pas figuré sur la Carte nationale). Vers le SW, on peut suivre plus ou moins cette zone sur le bord de la forêt, mais il n'y a plus d'affleurements nets: l'on n'en trouve que des débris errants; pourtant ils se prolongent bien dans la direction de nos couches du ravin occidental. Il ne semble pas douteux que c'en soit la suite directe.

Le ravin oriental, par contre, montre une excellente coupe de ce complexe, surtout sur sa rive gauche, où elle se présente comme suit, du haut en bas:

1° Gypse, dominant un petit affluent qui borde la masse glissée. Ce gypse occupe la frontière des cantons, et il est flanqué au NW par l'Aalénien.

2° Schistes argilo-gréseux avec lentilles de quartzite vert (Ölquartzit). Ces schistes forment une intercalation d'épaisseur irrégulière, variant de 1 à 2 m.

3° Lentille de gypse, de 7 à 8 m d'épaisseur maximum, se terminant en pointe vers l'E.

4° Schistes argilo-gréseux, ne mesurant que 1 à 2 m sur l'arête du versant, mais s'élargissant vers le thalweg et contenant une lentille de calcaire oolithique clair, à miliolles, de 1,50 m de longueur et plus bas une grosse lentille, de 3 à 4 m d'épaisseur, formée de calcaires compacts gris jaunâtre, avec parties gréseuses et rubans de radiolarites très caractéristiques. Ces calcaires sont lités, en couches de 0,05 à 0,10 m, séparés par de minces délits schisteux. Ils passent graduellement, à leur partie supérieure, aux schistes argilo-gréseux qui englobent la lentille.

5° Cornieule, formant une barre continue d'environ 5 m d'épaisseur.

6° Schistes argilo-terreux, contenant des grès calcaires durs, à grain fin et cassure olivâtre. Ces schistes ne sont guère visibles que sur l'arête du versant, où ils mesurent 1 à 2 m d'épaisseur. Dans le versant lui-même, ils sont en partie recouverts d'éboulis, sous la bande de cornieule.

7° Gypse du Pillon, s'étendant jusqu'à la route cantonale.

Le gypse des niveaux 1 et 3 forme dans l'ensemble une lentille isolée qui, probablement, se substitue latéralement à la cornieule du point 1691 dont elle occupe la place.

Les niveaux 2, 4 et 6 représentent la zone de Rard, intimement associée au gypse et à la cornieule.

Le niveau 4 est le prolongement direct de la croupe boisée de la rive droite. On en voit un excellent affleurement au flanc de cette croupe, au bord du ruisseau, quelques mètres en amont de son coude. Là, les schistes et les grès sont en alternance régulière, analogue à celle du Flysch banal. La lentille de calcaires à rubans de radiolarite que ces schistes contiennent sur le versant gauche montre ici en place une roche dont nous avons trouvé souvent des débris dans les autres affleurements de la zone de Rard. Il en est de même des calcaires oolithiques à miliolles, où M. LUGEON reconnaît du Barrémien-Urgonien (1938, p. 2) qu'il rattache à la nappe de la Plaine Morte (notice explicative de la feuille Diablerets, 109, p. 14).

En suivant vers l'ENE ce niveau 4, on y trouve à une centaine de mètres du ravin une grande lentille de calcaire à entroques à cassure claire, avec graviers dolomitiques, identique au calcaire du rocher de Murgaz. Nous y avons trouvé une *bélemnite*. Cette lentille, qui mesure une vingtaine de mètres de longueur sur environ 5 m de hauteur, est englobée dans les schistes argilo-gréseux. C'est celle que mentionne M. LUGEON dans son article de 1938 (107, p. 2). Immédiatement au-dessus d'elle on retrouve sur quelques mètres d'épaisseur les calcaires compacts gris jaunâtres, avec parties gréseuses ou spathiques, en couches de 0,20 à 0,30 m. Dans le voisinage, on trouve également des lentilles de calcaires blancs à roselines.

Le raccord des coupes des deux ravins de Rard est facilité par la continuité de la masse du gypse du Pillon, incontestable, impliquant la continuité de la zone de Rard qui l'accompagne. Nous discuterons plus loin la signification de cette zone.

Mais d'autres points restent hypothétiques dans le raccord du reste des deux coupes, et particulièrement l'interprétation des bandes de cornieule. Nous avons dit déjà que, suivant l'interprétation qui nous paraît la plus probable, la bande de cornieule du ruisseau occidental à l'W des chalets de Rard ne serait pas la même que la cornieule du point 1691, à l'E de ces chalets. Celle-ci représenterait l'homologue de la bande coupée par le ruisseau occidental des Beys. Cette manière de voir permet d'homologuer la petite masse de gypse isolée à l'W du ruisseau occidental de Rard, avec le gypse surmontant la zone de Rard sur la rive gauche du ravin oriental. Dans la masse aalénienne qui s'appuie sur cette dernière lentille, au NW du point 1652 de la limite cantonale (Carte Siegfried), nous avons retrouvé les schistes calcaires gris, attribués au Toarcien, de la bande de Roseyres, ce qui serait en faveur de notre manière de voir.

Quant à la bande de cornieule n° 5 de notre coupe du ruisseau oriental de Rard, c'est un élément nouveau qui s'associe à la grande masse de gypse du Pillon, et que nous verrons se développer beaucoup dans le segment suivant.

§ 5. Segment du Griden

Au NNE du torrent oriental de Rard, la frontière cantonale suit la crête d'une croupe allongée, faite de cornieule. Cette cornieule est visiblement la suite directe du n° 5 de notre coupe, et elle paraît ici accolée au gypse du Pillon sans interposition d'autres terrains. Le gypse occupe même le sommet de la petite butte au NE du point 1630. Mais sur le flanc nord de la croupe, au-dessous de cette petite butte, on retrouve les schistes argilo-gréseux de la zone de Rard, avec leurs grès durs, micacés, leurs lentilles de calcaires compacts jaunes et de calcaires à roselines. Ces schistes s'appuient contre la cornieule.

Si l'on s'attache à suivre le contact de la cornieule et du gypse du Pillon, vers l'ENE, on le voit tourner bientôt vers le S et l'on constate que le gypse est là tout entouré de cornieule, qui l'enveloppe au N, à l'E et au S. Le long du contact, on trouve de place en place, surtout vers 1550 m d'altitude, des débris des roches caractéristiques de la zone de Rard. D'autre part, dans la masse même de la cornieule que traverse le grand chemin descendant de Griden vers La Marche, apparaissent sur ce chemin, vers 1500 m d'altitude, les schistes argilo-terreux de la zone de Rard, avec lentilles de quartzite vert et, plus haut, débris de calcaire à roselines et de calcaire oolithique à miliolles. Les dépôts morainiques cachent malheureusement la suite de cette zone et leurs cailloux se mélangent aux débris de ses roches.

Mais on revoit les terrains de la zone de Rard au SE de la butte de La Marche, dans le ravin du torrent descendant du Pillon dont ils forment ici la rive droite. Ce sont toujours des schistes argilo-terreux, d'un gris verdâtre ou noirâtre, se débitant en fragments à surface conchoïdale, polie et noire, avec leurs grès micacés, avec des lentilles ou des lits de calcaire marneux noir, micacé, des lentilles de calcaire blanc à roselines et de calcaire compact gris jaunâtre. Ils contiennent aussi une intercalation de marnes calcaires olivâtres à patine jaunâtre claire. Ces schistes sont, comme les précédents, englobés dans la cornieule, car ils s'appuient contre elle sur le versant droit du torrent, et toute la butte de La Marche est également faite de cornieule.

Dans le ruisseau qui descend entre Felix et Les Ertets, affluent de droite du torrent du Pillon, on trouve encore des mêmes couches de la zone de Rard, dans la masse de la cornieule, vers 1470 à 1480 m d'altitude.

Le ravin du torrent suivi par la frontière cantonale, entre Griden et La Marche, est entièrement taillé dans la cornieule. Et celle-ci constitue, de même, la plus grande partie du versant boisé que domine le chalet de Griden. Mais, dans cette pente, le gypse apparaît en boutonnière, tout entouré de cornieule, au SE du chalet, dès le bord de la forêt à 1510 m d'altitude.

En suivant vers l'E, dans la pente boisée, le contact du gypse et de la cornieule, on les voit bientôt séparés par une bande de schistes argilo-terreux de la zone de Rard. Ces schistes sont ici un peu plus calcaires, d'un jaune olivâtre, avec leurs grès durs micacés et des lentilles de quartzites verts. Et cette zone se continue jusque vers 1460 m d'altitude, où elle disparaît sous la moraine.

Au bord sud-ouest de la boutonnière, ces mêmes schistes s'intercalent entre le gypse et la cornieule, vers 1500 m d'altitude, accompagnés de leurs grès, de calcaires compacts gris jaunâtre et de calcaires tachetés, grenus, gris clair.

Au-dessus du chalet de Griden, qui occupe un replat constitué par la cornieule, s'élève de nouveau un abrupt boisé de gypse, lequel s'étend jusqu'au ravin qui descend de Brand. Il forme là une grande masse, distincte de celle du Pillon, mais environnée de terrains écroulés ou glissés. Pourtant, au SE, du côté du chalet de Griden, le gypse est presque en contact avec la cornieule. Entre deux s'allonge une bande où l'on trouve de nombreux débris des terrains de la zone de Rard : calcaires à roselines, calcaires oolithiques à miliolles, et fragments d'une brèche polygénique à éléments de 2 à 3 cm de diamètre. On les trouve soit dans des dolines, soit sur un petit mamelon immédiatement au N du chalet.

Dans cette masse de gypse isolée au N de Griden, nous avons trouvé une lame d'une brèche polygénique, avec comme éléments, atteignant 5 cm de diamètre, des roches granitiques, des schistes cristallins divers, dont certains du type des «schistes de Casanna».

Au NE du profond ravin qui descend de Brand, tout est caché par les écroulements, la moraine et les masses glissées.

* * *

Ce segment de Griden nous a surtout montré l'enveloppement du gypse du Pillon par la cornieule. Ce gypse est ici comme un noyau synclinal, fort épais, ouvert au N, qui reparait en boutonnière sous le chalet de Griden. Et entre les deux formations s'intercalent en de nombreux endroits, comme dans la masse de la cornieule, des paquets de terrains de la zone de Rard.

§ 6. Conclusions

Les descriptions détaillées que nous venons de faire des segments successifs du complexe du Pillon ont mis en lumière, nous l'espérons, quelques-uns des problèmes qui s'y posent encore. Il en est de plusieurs sortes, qui sont d'importance inégale pour l'interprétation de l'ensemble.

La cornieule du torrent oriental des Beys est-elle la même que celle du torrent occidental, qui serait alors relevée vers l'E soit par une faille, soit par un repli, suivant l'interprétation de M. LUGEON, ou bien représente-t-elle la suite d'une bande différente, qui serait celle du lac de Rétaud ? La question est bien difficile à trancher, mais elle est en somme d'intérêt secondaire et purement local. Si nous avons proposé la seconde hypothèse et si elle nous a paru préférable, c'est qu'elle nous a semblé plus conforme à la complexité de l'ensemble. Nous devons reconnaître cependant qu'elle introduit hypothétiquement une complication peut-être inutile. Et nous sommes tout disposé à y renoncer.

Il en est de même de l'attribution à la zone de Rard que nous avons proposée dans notre communication préliminaire, des schistes affleurent sous la cornieule dans le ravin occidental des Beys et des couches à *Cancellophycus* du ravin oriental. Nous avons tenu cependant à mentionner encore ici cette interprétation, car nous estimons que la question n'est pas définitivement résolue.

Un autre problème, qui nous a longtemps préoccupé et nous a ramené maintes fois sur le terrain, est celui des terrains de la zone de Rard que nous avons signalés entre le gypse et la cornieule, dans le segment de Griden. A leur sujet, M. LUGEON écrit ce qui suit, en 1938 (107, p. 4) :

«McConnell avait cru trouver, intercalés entre la cornieule et le gypse qui constituent la bande du Pillon, de ces singuliers amas de Crétacique supérieur. Il pensait qu'il y avait lieu d'attribuer le gypse seul à la nappe du Laubhorn et tout le reste, y compris la cornieule surmontant souvent ce gypse, aurait appartenu à la nappe du Niesen. Des recherches en commun nous ont montré que heureusement ces intercalations n'existaient réellement pas. C'étaient des paquets glissés ou erratiques que McConnell avait aperçus.»

Et il ajoute, quelques lignes plus bas :

«Aujourd'hui, nous voyons des complications qui conservent assez d'étrangeté pour que l'on ne complique pas davantage les problèmes qui se posent.»

Nous sommes bien d'accord, mais une monographie détaillée doit être aussi complète que possible. C'est pourquoi, au paragraphe précédent, nous avons maintenu l'énumération des endroits où, dans le secteur de Griden, nous avons pu constaté entre le gypse et la cornieule, et dans la cornieule

même de ces terrains étrangers. Certains sont probablement erratiques ou glissés, comme le dit M. LUGEON. D'autres nous paraissent dans une position douteuse et fort étrange.

Nous voudrions mentionner ici une hypothèse que nous a du reste suggérée M. LUGEON lui-même. C'est que de ces paquets de terrains du Rard, dont la zone surmonte la masse de cornieule et de gypse, seraient tombés dans des dolines, anciennement, et se seraient conservés après la disparition des roches plus solubles qui les avaient autrefois entourés.

C'est en effet un phénomène assez fréquent. Rappelons que M. E. GAGNEBIN en a signalé un bel exemple, tout à fait incontestable, dans la partie frontale de la nappe de la Brèche, en Haute-Savoie, au N de la Pointe de Chalune. Il est bien probable que la situation bizarre de quelques-uns des paquets que nous avons indiqués, est la conséquence d'actions karstiques analogues.

De toute façon, il est maintenant bien établi, comme l'a souligné M. LUGEON, que le gypse du Pillon et la cornieule qui l'accompagne forment une unité, qu'ils ne sont pas séparés comme nous l'avions cru par du Flysch contenant des calcaires crétacés.

La signification générale de la zone de Rard sera examinée dans le prochain chapitre; mais il est une question préalable qu'il convient de traiter ici, ce sont ses rapports avec le Flysch du torrent Burquin.

Il résulte des observations de M. LUGEON, dessinées sur la feuille des Diablerets, que le gypse des pyramides du Sex Blanc, au S du Pont Bourquin, ne forme qu'une seule et même masse avec le gypse du col du Pillon, une masse dont les affleurements sont quasi continus. Il en est donc de même de la cornieule qui s'y joint. La conséquence est que les roches du torrent Bourquin, dans la partie occidentale du secteur, ont pour suite directe vers l'E la zone de Rard. Au NE des Moilles Durand et de Grand' Moilles, la cornieule du Pillon (qui contient des lentilles de gypse) présenterait un repli, et c'est ce qui ramènerait cette zone, au bas de la pente de Roseyres, à l'W du point 1593, d'où elle monterait de nouveau vers le NE, jusqu'au-dessous des chalets de Rard, où nous l'avons vue si bien représentée.

Ainsi les roches du torrent Bourquin et la zone de Rard formeraient la même unité tectonique. C'est la solution que nous avons suggérés dans notre communication préliminaire (86, p. 100), sans en être bien sûrs, mais que M. LUGEON a solidement établie dans sa note de 1938 (107, p. 2).

Nous pouvons maintenant résumer la succession des unités géologiques constatées dans le complexe du Pillon. Sous le Flysch de la zone d'Iserin, rattaché à la nappe du Meilleret, nous avons de haut en bas:

Au SW, dans le segment de Roseyres:

- 1° Cornieule du lac de Rétaud.
- 2° Bande de Roseyres, aalénienne et toarcienne.
- 3° Roches du torrent Bourquin, représentant la zone de Rard.
- 4° Cornieule et gypse du Pillon.

Plus à l'E, dans les segments des Beys et de Rard:

1° Cornieule, qui peut être la suite de celle du lac de Rétaud, ou bien une tête anticlinale dans la bande de Roseyres. Elle est flanquée d'une lentille de gypse entre Rétaud et le Rard.

2° Bande de Roseyres, aalénienne et toarcienne, avec traînées sporadiques de cornieule ou de gypse, représentant selon toute probabilité des têtes de replis anticlinaux. C'est à cette bande de Roseyres repliée qu'appartiendraient, dans le torrent oriental des Beys, les couches bajociennes à *Cancellophycus* et *Stephanoceras*, en série renversée.

3° Zone de Rard, fort complexe comme nous l'avons vu.

4° Cornieule et gypse du Pillon, le gypse se montrant ici, dans le segment de Griden, enveloppé de cornieule comme s'il était un noyau synclinal retourné, ouvert vers le N.

La grande complexité des détails se ramène donc à un ensemble relativement simple, superposition de quatre unités. Dans cet ensemble, plusieurs questions restent en suspens, susceptibles d'interprétations diverses. Mais il ne s'agit que de complications locales, replis, failles ou décrochement.

Il reste à discuter et à préciser la situation de ces unités superposées, dans le soubassement de la nappe du Niesen.

Corrélations

§ 1. Généralités

Nous avons donc, dans les chapitres qui précèdent, étudié les unités suivantes, du haut en bas :

- A. Zones d'Oudiou et de Brand,
- B. Zones du Flysch d'Iserin, rattachée à la nappe du Meilleret.
- C. Complexe du Pillon où nous avons reconnu quatre bandes superposées:
 - 1° Cornieule du lac de Rétaud.
 - 2° Bande de Roseyres, plus ou moins complexe.
 - 3° Zone de Rard.
 - 4° Cornieule et gypse du Pillon.

Nous l'avons rappelé aussi dans le premier paragraphe du précédent chapitre, M. LUGEON a publié en 1940, dans la notice explicative de la feuille des Diablerets, pl. I, coupe A, une coupe schématique de cet ensemble, où, sous la nappe du Meilleret, il dessine trois replis plongeants de la nappe de la Plaine Morte dans la masse de la nappe de Bex-Laubhorn. C'est de cette interprétation que nous partirons, quitte à en discuter certains traits. Et s'il nous arrive de proposer d'autres suggestions, c'est en toute modestie, sans méconnaître ce dont nous sommes redevable aux nombreuses conversations que nous avons eues avec notre maître, au sujet de ces régions si compliquées.

Comme nous l'avons fait dans toute cette partie de notre ouvrage, nous procéderons du haut en bas et, en général, du SW au NE.

§ 2. Relations des zones d'Oudiou et de Brand

Dans son article de 1938 (107), M. LUGEON a démontré que dans la partie frontale, entre le Sépey et le Pic Chaussy, la zone d'Oudiou n'est autre que le soubassement jurassique de la nappe du Niesen. Cette démonstration nous paraît définitive, nous l'accepterons comme telle.

Dans le secteur de nos recherches, aucun fait ne l'infirme ni ne la confirme. La zone d'Oudiou y est bien distincte de celle de Murgaz, qui se rattache étroitement au Flysch du Niesen de la digitation du Chaussy.

Mais nous avons vu que dans la région des Moilles, de Rétaud et d'Iserin, la zone d'Oudiou paraît relayée vers l'E par celle de Brand, sans que les éboulis permettent de constater clairement leurs relations exactes. Sous les terrains d'Oudiou, à l'W du lac de Rétaud, nous avons mentionné ce que M. LUGEON a nommé l'Aalénien des Moilles, dont les corrélations sont aussi douteuses. Tels sont les problèmes que nous allons examiner.

Rappelons d'abord que les faciès des zones d'Oudiou et de Brand, s'ils présentent de grandes analogies, ne sont pas identiques. Le Toarcien de la zone de Brand, en particulier, est beaucoup moins riche en calcaires, et surtout en calcaires siliceux, que celui d'Oudiou dans le torrent du Plan. Ce Toarcien de Brand, à vrai dire, est beaucoup plus pareil aux couches auxquelles nous avons attribué le même âge soit à la base de l'Aalénien des Moilles, soit dans la bande de Roseyres.

Nous rappellerons aussi la différence bien nette d'inclinaison axiale de l'ensemble des couches liasiques, dans les escarpements de Brand, avec le Flysch du Niesen qui les domine. Une vue à distance montre de façon très frappante cette disharmonie, et l'on ne peut échapper à l'impression que Brand et Niesen sont des unités différentes, tandis que la zone de Murgaz est intimement liée au Flysch du Niesen.

Enfin rappelons le dernier petit affleurement de l'Aalénien de Brand, au N de Gsteig, où dans la pente herbeuse on peut repérer du Flysch qui le sépare de la zone de Murgaz. De même à l'E de la Sarine, DE RAAF a signalé du Flysch entre le Lias des Blaue Schüpfe et la zone de Krinnen, qui fait suite à notre zone de Murgaz.

Nous concluons donc à l'indépendance probable des zones d'Oudiou et de Brand. Elles ne seraient pas la suite l'une de l'autre et n'appartiendraient pas à la même entité tectonique. La zone d'Oudiou, si bien développée au pied du Pic Chaussy, et jusqu'au torrent du Plan s'écrase peu à peu vers l'E; lorsqu'elle disparaît, très amincie, sous les éboulis qui dominent le lac de Rétaud, cette disparition est définitive. Elle n'existe plus au-dessus d'Iserin, où nous avons décrit la superposition directe de la zone de Murgaz sur celle de Brand.

La zone de Brand, elle, serait une écaille distincte, assez localisée, séparée nettement de la zone de Murgaz et faisant partie de la nappe de Bex-Laubhorn. Elle est composée surtout d'un Lias indéterminé, qui est probablement en majeure partie du Toarcien, surmonté par places d'un Aalénien bien caractérisé. Il est possible que le Trias d'Iserin représente son soubassement; mais comme il est entièrement isolé, on ne peut le savoir. La zone de Brand est localisée, nous l'avons dit; en fait, elle n'apparaît nettement qu'au-dessus d'Iserin et se continue jusque dans les Blaue Schüpfe décrits par M. DE RAAF sur le versant oriental de la vallée de la Sarine. Mais les terrains des Blaue Schüpfe s'écrasent aussi vers l'E, avant le col de Krinnen qui couronne ce versant. A l'E de la Sarine, l'écaille de Brand repose donc sur ce que M. DE RAAF (86, p. 103) a appelé «l'Aalénien des Cols». Elle s'intercale entre cette bande aalénienne et la zone de Krinnen. Près de son extrémité SW, l'écaille de Brand est intercalée entre le Flysch d'Iserin et la zone de Murgaz.

Considérons maintenant l'Aalénien de Moilles. Il apparaît donc à l'E de la Créta, sous le Trias d'Oudiou, et se poursuit jusque près du lac de Rétaud. Dans sa note de 1938, M. LUGEON (107, p. 13) émet l'idée qu'il pourrait être la suite du flanc renversé de la zone d'Oudiou, bien visible dans le torrent du Plan. Il ajoute: «Ceci serait très important pour la compréhension de la zone des cols à l'E du Pillon.»

Mais nous avons vu qu'à la base de l'Aalénien des Moilles, les schistes changent d'aspect et deviennent très analogues à ce que l'on peut considérer comme du Toarcien, soit dans la zone de Brand, soit dans la bande de Roseyres. En l'absence de toute preuve paléontologique — et Dieu sait combien d'heures nous sommes restés à fouiller ce complexe, et combien de fois l'équipe du laboratoire de Lausanne s'y est attachée — nous ne pouvons naturellement rien affirmer. Il nous semble pourtant très probable que l'Aalénien des Moilles passe vers le bas au Toarcien, et donc qu'il est en série normale, comme l'écaille de Brand.

Nous sommes même fort incliné à admettre que l'Aalénien des Moilles n'est autre que l'écaille de Brand. Une distance de plus de 1500 m les sépare, où tout est couvert d'éboulis, c'est pourquoi nous restons dans l'hypothétique. Mais la situation est pareille, au-dessus du Flysch d'Iserin; les faciès sont pareils aussi. Il se peut que l'Aalénien des Moilles soit séparé de la zone de Brand: à l'E de la Créta, cette unité s'engraisse, puis diminue à mesure que la bande de cornieule du lac de Rétaud monte vers le NE. En sens contraire, l'écaille de Brand diminue aussi d'épaisseur vers le SW, du côté d'Iserin. Mais même si elles arrivent l'une et l'autre à zéro, nous estimons que leur jonction est virtuelle, qu'elles ne forment qu'une unité, appartenant à la nappe de Bex-Laubhorn.

Quant à la zone d'Oudiou, nous voudrions suggérer aussi une hypothèse. M. LUGEON a donc montré sa liaison stratigraphique avec le Flysch du Niesen qui constitue, à l'E du Sépey, la colline de Barbère. On pourrait supposer que le Flysch de Barbère serait la partie frontale d'une digitation de la nappe du Niesen inférieure à la digitation du Chaussy et poussée en avant sous elle. Cette digitation inférieure n'épanouirait son Flysch qu'à l'extrémité sud-ouest de la chaîne, se prolongeant dans la colline de la Golette, au-dessus de la Forclaz. La zone d'Oudiou serait alors le noyau jurassique et triasique de cette digitation inférieure, distincte de celle du Chaussy dont la zone de Murgaz est le noyau. Et le Flysch de Barbère, sur le flanc du Pic Chaussy, serait entièrement écrasé entre les zones d'Oudiou et de Murgaz, écrasé par le chevauchement de l'épaisse digitation du Chaussy. Plus à l'E, seul le noyau de cette digitation inférieure subsisterait, pour s'effiler à son tour près du lac de Rétaud.

Cette hypothèse, hâtons-nous de le dire, ne s'appuie sur aucune observation décisive, puisqu'aucune trace de Flysch n'a été constatée entre les zones de Murgaz et d'Oudiou. Il existe bien, dans le haut du torrent du Plan en aval de la Dia, près de la Combaz d'Ayerne, une lentille de brèche polygénique entre la cornieule de la zone de Murgaz et l'Aalénien de la série d'Oudiou, mais nous avons supposé (première partie, chapitre II, § 5) que c'était un repli de la zone de Murgaz.

Si nous formulons pourtant cette hypothèse, c'est qu'elle expliquerait bien des choses: la grande différence des faciès de la zone d'Oudiou et de celle de Murgaz, avec la parenté des faciès d'Oudiou et de ceux de la nappe de Bex-Laubhorn; la forte différence aussi du Flysch conglomératique de la Golette, au SW de la Forclaz, et du Flysch schisteux et gréseux du Vésevey, à l'E du lac des Chavonnes, ce dernier Flysch étant alors l'extrémité sud-occidentale de celui du Chaussy.

Arrêtons là ces considérations. Les recherches futures montreront ce que vaut notre idée.

§ 3. Les unités du complexe du Pillon

Si l'on admettait que la cornieule du lac de Rétaud fait partie de la zone d'Iserin, le complexe du Pillon se réduirait, au-dessous d'elle, à trois unités: la bande triaso-liasique-bajocienne de Roseyres, la masse de gypse et de cornieule du Pillon, avec, entre les deux, l'étroite zone de Rard.

Il est évident que les deux premières appartiennent à la nappe de Bex-Laubhorn, et que c'est la zone de Rard qui introduit l'étrangeté dans cet ensemble. Nous avons suffisamment insisté sur la complexité de cette zone: schistes et grès de faciès Flysch, schistes verts brillants, lentilles de gypse, lame de calcaire échinodermique pareil au Lias de Murgaz, calcaires oolithiques à milioles, de type barrémien-urgonien, contenant des morceaux de schistes cristallins de type «Casanna»; calcaires à roselines souvent marmorisés, qui semblent turoniens, très abondants par places; quartzites verts identiques aux «Öl-quartzit» de certains Wildflysch: on y trouve les roches les plus diverses, presque partout fortement écrasées.

C'est à la nappe de la Plaine Morte, nous l'avons vu, à la plus basse des unités ultra-helvétiques, que M. LUGEON rattache cette zone de Rard. Elle représenterait un repli plongeant de cette unité inférieure entre deux bandes de la nappe de Bex-Laubhorn.

Nous savons combien la structure des Préalpes internes est compliquée. La note préliminaire de notre maître sur la «Diverticulation» nous promet de sa part une nouvelle étude d'ensemble de la zone des cols, qu'il est seul aujourd'hui à pouvoir mener à chef. Il serait donc bien présomptueux de se baser sur l'étude d'un secteur limité tel que le nôtre pour proposer d'autres interprétations.

Et pourtant, je voudrais rappeler l'idée émise par M. LUGEON lui-même, en 1938 (107, p. 10), selon laquelle les terrains de la zone de Rard se rattacheraient tectoniquement à leur soubassement triasique et seraient les reliquats de sédiments jurassiques et crétacés usés par des érosions et des transgressions multiples, remaniés enfin par la transgression du Flysch. Il ne me semble pas que cette hypothèse, si intéressante, doive être tout à fait abandonnée.

Selon cette idée, la zone de Rard serait donc liée à la cornieule et au gypse du Pillon, comme le Flysch d'Iserin serait lié à la cornieule du lac de Rétaud. Et les faciès des sédiments jurassiques, crétacés, éocènes, de cette partie de la nappe de Bex-Laubhorn, seraient simplement très analogues à ceux des unités ultra-helvétiques inférieures, nappes du Mont Bonvin et de la Plaine Morte.

Encore une fois, il nous paraîtrait outrecuidant d'insister. Mais si l'on cherche à donner de la géologie d'une région la vue schématique la plus simple et la plus adéquate, cette hypothèse doit être mentionnée.

§ 4. Conclusions

Les discussions qui font l'objet principal de ce dernier chapitre ont laissé des problèmes ouverts. Il est d'autant plus nécessaire de résumer, en terminant, les solutions auxquelles nous avons été conduit, au sujet du soubassement de la nappe du Niesen.

Sous la zone de Murgaz, noyau de la digitation du Chaussy, nous avons donc la zone d'Oudiou, qui est aussi le soubassement triaso-jurassique du Flysch du Niesen. Est-ce le noyau d'une digitation inférieure, distincte de celle du Chaussy? Nous n'avons fait que poser la question, devant l'analogie des faciès d'Oudiou et de ceux des Préalpes internes. Mais nous avons conclu que la zone d'Oudiou cesse d'exister à l'E du lac de Rétaud, et que la zone de Brand n'en est pas l'homologue. La zone de Brand serait une écaille localisée, nettement différente de la nappe du Niesen et se rattachant à celle de Bex-Laubhorn.

Au-dessous, la zone du Flysch d'Iserin, qui représente dans notre secteur la nappe du Meilleret, nous montre des faciès apparentés par le Flysch à ceux du Niesen. Elle fait figure de zone intermédiaire entre les deux domaines. Et nous inclinons à y rattacher, comme soubassement triasique, la cornieule du lac de Rétaud.

Plus bas encore, la bande de Roseyres et le Trias du Pillon sont des représentants typiques de la nappe d'Arveyes. La zone de Rard enfin, écrasée sur le Trias du Pillon, pourrait aussi bien lui être tectoniquement liée que figurer un mince pli plongeant de la nappe de la Plaine Morte.

En dépit des incertitudes qui demeurent, on commence à se faire de cet ensemble si compliqué une vue assez harmonieuse.

Nous voudrions insister encore, en terminant, sur les transitions graduelles de faciès qui nous font passer de la nappe du Niesen aux terrains ultra-helvétiques. Entre le domaine nettement pennique du Niesen et le domaine helvétique, les Préalpes internes présentent une série de zones où les changements de faciès, à peine sensibles, manifestent bien la situation intermédiaire de leurs bassins de sédimentation.

TROISIÈME PARTIE

Les affleurements singuliers de la vallée de Meielsgrund

Chapitre premier

Introduction

Entre le front de la nappe du Niesen et le Trias des Préalpes médianes existent des traînées lenticulaires de roches mésozoïques qui s'étendent en plusieurs points très éloignés les uns des autres. Bon nombre de ces affleurements étant connus, nous avons néanmoins, M. DE RAAF et moi-même, en 1929 (86), montré leur liaison et désigné l'ensemble de ces traînées sous le terme de zone submédiane. Nous pensions qu'il s'agissait d'une «digitation supérieure de la nappe du Niesen écrasée et lenticulée par le chevauchement des Préalpes médianes» (86, p. 111).

En 1941, nos maîtres M. LUGEON et E. GAGNEBIN (110) ont repris l'étude de cette zone. En se basant sur des faits observés aux environs du col des Mosses et non loin du Sépey, ils ont été amenés à considérer que cette zone submédiane était constituée par des couches appartenant aux Préalpes internes. C'est ce qu'ils ont désigné sous l'expression de Grande Fenêtre mitoyenne.

Parmi ces affleurements, ceux de Trom, non loin de Gstaad, ont été étudiés à nouveau et décrits par E. GAGNEBIN et K. ARBENZ (114).

Malgré l'autorité de nos deux maîtres, tout en admettant qu'une grande partie de tout ce qui fut rassemblé par M. DE RAAF (86 et 100) sous le nom commode de zone submédiane, doit appartenir aux Préalpes internes, il me semble que les raisons subsistent de ce qui nous a jadis persuadé de rattacher les couches de Meielsgrund, y compris les brèches qui les avoisinent avec celles de Trom, à une digitation supérieure de la nappe du Niesen. Nos doutes se basent sur des ressemblances de faciès. Il y a des calcaires échinodermiques qui rappellent ceux de l'écaille de Murgaz, puis des calcaires massifs à zoophycos et des conglomérats calcaires crétaciques qui ne sont pas connus dans les Préalpes internes. Ces conglomérats du Crétacique renferment, par places, des calcaires compacts violacés que l'on voit dans la bande de Murgaz dans le Sulzgraben. Il y aurait donc eu une transgression crétacique précédant celle du Flysch maestrichtien proprement dit.

Nous ne voulons pas prendre position, mais l'état festonné, éparpillé des affleurements de la «zone submédiane», nous font évoquer la notion de diverticulation que M. LUGEON a récemment définie. Nous imaginerions que les couches de Meielsgrund seraient comme des paquets qui auraient glissé le long du talus du géosynclinal, lorsque les charriages culminants de la nappe du Niesen ont débuté. Ces diverticules, détachés de leurs racines, auraient été ensuite transportés passivement dans les synclinaux de la carapace de la digitation de la Palette.

Malheureusement, les affleurements de Meielsgrund sont isolés les uns des autres par des dépôts morainiques très étendus. On ne peut établir aucun raccord certain entre eux. Ils montrent en effet des terrains mésozoïques ou tertiaires très divers, dont l'âge ne peut pas toujours être établi de façon précise, car les fossiles y sont extrêmement rares.

Enumérer chacun de ces affleurements et les décrire en détail nous semble assez inutile: il ne s'en dégagerait aucune ligne générale. Nous croyons meilleur d'énumérer plutôt les différents terrains qui s'y trouvent et la carte en noir (fig. 28), en attendant la publication de la carte géologique, montre d'un

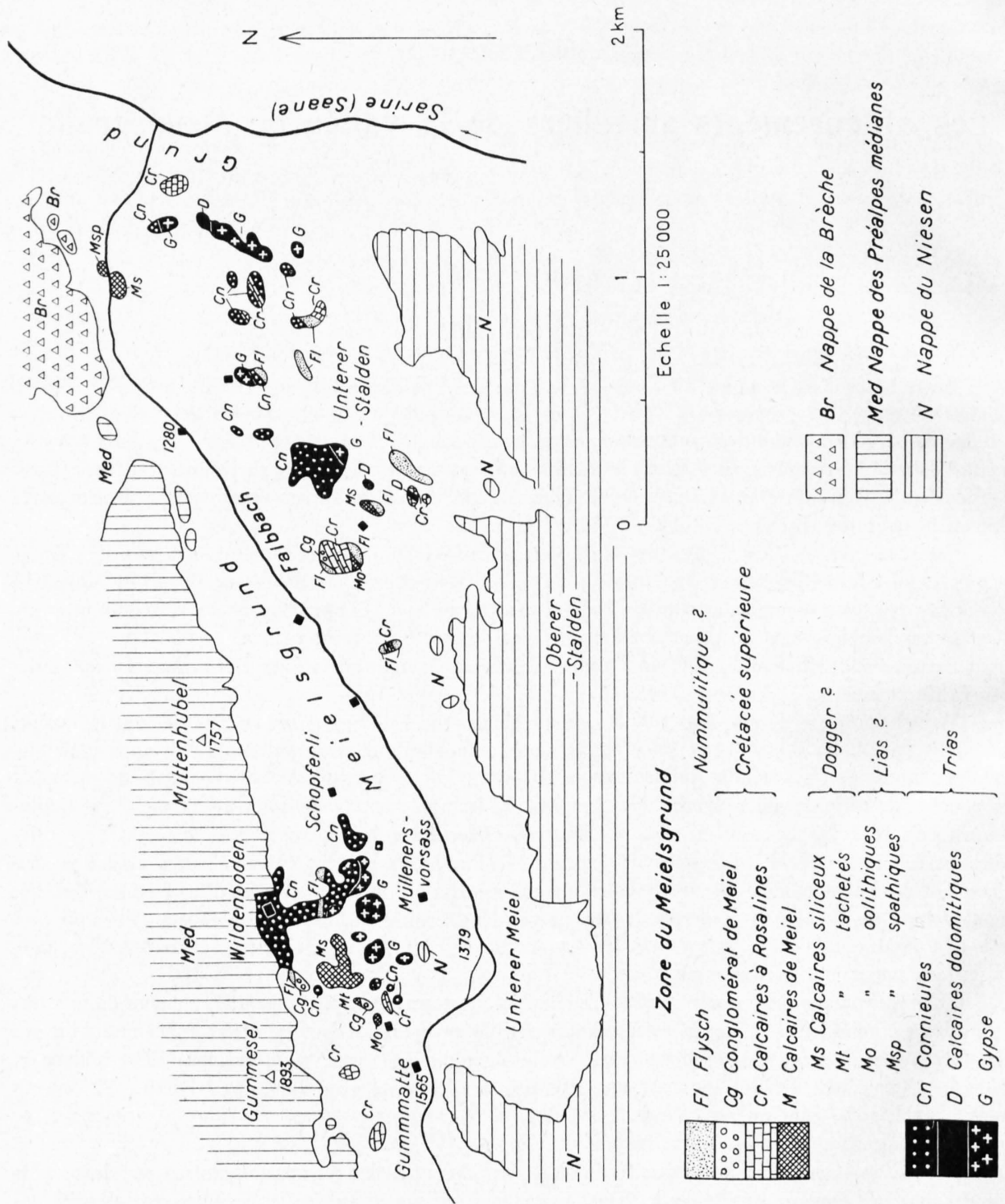


Fig. 28. Affleurements de Meilsgrund.

coup d'œil la répartition de ces terrains dans les divers affleurements. Nous ne décrirons séparément que ceux qui présentent un intérêt particulier.

Remarquons dès l'abord que l'ensemble de ces affleurements se divise en deux groupes, cantonnés chacun dans un des grands replis synclinaux de la carapace de la digitation de la Palette (118 et 119). L'un se trouve sur le versant nord du Meielsgrund, dans sa partie amont, sous le Wildenboden, l'autre occupe la vaste croupe arrondie d'Unterer Stalden, comprenant le versant droit du Meielsgrund dans sa partie aval et le versant voisin de la Sarine.

Chapitre II

Coupe du torrent de Stalden

Nous donnerons d'abord, à titre d'exemple, pour montrer comment se présentent ces terrains par la coupe d'un torrent qui descend à l'W de la croupe d'Unterer Stalden, provenant d'Oberer Stalden, et se jette dans le Falbbach. Dans le haut, il coule dans les dépôts morainiques jusqu'à l'altitude de 1400 m, près d'un groupe de chalets. Plus bas son ravin entame la roche en place. Elle se présente en couches verticales, orientées dans l'ensemble vers l'ENE. Nous coupons la série du S au N en descendant le ravin.

1^o Flysch à schistes marneux, micacés, avec des couches espacées d'un grès calcaire dur, également micacé: c'est le faciès banal du Flysch.

2^o Blocs de cornieule, de calcaire siliceux et de calcaires compacts tachetés, dont nous décrirons les faciès plus loin. Ces blocs ne sont pas nettement en place, mais ils sont alignés au contact du Flysch et du niveau suivant. Ils sont visibles au-dessus d'un sentier qui traverse le ravin pour gagner les chalets d'Unterer Stalden.

3^o 100 m environ. Calcaires compacts à roselines, d'un gris parfois violacé, rosé ou verdâtre. D'abord les couches calcaires sont séparées par des intercalations de schistes verdâtres à foraminifères et les calcaires sont schisteux. Plus bas les schistes disparaissent et les calcaires, plus compacts, sont en lits de 0,10 à 0,40 m. C'est un ensemble tout à fait analogue à certains faciès des «couches rouges» sénoniennes des Préalpes médianes.

4^o 5 m, conglomérat calcaire, en bancs bien distincts, de 0,30 à 0,50 m, contenant dans sa pâte des débris de bélemnites indéterminables. Il forme le versant droit du ravin.

5^o Quelques mètres visibles d'un Flysch banal.

Puis tout est de nouveau caché par le glaciaire.

Chapitre III

Description des terrains

Les terrains suivants prennent part à la constitution de nos affleurements:

- Trias: a) gypse,
b) cornieule,
c) calcaires dolomitiques,

sans que l'on puisse assigner un ordre de superposition normal. Cependant le gypse semble être à la base.

Lias ou Dogger probablement: calcaires de Meiel. Nous appelons ainsi une série de calcaires généralement superposés au Trias, qui figurent dans un grand nombre d'affleurements. Nous avons vainement tenté d'établir une succession stratigraphique des types divers de ce calcaire, types entre lesquels on trouve tous les termes de passage, et qui, dans une même coupe, se répètent fréquemment. Les fossiles y sont très rares et peu caractéristiques. Nous décrirons les types les plus répandus:

d) Calcaire spathique. C'est un calcaire massif, formé entièrement d'entroques blanches ou grises et parsemé de grains ou graviers dolomitiques arrondis. Il est identique au calcaire du rocher de Murgaz que nous avons vu à la base de la digitation du Chaussy.

e) Calcaire oolithique. On a tous les termes de passage entre le type précédent et celui-ci, qui est aussi échinodermique. C'est un calcaire gris, massif, composé d'oolithes et d'entroques avec des grains dolomitiques. Il ressemble à certaines parties compactes du rocher de Murgaz. On le voit dans le grand affleurement sous le Wildenboden (fig. 28), où il forme la partie inférieure du rocher qui se dresse dans la forêt au-dessus de Müllenersvorsass. Nous y avons trouvé des *brachiopodes* et des *lamellibranches* spécifiquement indéterminables.

f) Calcaire siliceux. Il est aussi massif ou irrégulièrement stratifié, d'un gris roussâtre, à pâte siliceuse fine. De nombreux termes de passage l'unissent au précédent. Il forme par exemple la partie supérieure du rocher au-dessus de Müllenersvorsass où il présente sur toute sa hauteur, et surtout vers le sommet, des intercalations de calcaire oolithique à entroques. Nous y avons trouvé une *bélemnite* et des *zoophycos*.

g) Calcaire tacheté. Calcaire compact, gris foncé, à cassure conchoïdale et à patine gris souris. En mouillant la cassure on fait ressortir des taches plus sombres, en relation avec des amas de pyrite. Il est légèrement micacé. On y voit par places de minces coupes de coquilles. Ce calcaire est associé au calcaire siliceux: dans le rocher de Müllenersvorsass, il lui est superposé.

Ces divers types de calcaires, qui passent l'un à l'autre, forment une seule série. On ne peut rien dire de précis sur leur âge, en l'absence de fossiles caractéristiques. Mais par analogie, nous pouvons supposer qu'ils sont liasiques et peut-être du Dogger.

Crétacé supérieur: h) Calcaires à roselines. Ce sont les calcaires dont nous avons vu le type dans la coupe du torrent de Stalden: calcaires compacts gris, violacés ou verdâtres, analogues à certains faciès des «couches rouges», avec à la base des intercalations schisteuses. On y voit de nombreuses *Rosalina linnei*.

i) Conglomérats de Meiel. Comme les calcaires de Meiel, ces conglomérats présentent des types différents, mais ces types ne passent pas l'un à l'autre: ils se trouvent dans des affleurements distincts. Leurs analogies sont cependant manifestes et ils semblent bien appartenir au même complexe: ce sont toujours des conglomérats calcaires, sans éléments cristallins.

Dans le torrent de Stalden, c'est un conglomérat sans ciment. Le fond de la roche est formé d'un agrégat de petits cailloux, jusqu'à 1 ou 2 cm de diamètre, d'un calcaire compact gris très légèrement violacé. Dans cette pâte nagent des cailloux plus grands, bien arrondis, jusqu'à 10 ou 15 cm de diamètre, de dolomie, de calcaires siliceux, de calcaires spathiques et de silex laiteux. En outre, il y a des lentilles aplaties, jusqu'à 50 cm de longueur, de calcaire compact gris, légèrement violacé, à cassure esquilleuse, à taches sombres irrégulières. On trouve un calcaire très analogue en lentille dans les «schistes brillants» de la zone de Murgaz au Sulzgraben. Dans la pâte de ce conglomérat, nous avons trouvé d'assez nombreuses *bélemnites*. Comme il est immédiatement superposé aux calcaires à roselines, nous estimons que son âge doit être aussi crétacé supérieur.

Un autre type se trouve dans le haut du versant de Wildenboden, au-dessus du sentier menant de Wildenboden aux chalets de Gummmatte. C'est une vraie brèche, contenant de gros blocs de calcaires de Meiel, des types oolithiques, siliceux et tachetés, et de calcaires compacts comme ceux qui forment des lentilles dans le conglomérat du torrent de Stalden. On y trouve aussi de petits fragments de dolomie. Ces éléments sont écrasés les uns contre les autres et séparés seulement par une mince pellicule ferrugineuse. A la partie inférieure de l'affleurement, l'abondance des gros blocs du calcaire siliceux et du

calcaire tacheté de Meiel fait penser à une brèche de base transgressive. Mais on ne voit pas le soubassement. Ce conglomérat est surmonté par quelques mètres de Flysch schisteux, avec de petites lentilles de calcaire à roselines.

Un troisième type affleure dans la combe qui descend à l'E du chalet 1601 de Gummmatte, au SW de Wildenboden. C'est un conglomérat à pâte gréseuse noire très développée avec des éléments de dolomie et de «calcaires de Meiel». A sa base, il est formé exclusivement de gros blocs du calcaire tacheté de Meiel, entourés d'un filet de ciment siliceux: on le prendrait d'abord pour du calcaire tacheté en place. C'est certainement un faciès de transgression. Mais nous n'avons point trouvé ici de bélemnites.

Dans ces trois affleurements, ce conglomérat de Meiel nous paraît être du Crétacé supérieur. Il présente de grandes analogies avec la «brèche de Trom» décrite par M. DE RAAF dans les affleurements du Lauibach de la zone submédiane (100, p. 92).

k) Flysch. Il est très difficile de savoir si le Flysch appartient à la nappe du Niesen ou s'il en est indépendant. Il est toujours écrasé. Il nous semble cependant qu'au bas du torrent de Stalden le Flysch qui recouvre le conglomérat est lié à la nappe, de même pour celui qui surmonte le conglomérat de Wildenboden. C'est un Flysch, en ces deux endroits, assez banal, très schisteux, avec de rares lits ou lentilles étirées de grès. Au Wildenboden, il contient de petites lentilles de calcaires à roselines.

Chapitre IV

Description sommaire du groupe de Wildenboden

Ses affleurements se trouvent au-dessous du col de Wildenboden, qui entaille la chaîne de la Gummfluh. A la base, une forte traînée de gypse est divisée en plusieurs affleurements par les terrains superficiels. Au SW des chalets, de Schopferli, ce gypse est recouvert par une grande épaisseur de cornieule, qu'une mince lame de Flysch sépare d'une autre masse de cornieule, montant jusqu'au col. Il semble que cette seconde masse soit liée aux calcaires triasiques de la Gummfluh et appartienne aux Préalpes médianes. Mais à la même hauteur qu'elle, une centaine de mètres plus à l'W, se dresse le rocher dominant Müllenersvorsass, fait de calcaire de Meiel dont nous avons décrit les divers types. Au-dessus de ce rocher se trouve encore un petit affleurement isolé de cornieule, et quelques mètres plus haut le conglomérat calcaire, que nous avons analysé, domine le sentier menant du col aux chalets de Gummmatte.

Dans la combe à l'E du chalet 1601 de Gummmatte, on trouve un essaim de petits affleurements isolés. Le plus bas se rapporte à la traînée de gypse. Plus haut, vers 1550, 1570, 1580 m, apparaît de la cornieule. Au-dessus d'elle, à l'W, se trouve un paquet de calcaires à roselines, tandis qu'à l'E la cornieule est presque immédiatement surmontée par du calcaire de Meiel. Un autre affleurement de calcaire de Meiel domine le paquet de calcaires à roselines, et presque au même niveau, quelques mètres plus à l'E, affleure le conglomérat que nous avons décrit. Il semble être renversé et lié stratigraphiquement à du calcaire de Meiel en place, qui le domine et sur lequel il transgresserait.

On a ainsi une idée de la diversité et de la pulvérisation des terrains constituant cette singulière région.

Chapitre V

Description sommaire du groupe d'Unterer Stalden

La carte en noir (fig. 28) suffit à montrer l'irrégularité de la distribution des terrains dans ce groupe d'affleurements dispersés de part et d'autre de la croupe d'Unterer Stalden. Là aussi, une traînée de

gypse assez importante, sur le versant de la Sarine, semble marquer la base. Au-dessus s'égrènent, diversement associés et orientés, de petits paquets de cornieule, de calcaires de Meiel, de calcaires à rosalines.

Le gypse reparaît dans le groupe oriental des chalets de Stalden, flanqué de cornieule et de Flysch. De grands amas de cornieule le séparent du ravin de Stalden dont nous avons décrit la coupe.

Le sentier qui monte de Grund (vallée de la Sarine) sur la rive gauche du Falbbach coupe, vers 1160 m d'altitude, un petit affleurement montrant à droite du calcaire de Meiel spathique blanc, comme celui du rocher de Murgaz, et à gauche, dominant le ruisseau, du calcaire de Meiel siliceux. Environ 50 m en amont, dans le ravin, la rive droite est formée par un petit rocher de ce même calcaire siliceux avec des parties tachetées.

Ces deux affleurements sont tout proches de la nappe de la Brèche, qui constitue les escarpements rocheux au-dessus.

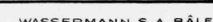


Planche II

Coupes géologiques sériees de la nappe du Niesen
entre les Ormonts et la Sarine

par
R. B. McConnell

Légende

- Quaternaire
- Préalpes médianes
- Med Trias à Malm
- Nappe du Niesen
- Fs Flysch supérieur appartenant à la nappe du Niesen ou à l'Ultrahelvétique
- Fn Flysch à Nodosaires
- Fc Conglomérat moyen
- Fb Flysch à calcaires blancs
- Fi Conglomérat intermédiaire
- Fg Flysch grésocalcaire
- Fr Flysch grésoschisteux
- Fbg Flysch basal avec brèche basale; région de Gsteig
- W Zone de Wallegg
- Aal Aalénien
- M Lias; écaille de Murgaz
- Ou Lias; écaille d'Oudiu
- Tr Trias
- X Cristallin
- Me Zone du Meielsgrund
- Nappe de Meilleret
- I Flysch eocène d'Iserin

